WBGU

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Hauptgutachten

Welt im Wandel
Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation

WBGU

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Welt im Wandel

Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation

Mitglieder des WBGU

Prof. Dr. Hans Joachim Schellnhuber CBE (Vorsitzender)
Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, External Professor am Santa Fe Institute und Vorsitzender im Governing Board des Climate-KIC des European Institute of Innovation and Technology

Prof. Dr. Dirk Messner (stellv. Vorsitzender)
Direktor des Deutschen Instituts für Entwicklungspolitik gGmbH, Bonn

Prof. Dr. Claus Leggewie
Direktor des Kulturwissenschaftlichen Instituts Essen, Forschungskolleg der Universitätsallianz Metropole Ruhr

Prof. Dr. Reinhold Leinfelder
Geologe und Paläontologe mit dem Schwerpunkt Geobiologie, Integrative Biodiversitätsforschung und Wissenskommunikation; Professor am Institut für Biologie der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Nebojsa Nakicenovic
Systemanalytiker und Energiewirtschaftler, Professor für Energiewirtschaft, Technische Universität Wien (TU Wien) und Deputy Director, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Österreich

Prof. Dr. Stefan Rahmstorf
Professor für Physik der Ozeane, Universität Potsdam, und Leiter der Abteilung Klimasystem am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung

Prof. Dr. Sabine Schlacke
Professorin für Öffentliches Recht mit dem Schwerpunkt deutsches, europäisches und internationales Umweltrecht, Verwaltungsrecht, Universität Bremen

Prof. Dr. Jürgen Schmid
Leiter des Fraunhofer Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik, IWES

Prof. Dr. Renate Schubert
Professorin für Nationalökonomie und Direktorin des Instituts für Umweltentscheidungen, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

WBGU

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen

Welt im Wandel

Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation

mit 62 Abbildungen

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung
Globale Umweltveränderungen (WBGU)

Geschäftsstelle
Luisenstraße 46
10117 Berlin
Tel.: 030 263948 0
Fax: 030 263948 50
Email: wbgu@wbgu.de
Web: http://www.wbgu.de

Redaktionsschluss: 17.03.2011

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

ISBN 978-3-936191-38-7 (2. veränderte Auflage)

ERRATUM (November 2018): Die Tabellen auf den Seiten 121 und 122 wurden korrigiert. In Kapitel 1.2.5 auf Seite 63 in der linken Spalte wurde versehentlich eine falsche Angabe übernommen. Im zweiten Absatz muss es bei der Flächenangabe „Milliarden“ heißen anstatt „Millionen“. Desweiteren wurden Druckfehler korrigiert. Die Angaben unterscheiden sich von der gedruckten Fassung.

© WBGU Berlin 2011

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Das diesem Bericht zu Grunde liegende F&E-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Kennzeichen 01RI0708AA durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Gestaltung: WERNERWERKE GbR, Berlin
Titelbild: © Erhard Dauber, Fotograf Bochum

Herstellung: WBGU
Satz: WBGU
Druck und Bindung: AZ Druck und Datentechnik GmbH

MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C008457
FSC www.fsc.org

Gedruckt auf umweltfreundlichem, zertifiziertem Papier.

Mitarbeiter des Beirats und Danksagung

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geschäftsstelle sowie bei den Beiratsmitgliedern.

Wissenschaftlicher Stab der Geschäftsstelle

Dr. Inge Paulini
(Generalsekretärin)

Dr. Carsten Loose
(Stellvertretender Generalsekretär)

Dr. Karin Boschert

Dr. Rüdiger Haum

Dr. Benno Pilardeaux
(Medien- und Öffentlichkeitsarbeit)

Dr. Astrid Schulz

Dr. Birgit Soete

Sachbearbeitung, Lektorat und Sekretariat in der Geschäftsstelle

Vesna Karic-Fazlic (Sachbearbeitung Finanzen)

Mario Rinn, B.Sc. (Systemadministration)

Martina Schneider-Kremer, M. A. (Lektorat)

Margot Weiß (Sekretariat)

Wissenschaftliche Mitarbeiter der Beiratsmitglieder

Dr. Steffen Bauer (Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, DIE, Bonn)

Dipl.-Phys. Christoph Bertram
(Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK)

Dipl.-Volksw. Julia E. Blasch (Institut für Umweltentscheidungen, ETH Zürich)

Daniel Klingenfeld, M.Sc., MPP
(Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK)

Dr. Susanna Much (Universität Bremen, Forschungsstelle für Europäisches Umweltrecht)

Olivia Serdeczny, M. A.
(Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK)

Alexander Schülke, M.Sc., MPP
(Institut für Biologie an der Humboldt-Universität Berlin)

Dr. Niels B. Schulz (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA, Laxenburg, Österreich)

Dr. Bernd Sommer (Kulturwissenschaftliches Institut, KWI, Essen)

Dr. Michael Sterner (Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, IWES, Kassel)

Dipl.-Phys. Amany von Oehsen
(Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, IWES, Kassel)

Den externen Gutachtern dankt der Beirat für die Zuarbeit und wertvolle Hilfe. Im Einzelnen flossen folgende Expertisen und Stellungnahmen in das Gutachten ein, die auf der Website des WBGU verfügbar sind:

- Prof. Dr. Rolf Peter Sieferle (Universität St. Gallen, Schweiz): „Lehren aus der Vergangenheit für die Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft“, 2010.
- Prof. Dr. Stephan Leibfried, Prof. Dr. Frank Nullmeier und Prof. Dr. Gerd Winter (Universität Bremen) unter Mitarbeit von Matthias Dietz, M.A., Dr. iur. Olaf Dilling und Dr. phil. Alexandra Lindenthal: „Möglichkeiten der globalen Steuerung und globalen beschleunigten Umgestaltung hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft“, 2010.
- Dr. Nils Meyer-Ohlendorf, Michael Mehling, Katharina Umpfenbach (Ecologic Institut, Berlin): „Analyse der Konjunkturprogramme zur Bewältigung der Finanz- und Wirtschaftskrise aus Umweltsicht“, 2009.

Wertvolle Anregungen bekam der Beirat während seiner regulären Sitzungen durch die Anhörungen zahlreicher Experten:

Prof. Dr. Hans-Christoph Binswanger (Institut für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen); Dipl.-Geogr. Dieter Gerten (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung); Prof. Dr. Arnulf Grübler (IIASA Laxenburg); Prof. Dr. Andreas Irmen (Fakultät für Rechts-, Wirtschafts- und Finanzwissenschaften der Universität Luxemburg); Prof. Dr. Helmut Jungermann (Fakultät für Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin); Dr. Andreas Kraemer und Dr. Nils Meyer-Ohlendorf (Ecologic Berlin); Prof. Dr. Stephan Leibfried und Prof. Dr. Frank Nullmeier (Zentrum für Sozialpolitik (ZeS) der Universität Bremen); Dr. Alexandra Lindenthal (Sonderforschungsbereich „Staatlichkeit im Wandel“ der Universität Bremen); Dr. Malte Meinshausen (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung); Prof. Dr. Rolf Peter Sieferle (Kulturwissenschaftliche Abteilung der Universität St. Gallen); Prof. Dr. ir. Jan Rotmans (Fakultät für Sozialwissenschaften der Erasmus Universität Rotterdam); Prof. Peter J. G. Pearson (Imperial College London) und Prof. Dr. Christian Welzel (Leuphana Universität Lüneburg).

Danken möchte der Beirat auch jenen Personen, die durch Gespräche, Kommentare, Beiträge, Beratung, Recherche oder den Review einzelner Teile des Gutachtens der Arbeit des Beirats wertvolle Dienste erwiesen haben:

Dipl.-Umweltwiss. Tim Beringer (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, PIK e.V.); Prof. Dr. Hubertus Buchstein (Professor für Politikwissenschaft an der Universität Greifswald und Vorsitzender der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaft, DVPW); Dr. Erika Claupein (Max Rubner-Institut, Karlsruhe); Dr. Fritz Reusswig (Potsdam-Institut für Kimafolgenforschung, PIK e.V.); Prof. Keywan Riahi (IIASA International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg); Prof. Dr. Gary Schaal (Helmut-Schmidt-Universität Hamburg); Imke Schmidt (Kulturwissenschaftliches Institut Essen, KWI); Dr. Imme Scholz (Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, DIE, Bonn).

Dank gebührt auch den Gästen des Internen WBGU-Workshop „Emissionen aus Landnutzung“ am 12. April 2010: Dr. Astrid Agostini (FAO, Rom), Dr. Annette Freibauer (VTI, Braunschweig) und Prof. Wolfgang Lucht (PIK, Potsdam) sowie den Teilnehmer/innen des informellen Szenarien-Workshop am 7. Mai 2010: Dr. Brigitte Knopf (PIK, Potsdam) und Dr. Antonio Pflüger (BMWI).

Dankeschön an das Team von WERNERWERKE GbR, Berlin, Ann-Christine Cordes und Maximilian Werner, die das neue Layout des Gutachtens entwickelt und die Geschäftsstelle bei der Umsetzungspremiere unermüdlich unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

Mitarbeiter des Beirats und Danksagung ... **V**

Kästen ... **XIV**

Tabellen ... **XVI**

Abbildungen ... **XVII**

Akronyme ... **XX**

Zusammenfassung für Entscheidungsträger ... **1**

Einleitung ... **29**

1 Welt im Wandel ... **33**

1.1 Megatrends des Erdsystems ... **35**
1.1.1 Klimawandel, Klimawirkungen ... 35
1.1.2 Verlust von Ökosystemleistungen und biologischer Vielfalt ... 41
1.1.3 Bodendegradation und Desertifikation ... 43
1.1.4 Wassermangel und Wasserverschmutzung ... 44
1.1.5 Rohstoffe, Nährstoffe, Schadstoffe ... 45
1.1.5.1 Verknappung strategischer mineralischer Ressourcen: Beispiele ... 45
1.1.5.2 Nährstoffkreisläufe ... 46
1.1.5.3 Abbau der stratosphärischen Ozonschicht ... 47
1.1.5.4 Schadstoffe: Beispiele ... 48
1.1.6 Interaktionen zwischen globalen Umweltveränderungen ... 48

1.2 Megatrends der globalen Wirtschaft und Gesellschaft ... **49**
1.2.1 Entwicklung ... 50
1.2.2 Demokratisierung ... 53
1.2.3 Globale Energietrends: Nachfrage und Produktion ... 55
1.2.4 Urbanisierung ... 58
1.2.5 Zunehmende Konkurrenz um Landnutzung: Ernährung, Bioenergie, Wälder ... 63

1.3 Folgerungen: Die Transformation zur Nachhaltigkeit ... **66**

2 Werte im Wandel: Eine globale Transformation der Werthaltungen hat bereits begonnen ... **71**

2.1 Werte und Wertewandel ... **71**

2.2 Wertewandel und Umweltbewusstsein ... **73**
2.2.1 Die Theorie des Wertewandels: Eine Erklärung der Zunahme postmaterieller Werthaltungen seit dem zweiten Weltkrieg ... 73
2.2.2 Einstellungen zur Umwelt und Nachhaltigkeit in verschiedenen Ländern und Weltregionen ... 75
2.2.3 Offenheit für Innovation und Einstellungen gegenüber neuen Technologien, Wissenschaft und erneuerbaren Energien ... 77

2.3 Die Indikatorendebatte als Ausdruck des Wertewandels ... **79**

2.4 Die Kluft zwischen Einstellungen und Verhalten ... **81**
2.4.1 Fehlende Langfristorientierung und Verlustaversion ... 83
2.4.2 Pfadabhängigkeiten ... 83

2.5 Auf dem Weg zu einer gemeinsamen globalen Transformationsvision? ... **84**

3 Die Große Transformation: Ein heuristisches Konzept ... **87**

3.1 Zentrale Charakteristika der Großen Transformation ... **89**

3.2 Die „Verwandlungen der Welt im 19. und 21. Jahrhundert“: Vier zentrale Arenen der Transformation ... **91**

3.3 Phasen der Großen Transformation – Wo stehen wir? ... **98**

3.4 Die Handlungsebenen der Großen Transformation – Warum der anstehende Epochenwandel gestaltbar ist ... **99**

3.5 Zeitgeschichtliche Lektionen: Transformationen mittlerer Reichweite ... **101**
3.5.1 Abolitionismus (18./19. Jahrhundert): Typ „Vision“ ... 102
3.5.2 Grüne Revolution (1960er Jahre): Typ „Krise“ ... 104
3.5.3 Strukturanpassungsprogramme (1980er): Typ „Krise“ ... 106
3.5.4 Schutz der Ozonschicht (ab 1985): Typ „Wissen“ ... 109
3.5.5 IT-Revolution und World Wide Web (1990er Jahre): Typ „Technik“ ... 110
3.5.6 Europäische Integration (seit den 1950er Jahren): Typ „Vision“ ... 112

3.6 Folgerungen aus der Analyse historischer Transformationen ... **113**

4 Technische und wirtschaftliche Machbarkeit ... **117**

4.1 Ressourcen, Energiepotenziale und Emissionen ... **117**
4.1.1 Energieträger ... 118
4.1.2 Fossile Energieträger ... 118
4.1.2.1 Emissionen und Eigenschaften ... 118
4.1.2.2 Potenziale ... 120
4.1.2.3 Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung ... 121
4.1.3 Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid ... 122
4.1.3.1 Geologisches Speicherpotenzial ... 123
4.1.3.2 Risiken und Rahmenbedingungen ... 123
4.1.4 Nuklearenergie ... 124
4.1.4.1 Emissionen und Eigenschaften ... 124
4.1.4.2 Potenziale ... 124
4.1.4.3 Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung ... 125
4.1.5 Erneuerbare Energien ... 125
4.1.5.1 Emissionen und Eigenschaften ... 125
4.1.5.2 Potenziale ... 126
4.1.5.3 Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung ... 128
4.1.6 Eine Vision als Gedankenexperiment: Die globale Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ... 128
4.1.7 Emissionen aus der Landnutzung ... 129
4.1.7.1 Wälder und Klimaschutz ... 130
4.1.7.2 Landwirtschaft und Klimaschutz ... 131

4.2 Einsichten aus Energiemodellen und Klimaschutzszenarios ... **132**
4.2.1 Dynamiken der Primärtreiber ... 132
4.2.2 Klimaschutz in Modellen ... 136
4.2.3 Szenarios ... 136

4.2.4 Szenariovergleich ... 137
4.2.5 Diskussion ... 142

4.3 Implikation auf Bedürfnisfelder ... 143
4.3.1 Nachhaltige Produktion und nachhaltiger Konsum: Emissionsminderung und Kreislaufwirtschaft ... 144
4.3.1.1 Direkte und indirekte Emissionsminderung ... 144
4.3.1.2 Umstellung auf Kreislaufwirtschaft ... 145
4.3.2 Gebäude, Wohnen und Raumordnung ... 147
4.3.3 Mobilität und Kommunikation ... 150
4.3.4 Ernährung ... 153
4.3.4.1 Klimaverträgliches Management in der Landwirtschaft ... 153
4.3.4.2 Ernährungsgewohnheiten und THG-Emissionen ... 154

4.4 Exemplarischer transformativer Pfad des WBGU am Beispiel der EU-27 ... 155
4.4.1 Eine regenerative Energieversorgung in Europa ... 155
4.4.2 Die Vernetzung der Energiesysteme als Kernelement der Transformation ... 158

4.5 Finanzierung der Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft ... 163
4.5.1 Investitionsbedarf für die Transformation der globalen Energiesysteme ... 163
4.5.1.1 Vergleich von Schätzungen zum Investitionsbedarf ... 163
4.5.1.2 Kosten der Transformation der Energiesysteme ... 169
4.5.1.3 Bisher getätigte Investitionen, Investitionslücken und Investitionsbarrieren ... 170
4.5.2 Finanzierung der Transformation ... 171
4.5.2.1 Neue Finanzierungsquellen auf staatlicher Ebene ... 172
4.5.2.2 Unterstützung und Mobilisierung privater Investitionen ... 175
4.5.2.3 Neue Geschäftsmodelle zur Verringerung von Investitionsbarrieren ... 181
4.5.3 Zwischenfazit ... 182

4.6 Folgerungen: Zentrale Elemente und Rahmenbedingungen der Transformation ... 182

5 Gestaltung der Transformation ... 185

5.1 Einleitung: Neue Problemlagen, neue Staatlichkeit! ... 185

5.2 Politische Instrumente zur Steuerung der Transformation ... 186
5.2.1 Handlungsempfehlungen aus ausgewählten Transformationsstudien ... 187
5.2.2 CO_2-Bepreisung als notwendige politische Maßnahme für die Transformation ... 190
5.2.3 Policy-Mix einer Transformationspolitik ... 193
5.2.3.1 Innovationsförderung ... 194
5.2.3.2 Investitions-, Produktions- und Konsumentscheidungen ... 196
5.2.3.3 Angebot öffentlicher Güter ... 197
5.2.4 Fazit ... 199

5.3 Hindernisse und Blockaden für die Transformation: It's politics, stupid! ... 200
5.3.1 Politikblockaden im Mehrebenensystem ... 200
5.3.1.1 Kurzfristorientierung und verzögernde Politik ... 200
5.3.1.2 Gegenkräfte und Widerstände: Lobby- und Interessengruppen ... 201
5.3.1.3 Institutionelle Fragmentierung sowie mangelnde Kohärenz und Koordination ... 202
5.3.1.4 Repräsentationsdefizit und mangelnde Akzeptanz ... 203
5.3.2 Mehr Demokratie wagen! ... 204
5.3.3 Die Transformation in Schwellenländern – Wohlstand und Politiktrends in China, Brasilien und Indien ... 206
5.3.3.1 China ... 206
5.3.3.2 Brasilien ... 207

5.3.3.3 Indien ... 208
5.3.4 Supranationale Erweiterung und globale Entgrenzung ... 208
5.3.5 Globales Regieren in einer multipolaren Welt ... 210
5.3.5.1 Veränderte Rahmenbedingungen durch Multipolarität ... 211
5.3.5.2 Strukturprobleme und Demokratiedefizite globalen Regierens und internationaler Organisationen ... 212
5.3.5.3 Zwischenfazit ... 214

5.4 Neue Staatlichkeit im Mehrebenensystem ... 215
5.4.1 Gestaltender Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten ... 215
5.4.1.1 Das Leitbild des gestaltenden Staates mit erweiterter Partizipation ... 215
5.4.1.2 Aufgaben des gestaltenden und aktivierenden Staates ... 217
5.4.1.3 Legitimation durch Partizipation ... 217
5.4.2 Gestaltungsmöglichkeiten auf der nationalen Ebene ... 219
5.4.2.1 Klimapolitische Selbstbindung des Staates durch Verfassung und Gesetz ... 219
5.4.2.2 Verbesserte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten ... 222
5.4.2.3 Klimapolitisches Mainstreaming in Regierung und Parlament ... 226
5.4.2.4 Zur besseren Repräsentation von Zukunftsinteressen: Wahlrechtsreform und Loskammern ... 227
5.4.3 Die Gestaltungsmöglichkeiten der EU ... 231
5.4.3.1 Handlungsmöglichkeiten gegenüber den Mitgliedstaaten ... 231
5.4.3.2 Internationale Handlungsmöglichkeiten der EU ... 235
5.4.4 Global Governance durch internationale Kooperation ... 236
5.4.4.1 Internationales Machtvakuum managen ... 237
5.4.4.2 Transformative Prioritätensetzung ... 238
5.4.4.3 Glaubwürdig Gerechtigkeit anstreben ... 238
5.4.4.4 Institutionelle Rahmenbedingungen internationaler Kooperation verbessern ... 239
5.4.5 Gestaltungsmöglichkeiten in den drei Transformationsfeldern ... 241
5.4.5.1 Transformative Governance der Energiewende ... 242
5.4.5.2 Transformative Governance der Urbanisierung ... 244
5.4.5.3 Transformative Governance der Landnutzung ... 247
5.4.5.4 Global Governance für Infrastrukturentwicklung ... 250

5.5 Fazit ... 252

6 Akteure der Transformation: Wie sich Innovationen (rascher) ausbreiten können ... 255

6.1 Vom Wissen zum Handeln? – Vom Handeln zum Wissen! ... 255

6.2 Das Konzept der Change Agents – Pioniere des Wandels: Definition, Typologie und Rollen ... 256

6.3 Wo und wie Pioniere des Wandels bereits heute die Transformation gestalten ... 260
6.3.1 Pioniere des Wandels in unterschiedlichen Ebenen und sozialen Bereichen ... 260
6.3.2 Beispiele für erfolgreiche lokale Klima- und Nachhaltigkeitsinitiativen (Angebotsseite) ... 261
6.3.2.1 Energieversorgung ... 261
6.3.2.2 Mobilität ... 264
6.3.2.3 Stadtentwicklung: Pioniere des Wandels für eine nachhaltige Urbanisierung ... 267
6.3.2.4 Landnutzung: Pioniere des Wandels in den Bereichen Ernährung, Landwirtschaft sowie Waldschutz ... 269
6.3.3 Rolle der Verbraucher (Nachfrageseite) ... 272
6.3.4 Nichtregierungsorganisationen als Pioniere der internationalen Politik ... 275

6.4 Konklusion: Pioniere des Wandels fördern und vervielfachen, um eine rasche Transformation zu erreichen ... 277

7 Handlungsempfehlungen ... 281

7.1 Herausforderung Transformation zur Klimaverträglichkeit ... 281
7.1.1 Die Transformationsstrategie des WBGU ... 282
7.1.1.1 Förderliche und hemmende Faktoren ... 283
7.1.1.2 Klimaschutz in drei zentralen Transformationsfeldern ... 284
7.1.1.3 Strategische Perspektiven ... 286
7.1.2 Leitbild des WBGU für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ... 287
7.1.3 Kriterien für die Wirksamkeit transformativer Maßnahmen ... 289
7.1.4 Zehn Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung: Überblick ... 290

7.2 Ein neuer globaler Gesellschaftsvertrag ... 293

7.3 Zehn Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung ... 295
7.3.1 Bündel 1: Den gestaltenden Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten ausbauen ... 295
7.3.1.1 Klimapolitische Verantwortung des Staates stärken ... 295
7.3.1.2 Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten erweitern ... 296
7.3.1.3 Klimapolitisches Mainstreaming institutionalisieren ... 297
7.3.1.4 Den gestaltenden Staat im Mehrebenensystem globaler Kooperation stärken ... 298
7.3.2 Bündel 2: CO_2-Bepreisung global voranbringen ... 299
7.3.2.1 Niedriges Ambitionsniveau: Europäisches Emissionshandelssystem weiterentwickeln und G20-Vereinbarung zu CO_2-Bepreisung treffen ... 300
7.3.2.2 Mittleres Ambitionsniveau: Verknüpfung von Emissionshandelssystemen anstreben ... 300
7.3.2.3 Hohes Ambitionsniveau: Einen möglichst globalen Emissionshandel mit gemeinsamen Emissionsgrenzen etablieren ... 301
7.3.3 Bündel 3: Europäisierung der Energiepolitik ausweiten und vertiefen ... 302
7.3.3.1 Gemeinsame Energiepolitik als Chance für Europa ... 302
7.3.3.2 Niedriges Ambitionsniveau: Stärkung der Zielsetzung Klimaschutz und Fortschreibung bestehender energiepolitischer Maßnahmen ... 303
7.3.3.3 Mittleres Ambitionsniveau: Verwirklichung des Energiebinnenmarktes ... 304
7.3.3.4 Hohes Ambitionsniveau: Europaweite unionsbasierte Energiestrategie ... 304
7.3.4 Bündel 4: Ausbau erneuerbarer Energien durch Einspeisevergütungen international beschleunigen ... 305
7.3.4.1 Einspeisevergütungen in Europa: Effizienzgewinne durch schrittweise Harmonisierung der Fördersysteme ausschöpfen ... 306
7.3.4.2 Weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen: Wissensaustausch, Finanztransfer und Länderpartnerschaften initiieren ... 308
7.3.5 Bündel 5: Nachhaltige Energiedienstleistungen in Entwicklungs- und Schwellenländern fördern ... 309
7.3.5.1 Niedriges Ambitionsniveau: Konzepte und Strategien anpassen ... 309
7.3.5.2 Mittleres Ambitionsniveau: Moderne ländliche Energienutzung ausbauen ... 310
7.3.5.3 Hohes Ambitionsniveau: Umsetzung rasch in großem Maßstab angehen und beschleunigen ... 311
7.3.6 Bündel 6: Rasante Urbanisierung nachhaltig gestalten ... 312
7.3.6.1 Niedriges Ambitionsniveau: Globale Kommunikation und Information verbessern ... 312
7.3.6.2 Mittleres Ambitionsniveau: Technologien für klimaverträgliche Städte entwickeln und einsetzen ... 313

7.3.6.3 Mittleres Ambitionsniveau: Stadt- und Raumplanung in der Entwicklungszusammenarbeit auf Klimaverträglichkeit ausrichten 315
7.3.6.4 Hohes Ambitionsniveau: Leuchtturmprojekte in großem Maßstab initiieren 316
7.3.7 Bündel 7: Klimaverträgliche Landnutzung voranbringen 317
7.3.7.1 Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung einsetzen 317
7.3.7.2 Nachhaltige Waldwirtschaft und Vermeidung von Emissionen aus Entwaldung und zerstörerischer Waldnutzung 318
7.3.7.3 Landwirtschaft klimaverträglich gestalten 320
7.3.7.4 Klimaverträgliche Ernährungsweisen fördern 321
7.3.8 Bündel 8: Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft unterstützen und beschleunigen 322
7.3.8.1 Säule 1: Stabile Rahmenbedingungen für klimaverträgliche Investitionen schaffen 323
7.3.8.2 Säule 2: Neue Finanzierungsquellen auf Staatenebene erschließen 324
7.3.8.3 Säule 3: Mechanismen zur Unterstützung privater Investitionen stärken . 326
7.3.8.4 Säule 4: Neue Geschäftsmodelle fördern 328
7.3.9 Bündel 9: Internationale Klima- und Energiepolitik stärken 328
7.3.9.1 Internationale Klimapolitik nach Kopenhagen und Cancún 329
7.3.9.2 Internationale Energie- und Technologiepolitik 331
7.3.10 Bündel 10: Internationale Kooperationsrevolution anstreben 332
7.3.10.1 Internationale Umwelt- und Entwicklungspolitik im Kontext der Rio+20-Konferenz 332
7.3.10.2 Umfassende Global Governance als Meta-Hebel der Transformation 335

7.4 Synthese: Die Komposition von Maßnahmenbündeln 337

8 Die Wissenschaft im Transformationsprozess – Empfehlungen für Forschung und Bildung 341

8.1 Forschung für die Transformation 342
8.1.1 Ziele, Anforderungen und Anknüpfungspunkte 343
8.1.1.1 Ziele 343
8.1.1.2 Strukturelle Anforderungen 343
8.1.1.3 Inhaltliche Anforderungen 344
8.1.1.4 Gesamtanforderungen an die Forschung für die Transformation 345
8.1.2 Forschung für den Gesellschaftsvertrag 345
8.1.2.1 Forschungsfragen für den Gesellschaftsvertrag 346
8.1.2.2 Nachhaltigkeitswissenschaft und Global-Change-Forschung 348
8.1.2.3 Ein neues Forschungsfeld: Transformationsforschung 350
8.1.3 Forschungsfragen für die Transformationsfelder 351
8.1.3.1 Transformation des Energiesystems 353
8.1.3.2 Transformation im Bereich Urbanisierung 357
8.1.3.3 Transformation der Landnutzung 358
8.1.4 Analyse ausgewählter Forschungsstrategien und -programme 360
8.1.4.1 Europäische Forschungspolitik 360
8.1.4.2 Deutsche Forschungspolitik 363
8.1.4.3 Forschungsförderung im Bereich Energie 364
8.1.4.4 Forschungsförderung im Bereich Urbanisierung 366
8.1.4.5 Forschungsförderung im Bereich Landnutzung 367
8.1.4.6 Förderung von geistes-, sozial-, wirtschafts- und rechtswissenschaftlicher Forschung 369
8.1.4.7 Fazit der Analyse 370
8.1.4.8 Interdizplinarität 372
8.1.4.9 Das transformative Quartett der Wissensgesellschaft 374

8.2 Bildung für die Transformation ... **375**
8.2.1 Herausforderungen der Wissensvermittlung ... 375
8.2.2 Lösungsansätze ... 377

8.3 Empfehlungen ... **380**
8.3.1 Forschung ... 381
8.3.2 Bildung ... 382
8.3.3 Interaktionsfeld Bildung – Forschung ... 382
8.3.4 Konkrete Forschungsprioritäten in den drei Transformationsfeldern ... 383
8.3.5 Fazit ... 383

9 Literatur ... **385**

10 Glossar ... **415**

Kästen

Kasten 1-1 Industrieller Metabolismus: Das Konzept planetarischer Leitplanken des WBGU im Kontext nachhaltiger Entwicklung ... 34
Kasten 1-2 Industrieller Metabolismus: Das Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels ... 36
Kasten 1.1-1 Das globale CO_2-Emissionsbudget ... 40
Kasten 1.1-2 Ozeanversauerung ... 41
Kasten 1.1-3 Peak Phosphorus ... 47
Kasten 1.2-1 Auswirkungen der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise ... 51
Kasten 1.2-2 Die globale Bevölkerungsentwicklung bis 2050 ... 59
Kasten 2.1-1 Werte, Werthaltungen und Einstellungen ... 72
Kasten 2.2-1 Ronald Inglehart und das World Values Survey ... 74
Kasten 2.3-1 Alternative Konzepte zur Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsmessung ... 80
Kasten 2.3-2 Empfehlungen der Stiglitz-Sen-Fitoussi-Kommission zur Weiterentwicklung der statistischen Berichterstattung ... 81
Kasten 3-1 Die Neolithische Revolution ... 88
Kasten 3.2-1 Die Industrielle Revolution ... 94
Kasten 3.2-2 Treiber für die Beschleunigung der Transformation am Beispiel der deutschen Gründerzeit ... 96
Kasten 4.1-1 Reserven, Ressourcen, Potenziale ... 118
Kasten 4.1-2 Definitionen: Primärenergieäquivalente in der Energiestatistik ... 119
Kasten 4.1-3 Sequestrierung biologisch gebundenen Kohlenstoffs: „Negative Emissionen“ ... 123
Kasten 4.1-4 Risiken eines ungesteuerten Bioenergieausbaus ... 128
Kasten 4.2-1 Wirtschaftswachstum und Transformation ... 135
Kasten 4.3-1 Gebäudetechnik für den Klimaschutz ... 148
Kasten 4.3-2 Rebound-Effekt ... 149
Kasten 4.3-3 Neue Geschäftsmodelle für eine klimaverträgliche Gesellschaft ... 153
Kasten 4.5-1 Der UNFCCC Green Climate Fund ... 174
Kasten 4.5-2 Das Spannungsverhältnis zwischen Klima- und Entwicklungsfinanzierung ... 176
Kasten 5.2-1 Die Wachstumsdebatte ... 188
Kasten 5.2-2 CO_2-Steuer versus CO_2-Zertifikatehandel ... 191
Kasten 5.2-3 Wettbewerbsverzerrungen, Carbon Leakage und Grenzausgleichsmaßnahmen ... 192
Kasten 5.2-4 Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien ... 198
Kasten 5.2-5 „Nudges“: Grüner Strom als Vorgabeoption ... 199
Kasten 5.3-1 Umweltperformanz von demokratischen und autokratischen Regimen ... 207
Kasten 5.3-2 Sino-amerikanische Beziehungen als Parameter zukünftiger Weltpolitik ... 212
Kasten 5.4-1 Experimente: Förderung und Beschleunigung transformativer Innovationen ... 220
Kasten 5.4-2 Neue Formen unmittelbarer Demokratie: Einsichten aus der Schlichtung von „Stuttgart 21“ ... 224
Kasten 5.4-3 Parlamentarische Begleitung der Transformation ... 227
Kasten 5.4-4 Europaweite Harmonisierung der Förderung erneuerbarer Energien ... 234
Kasten 6.3-1 Privatwirtschaftliche Pioniere des Wandels: Unternehmen und Investoren ... 264
Kasten 7.3-1 Transformation der Energienutzung I: Dekarbonisierung der Energiesysteme ... 303
Kasten 7.3-2 Transformation der Energienutzung II: Überwindung der Energiearmut ... 312

Kasten 8.1-1 Illustration komplexer kausaler Verbindungen am Beispiel der Industriellen Revolution 352
Kasten 8.1-2 Analyse möglicher Entwicklungspfade der Energieflächenproduktivität 354
Kasten 8.2-1 Reef Check 380

Tabellen

Tabelle 1.1-1 Schätzungen von Kosten und Nutzen von Restaurationsprojekten in verschiedenen Biomen . . . 43
Tabelle 1.1-2 Interaktionen zwischen globalen Umweltveränderungen . . . 49
Tabelle 1.2-1 Konzentration der Städte in Küstenregionen . . . 61
Tabelle 2.3-1 Übersicht über Konzepte zur Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsmessung . . . 80
Tabelle 4.1-1 Globaler Primärenergieverbrauch 2008 nach drei verschiedenen Berechnungsmethoden . . . 119
Tabelle 4.1-2 Globale Energievorkommen fossiler und nuklearer Quellen . . . 121
Tabelle 4.1-3 Potenzielle Emissionen als Folge der Nutzung der fossilen Reserven und Ressourcen . . . 122
Tabelle 4.1-4 Erneuerbare Energien: Theoretische, technische und ökonomische Potenziale . . . 127
Tabelle 4.2-1 Vergleich transformativer Energieszenarios bezüglich kumulativen CO_2-Emissionen bis 2050 und der Wahrscheinlichkeit 2 °C zu überschreiten . . . 138
Tabelle 4.5-1 Übersicht über verschiedene Schätzungen zu den jährlichen Anfangs-(Upfront-) Investitionskosten einer Dekarbonisierung der weltweiten Energiesysteme . . . 165
Tabelle 5.2-1 Beispielhafter Policy-Mix für die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft . . . 195
Tabelle 6.2-1 Innovationsdynamik und -diffusion auf drei Ebenen . . . 257
Tabelle 6.2-2 Das Promotorenmodell: Erfolgssteigernde Rollen für die Pioniere des Wandels . . . 258
Tabelle 8.1-1 Anforderungen an die Forschung für die Transformation . . . 345
Tabelle 8.1-2 Kriterien zur Analyse von Strategien und Programmen der Forschungsförderung . . . 361
Tabelle 8.1-3 Geschätzte Gesamtkosten der Europäischen Industrieinitiativen . . . 362

Abbildungen

Abbildung 1 Topographie der Transformation 6
Abbildung 2 Zeitliche Dynamik und Handlungsebenen der Transformation 7
Abbildung 3 Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation. 23
Abbildung 1-1 Industrieller Metabolismus: Schematische Darstellung von Materialverbrauch, Produktion, Konsum und Emissionen 36
Abbildung 1-2 Sozioökonomischer Metabolismus als Teilmenge der globalen Umwelt 36
Abbildung 1-3 Direkte Stoffentnahme 1900–2005 und Entwicklung des globalen Frachtaufkommens 1850–1990 37
Abbildung 1.1-1 Zeitliche Entwicklung von Temperatur, Meeresspiegel und Ausdehnung des arktischen Meereises 39
Abbildung 1.1-2 Beispiele für globale Emissionspfade, bei denen im Zeitraum 2010–2050 750 Mrd. t CO_2 emittiert werden. 40
Abbildung 1.2-1 Dynamik der Wohlstandsentwicklung der Staaten: Die „Welt der vier Geschwindigkeiten“ 52
Abbildung 1.2-2 Globaler Wandel der Regierungsformen 1946–2009 54
Abbildung 1.2-3 Trends wesentlicher Treiber anthropogenen Klimawandels 56
Abbildung 1.2-4 Entwicklung der globalen Primärenergienachfrage (business as usual) zwischen 1800 und 2050. 57
Abbildung 1.2-5 Weltbevölkerung 1950–2050. 59
Abbildung 1.2-6 Zahl der Stadtbewohner nach Kontinent: Entwicklung bis 2050 60
Abbildung 1.2-7 Bevölkerungszahl aufgeschlüsselt nach urbaner Siedlungsgröße sowie ländliche Bevölkerung 60
Abbildung 1.2-8 Die 20 wichtigsten Hafenstädte: Von den Risiken des Klimawandels betroffene Sachwerte und Menschen 62
Abbildung 1.2-9 Karte der Nettoprimärproduktion (NPP), die vom Menschen genutzt oder beeinflusst wird (HANPP) 64
Abbildung 1.2-10 Entwicklung der Nahrungsmittelpreise 1990–2011 65
Abbildung 2.1-1 Was den Bürgern für ihre Lebensqualität wichtig ist 73
Abbildung 2.2-1 Im World Values Survey erfasste Länder und Personen 74
Abbildung 2.2-2 Wie ernst ist der Klimawandel als globales Umweltproblem? 75
Abbildung 2.2-3 Was ist wichtiger: Umweltschutz oder Wirtschaftswachstum und die Schaffung von Arbeitsplätzen? 76
Abbildung 2.2-4 Akzeptanz verschiedener Energieträger in der Europäischen Union 78
Abbildung 3.2-1 Zunahme des Energieeinsatzes und des Materialeinsatzes im Zuge der Neolithischen und Industriellen Revolution in Industrieländern 92
Abbildung 3.2-2 Entwicklung der Weltbevölkerung im Zuge der Übergänge von der Jäger- und Sammlergesellschaft zur Agrar- und zur Industriegesellschaft. 92
Abbildung 3.2-3 Elemente des transformativen Innovationsschubs der Gründerzeit in Deutschland . . 96
Abbildung 3.3-1 Darstellung verschiedener Phasen (Vorentwicklung, Start, Beschleunigung) und möglicher Pfadverläufe (Stabilisierung, Lock-in, Rückschlag) einer Transformation . . . 99

Abbildung 3.4-1 Mehrebenenmodell zur Analyse von Transformationsprozessen. 127
Abbildung 4.1-1 Vision zur globalen regenerativen Energieversorgung bis 2050 129
Abbildung 4.2-1 Globale Trends von Primärtreibern und Emissionen 1800–2008. 133
Abbildung 4.2-2 Globaler Energieverbrauch und CO_2-Emissionen pro Wertschöpfungseinheit. 133
Abbildung 4.2-3 Jährlicher globaler Energieverbrauch und CO_2-Emissionen pro Kopf 134
Abbildung 4.2-4 Globaler Primärenergiebedarf in transformativen Szenarien, aufgeschlüsselt nach Energieträgern 139
Abbildung 4.2-5 Globale Endenergienachfrage in transformativen Szenarien, aufgeschlüsselt nach Energieformen 139
Abbildung 4.2-6 Relative Zusammensetzung von Primär- und Endenergie in der Gegenwart (2008) und im Jahr 2050. 140
Abbildung 4.3-1 Treibhausgasfußabdruck verschiedener Konsumfelder im Jahr 2001 145
Abbildung 4.3-2 Die wirtschaftliche Lebensdauer verschiedener energierelevanter Investitionen 151
Abbildung 4.4-1 Primärenergieverbrauch in der EU-27 für Strom nach dem Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 von EREC und Greenpeace für den Zeitraum 1970–2050 157
Abbildung 4.4-2 Bruttostromerzeugung in der EU-27 nach dem Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 für den Zeitraum 1970–2050 157
Abbildung 4.4-3 Endenergieverbrauch des Wärmesektors in der EU-27 angelehnt an das Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 für den Zeitraum 2007–2050 mit verstärktem Einsatz von Biomasse und verringertem Einsatz von Erdöl bis 2050 159
Abbildung 4.4-4 Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in der EU-27 angelehnt an das Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 für den Zeitraum 1970–2050 mit Biomasse als Brückentechnologie und Nutzung von Erdöl, welches im Wärmesektor frei wird bis 2050 160
Abbildung 4.4-5 Simulierte Einspeisung aus erneuerbaren Energien nach dem UBA-Szenario. 161
Abbildung 4.4-6 Mögliche Kopplung der Energienetze am Beispiel von Methan 163
Abbildung 4.5-1 Zusätzliche jährliche globale Investitionen nach Bereichen sowie Ländern bzw. Regionen während der angegebenen Zeitperioden 166
Abbildung 4.5-2 Aufteilung der zusätzlichen globalen Investitionskosten auf verschiedene Bereiche. 167
Abbildung 4.5-3 Weltweites Entwicklungspotenzial der Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien. 168
Abbildung 4.5-4 Globale Investitionen in klimaverträgliche Energien in den Jahren 2004–2009. 170
Abbildung 4.5-5 Öffentliche und private Finanzierungsmechanismen nach Technologieentwicklungsphasen 177
Abbildung 4.5-6 Nettoinvestitionsquoten im internationalen Vergleich 1995–2008 178
Abbildung 4.5-7 Unternehmensgewinne und Nettoinvestitionen der Unternehmen in Deutschland zwischen 1991 und 2009. 179
Abbildung 5.2-1 Vorschläge für staatliche Maßnahmen in vier Bereichen (Energieeffizienz, Strom und Industrie, Landwirtschaft, Schlüsseltechnologien) entsprechend der Treibhausgasvermeidungskostenkurve zur kosteneffizienten Reduktion von CO_2-Emissionen. 194
Abbildung 5.3-1 Szenarien weltpolitischer Zukünfte im Kontext internationaler Machtverschiebungen und globalen Klimawandels 213
Abbildung 5.4-1 Integrierte Umsetzungsszenarien 2010-2030 241
Abbildung 6.2-1 Typologie von Pionieren des Wandels 258
Abbildung 6.3-1 Pioniere des Wandels: Synopse der Fallbeispiele aus den Bereichen „Stadtentwicklung“ und „Landnutzung“ 273
Abbildung 6.4-1 Phasen der gesellschaftlichen Verbreitung von Ideen und Verhalten und die Rollen von Pionieren des Wandels im Transformationsprozess 278
Abbildung 7.1-1 Topographie der Transformation 284
Abbildung 7.1-2 Zeitliche Dynamik und Handlungsebenen der Transformation 285
Abbildung 7.1-3 Die Raute der Transformation 291

Abbildung 8.1-1 Illustration zu den treibenden, interdependenten Faktoren der Beschleunigung der Industriellen Revolution 352
Abbildung 8.1-2 Entwicklung der Energieflächenproduktivität 354
Abbildung 8.1-3 Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation. 375

Akronyme

ACER	European Agency for the Cooperation of the Energy Regulators *Agentur für die Zusammenarbeit der Energieregulierungsbehörden*
ADAM	Adaptation and Mitigation Strategies (EU-Projekt)
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
ARPA	Advanced Research Project Agency (US-Verteidigungsministerium)
ASEM	Asia-Europe Meeting *Asien-Europa-Treffen*
BAT	Best available technology *Beste verfügbarerTechnologie*
BAU	Business as usual
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BMVBS)
BDA	Bund deutscher Architekten
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BSE	Bovine spongiforme Enzephalopathie
BTA	Border Tax Adjustment *Grenzausgleichssteuern*
C	Carbon *Kohlenstoff*
CBD	Convention on Biological Diversity *Biodiversitätskonvention, auch: Übereinkommen über die biologische Vielfalt*
CCPI	Climate Change Performance Index
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage *CO_2-Abscheidung und -Lagerung*
CDIA	Cities Development Initiative for Asia (BMZ) *Initiative Stadtentwicklung für Asien*
CDM	Clean Development Mechanism (Kioto-Protokoll, UNFCCC) *Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung*
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire *Europäische Organisation für Kernforschung*
CFL	Compact Fluorescent Lights *Kompaktleuchtstofflampen*
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research *Konsultativgruppe für internationale landwirtschaftliche Forschung*
CH_4	Methan
CIAT	International Center for Tropical Agriculture, Kolumbien

CIMMYT	Centro Internacional de Maiz y Trigo, Mexiko (CGIAR) *International Maize and Wheat Improvement Center*
CIP	Centro Internacional de la Papa, Peru (CGIAR) *International Potato Center*
COP	Conference of the Parties *Vertragsstaatenkonferenz*
CO_2	Kohlendioxid
CSP	Concentrated Solar Power *Solarthermische Stromerzeugung*
CSR	Corporate Social Responsibility *Unternehmerische Gesellschaftsverantwortung*
C40	Cities Climate Leadership Group *Verbund klimabewusster Grosstädte*
DAI	Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine e.V.
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan (Insektizid)
DFI	Development Finance Institutions
DII	DESERTEC Industrial Initiative
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EGKS	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
EIA	Energy Information Administration (USA) *Amt für Energiestatistik innerhalb des US-amerikanischen Energieministeriums*
EIB	Europäische Investitionsbank
EIT	European Institute of Innovation and Technology (EU) *Europäisches Institut für Innovation und Technologie*
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENTSO-E	Europäische Verbünde der Übertragungsnetzbetreiber für Strom
ENTSO-G	Europäische Verbünde der Übertragungsnetzbetreiber für Gas
ESCO	Energy Service Companies *Energiedienstleistungsgesellschaften*
ESSP	Earth System Science Partnership
EU	Europäische Union
EU EDIT	European Distributed Institute of Taxonomy (EU) *EU-Projekt zur Erfassung der vorkommenden Arten*
EU ETS	European Union Emissions Trading System *Europäischer Emissionshandel*
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EUV	Vertrag über die Europäische Union
EVS	European Values Survey *Langzeitstudie zu Werten und Einstellungen der Europäer*
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EWS	Elektrizitätswerke Schönau
EWZ	Elektrizitätswerke der Stadt Zürich
ExWoSt	Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (BBSR)
EZ	Entwicklungszusammenarbeit
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations *Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen*
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FiT	Feed-in-tariffs *Einspeisevergütungen*
FMStG	Finanzmarktstabilisierungsgesetz
FONA	Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklung (BMBF)

FSC	Forest Stewardship Council
F&E	Forschung und Entwicklung
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade *Allgemeines Zoll- und Handelsabkommen*
GBEP	Global Bioenergy Partnership (G8-Initiative)
GCCA	Global Climate Change Alliance (EU) *Globale Allianz gegen den Klimawandel*
GEA	Global Energy Assessment
GEF	Global Environment Facility (UNDP, UNEP, Weltbank) *Globale Umweltfazilität*
GET FiT	Global Energy Transfer Feed-in Tariffs
GLASOD	The Global Assessment of Human Induced Soil Degradation (ISRIC)
GPI	Genuine Progress Indicator *Echter Fortschrittsindikator*
Gt	Gigatonnen
GuD	Gas-und-Dampfkraftwerk
GW_e	Gigawatt elektrisch
HANPP	Human Appropriation of Net Primary Production *Menschliche Aneignung der Nettoprimärproduktion*
HDI	Human Development Index *Index für menschliche Entwicklung*
HFC	Hydrofluorocarbons *Fluorkohlenwasserstoffe*
HIV	Human Immunodeficiency Virus *Humanes Immundefizienz-Virus*
IASS	Institute für Advanced Sustainability Studies
IAASTD	International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development *Weltagrarbericht*
IATA	International Air Transport Association *Internationale Flug-Transport-Vereinigung*
ICA	International Co-operative Alliance
ICR	InnovationsCity Ruhr
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ICLEI	International Council for Local Environmental Initiatives *Weltweiter Verband für lokalen Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung*
IEA	International Energy Agency (OECD) *Internationale Energieagentur*
IEWB	Index of Economic Well Being *Index des wirtschaftlichen Wohlergehens*
IFAD	International Fund for Agricultural Development (UN) *Internationaler Fonds für landwirtschaftliche Entwicklung*
IFC	Internationale Finanzkorporation (Weltbank) *International Finance Corporation*
IFIC	International Feed-in Cooperation
IMAGE	Integrated Model to Assess the Global Environment
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (WMO, UNEP) *Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen*
IPEEC	International Partnership for Energy Efficiency Cooperation (IEA)
IRENA	International Renewable Energy Agency *Internationale Agentur für Erneuerbare Energien*
IRRI	International Rice Research Institute, Philippinen *Internationales Reisforschungsinstitut*

ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IWF	Internationaler Währungsfonds *International Monetary Fund*
KfW	KfW Bankengruppe
KIC	Knowledge and Innovation Communities (EIT) *Wissens- und Innovationsgemeinschaften*
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LADA	Land Degradation Assessment *Bewertung der Landdegradation in Trockengebieten*
LDC	Least Developed Countries *Am wenigsten entwickelte Länder*
LED	Light Emitting Diode *Leuchtdiode*
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (USA) *Führerschaft in Energie- und Umweltdesign*
LIFDC	Low-Income Food-Deficit Countries (FAO, WFP) *Länder mit niedrigem Einkommen und Nahrungsdefiziten*
LOHAS	Lifestyle of Health and Sustainability *Lebensstil für Gesundheit und Nachhaltigkeit*
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry (Kioto-Protokoll, UNFCCC) *Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft im Kioto-Protokoll und seine Umsetzungen*
MDG	Millennium Development Goals (UN) *Millenniumentwicklungsziele der Vereinten Nationen*
MERGE ETL	An Optimisation Equilibrium Model With Two Different Endogenous Technological Learning Formulations (EU)
MESSAGE	Model for Energy Supply Systems and their General Environmental Impact (IIASA)
MESAP	Modell Modulare Energie System Analyse & Planung (DLR)
MOX	Mischoxid
N	Stickstoff *Nitrogen*
N_2O	Lachgas *Nitrous Oxide*
NEP	Nationaler Entwicklungsplan Mobilität
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions *Vermeidungspläne von Entwicklungsländern*
NIMBY	Not In My Backyard *„Nicht in meinem Garten“*
NLM	Nachhaltiges Landmanagement (BMBF)
NRO	Nichtregierungsorganisation
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development *Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung*
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P	Phosphor
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
POPs	Persistent Organic Pollutants *Persistente organische Schadstoffe*
PPA	Power Purchasing Agreements
PPP	Public-Private-Partnership
PRSP	Poverty Reduction Strategy Papers (Regierungen, IWF, Weltbank) *Nationale Strategien zur Armutsbekämpfung*
PUR	Public Understanding of Research
PUSH	Public Understanding of Science and Humanities

PV	Photovoltaik
RCP	Representative Concentration Pathways (IPCC) *Repräsentative Konzentrationspfade*
R&D	Research and Development *Forschung und Entwicklung*
RECIPE	Report on Energy and Climate Policy in Europe (WWF, Allianz)
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (UNFCCC) *Reduktion von Emissionen aus Entwaldung und Walddegradation in Entwicklungsländern*
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century *Netzwerk für erneuerbare Energien des 21. Jahrhunderts*
RES	Directive on Electricity Production from Renewable Energy Sources (EU) *Erneuerbare Energien-Richtlinie*
RNE	Rat für Nachhaltige Entwicklung
SAW	Senatsausschuss Wettbewerb
SÖF	Sozial-ökologische Forschung
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
THG	Treibhausgase
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations *Vereinte Nationen*
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa *Übereinkommen der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Wüstenbildung in den von Dürre und/oder Wüstenbildung schwer betroffenen Ländern, insbesondere in Afrika*
UNCSD 2012	United Nations Conference on Sustainable Development 2012 *Konferenz der Vereinten Nationen für Nachhaltige Entwicklung 2012 („Rio+20-Konferenz“)*
UNDP	United Nations Development Programme *Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen*
UN DESA	United Nations Department of Economic and Social Affairs *Hauptabteilung für Wirtschaftliche und Soziale Angelegenheiten der Vereinten Nationen*
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe *Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen*
UNEP	United Nations Environment Programme *Umweltprogramm der Vereinten Nationen*
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization *Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur*
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*
UNIDO	United Nations Industrial Development Organisation *Organisation der Vereinten Nationen für industrielle Entwicklung*
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen *German Advisory Council on Global Change*
WEA	World Energy Assessment (UNDP, UNDESA, WEC)
WEC	World Energy Council *Weltenergierat*
WRI	World Resources Institute
WTO	World Trade Organization *Welthandelsorganisation*
WWF	World Wide Fund for Nature
WVS	World Values Survey *Weltweite Werteumfrage*

Zusammenfassung für Entscheidungsträger

Ein neuer Gesellschaftsvertrag

Die aktuellen Demokratiebewegungen in der arabischen Welt und der Fall der Berliner Mauer sind Belege aus der jüngeren Geschichte für die Kraft und Dynamik transformativer Prozesse. Für den Übergang zur Nachhaltigkeit lassen sich aus diesen Umbrüchen mehrere Lehren ziehen: Zunächst, unhaltbare Zustände können auf dramatische Weise kollabieren. Ferner sind die Kräfte der Transformation oft lange unter der Oberfläche verborgen. Dies zeigt sich heute nicht zuletzt beim messbaren globalen Wertewandel in Richtung Nachhaltigkeit. Schließlich enthüllt der Zusammenbruch von auf Extraktion von Öl und Gas gestützten Diktaturen (Sowjetunion, Libyen) zugleich die versteckten Kosten des „fossilen" industriellen Metabolismus.

Das kohlenstoffbasierte Weltwirtschaftsmodell ist auch ein normativ unhaltbarer Zustand, denn es gefährdet die Stabilität des Klimasystems und damit die Existenzgrundlagen künftiger Generationen. Die Transformation zur Klimaverträglichkeit ist daher moralisch ebenso geboten wie die Abschaffung der Sklaverei und die Ächtung der Kinderarbeit.

Bereits seit geraumer Zeit befindet sich das fossile ökonomische System international im Umbruch. Dieser Strukturwandel wird vom WBGU als Beginn einer „Großen Transformation" zur nachhaltigen Gesellschaft verstanden, die innerhalb der planetarischen Leitplanken der Nachhaltigkeit verlaufen muss. Langzeitstudien zeigen eindeutig, dass sich immer mehr Menschen weltweit einen Wandel in Richtung Langfristigkeit und Zukunftsfähigkeit wünschen. Überdies verdeutlicht das atomare Desaster in Fukushima, dass schnelle Wege in eine klimaverträgliche Zukunft ohne Kernenergie beschritten werden müssen.

Es ist jetzt eine vordringliche politische Aufgabe, die Blockade einer solchen Transformation zu beenden und den Übergang zu beschleunigen. Dies erfordert nach Ansicht des WBGU die Schaffung eines nachhaltigen Ordnungsrahmens, der dafür sorgt, dass Wohlstand, Demokratie und Sicherheit mit Blick auf die natürlichen Grenzen des Erdsystems gestaltet und insbesondere Entwicklungspfade beschritten werden, die mit der 2°C-Klimaschutzleitplanke kompatibel sind. Auf letztere hat sich die Weltgemeinschaft 2010 in Cancún verständigt. Die Weichenstellungen dafür müssen im Verlauf dieses Jahrzehnts gelingen, damit bis 2050 die Treibhausgasemissionen weltweit auf ein Minimum reduziert und gefährliche Klimaänderungen noch vermieden werden können. Der Zeitfaktor ist also von herausragender Bedeutung.

Der WBGU zeigt im Gutachten explizit, dass die technologischen Potenziale zur umfassenden Dekarbonisierung vorhanden sind, skizziert Geschäfts- und Finanzierungsmodelle für den Wandel und verdeutlicht, dass politische Instrumente für eine klimaverträgliche Transformation wohlbekannt sind. Der Beirat erläutert auch, dass die erforderliche Transformation tiefgreifende Änderungen von Infrastrukturen, Produktionsprozessen, Regulierungssystemen und Lebensstilen sowie ein neues Zusammenspiel von Politik, Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft umfasst. Es gilt, vielfältige Pfadabhängigkeiten und Blockaden zu überwinden. Die Transformation kann zudem nur dann gelingen, wenn Nationalstaaten ihre kurzfristigen Interessenskalküle zugunsten globaler Kooperationsmechanismen zurückstellen, um vor allem in der Weltwirtschaft eine Trendumkehr zu Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit zu ermöglichen. Dabei geht es im globalen Rahmen nicht zuletzt um Fragen von Fairness und Gerechtigkeit, auf die Antworten gefunden werden müssen.

Diese „Große Transformation" ist also keineswegs ein Automatismus. Sie ist auf die „Gestaltung des Unplanbaren" angewiesen, wenn sie in dem engen Zeitfenster gelingen soll, das zur Verfügung steht. Dies ist historisch einzigartig, denn die „großen Verwandlungen der Welt" (Jürgen Osterhammel) der Vergangenheit waren Ergebnisse allmählichen evolutionären Wandels.

Fasst man diese Anforderungen an die vor uns liegende Transformation zusammen wird deutlich, dass die anstehenden Veränderungen über technologische und technokratische Reformen weit hinausreichen: Die Gesellschaften müssen auf eine neue „Geschäftsgrund-

lage“ gestellt werden. *Es geht um einen neuen Weltgesellschaftsvertrag für eine klimaverträgliche und nachhaltige Weltwirtschaftsordnung*. Dessen zentrale Idee ist, dass Individuen und die Zivilgesellschaften, die Staaten und die Staatengemeinschaft sowie die Wirtschaft und die Wissenschaft kollektive Verantwortung für die Vermeidung gefährlichen Klimawandels und für die Abwendung anderer Gefährdungen der Menschheit als Teil des Erdsystems übernehmen. Der Gesellschaftsvertrag kombiniert eine Kultur der Achtsamkeit (aus ökologischer Verantwortung) mit einer Kultur der Teilhabe (als demokratische Verantwortung) sowie mit einer Kultur der Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen (Zukunftsverantwortung).

Ein zentrales Element in einem solchen Gesellschaftsvertrag ist der „gestaltende Staat“, der für die Transformation aktiv Prioritäten setzt, gleichzeitig erweiterte Partizipationsmöglichkeiten für seine Bürger bietet und der Wirtschaft Handlungsoptionen für Nachhaltigkeit eröffnet. Der Gesellschaftsvertrag umfasst auch neue Formen globaler Willensbildung und Kooperation. Die Schaffung eines dem Weltsicherheitsrat ebenbürtigen „UN-Rates für Nachhaltige Entwicklung“ sowie die Bildung internationaler Klimaallianzen zwischen Staaten, internationalen Organisationen, Städten, Unternehmen, Wissenschaft und zivilgesellschaftlichen Organisationen wären hierfür Beispiele.

Das Konzept eines neuen Gesellschaftsvertrages für die Transformation zur Nachhaltigkeit – weniger auf dem Papier als im Bewusstsein der Menschen – entwickelt der WBGU in Analogie zur Herausbildung der Industriegesellschaften im Verlauf des 19. Jahrhunderts. Karl Polanyi (1944) bezeichnete diesen Prozess ebenfalls als eine „Große Transformation“ und zeigte, dass die Stabilisierung und Akzeptanz der „modernen Industriegesellschaften“ erst durch die Einbettung der ungesteuerten Marktdynamiken und Innovationsprozesse in Rechtsstaat, Demokratie und wohlfahrtsstaatliche Arrangements gelang – also durch die Emergenz eines neuen Gesellschaftsvertrages.

Indem der WBGU die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Transformation aufzeigt, Pioniere des Wandels benennt, Blockademechanismen identifiziert sowie politische und institutionelle Ansätze zu deren Überwindung entwickelt, veranschaulicht er die „Bedingungen der Möglichkeit“ (Immanuel Kant) des Übergangs zu Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit. Damit möchte der WBGU der Politik, aber auch der Wirtschaft und den gesellschaftlichen Akteuren Mut machen, den Wandel zu wagen.

Herausforderung Klimaverträglichkeit

Bei der Transformation zur Nachhaltigkeit kommt dem Klimaschutz eine besondere Bedeutung zu, denn er ist eine *conditio sine qua non* für nachhaltige Entwicklung: Klimaschutz allein kann zwar den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschheit nicht sichern, aber ohne wirksamen Klimaschutz entfallen absehbar essentielle Entwicklungsmöglichkeiten der Menschheit.

Der anthropogene Klimawandel ist in den letzten Jahren in der Mitte des gesellschaftlichen Diskurses angekommen. Es gibt einen globalen politischen Konsens darüber, dass eine rasch erfolgende Erderwärmung von mehr als 2 °C die Anpassungsfähigkeit unserer Gesellschaften überfordern würde. Die Folgen wären Umweltkrisen mit erheblichen sozialen, wirtschaftlichen und sicherheitspolitischen Risiken. Die Vermeidung gefährlicher Klimaänderungen ist daher zu einer der großen Menschheitsherausforderungen geworden.

Wenn die Begrenzung der Erwärmung auf 2 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von wenigstens zwei Dritteln gelingen soll, dürfen bis Mitte dieses Jahrhunderts nur noch etwa 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen in die Atmosphäre gelangen (WBGU, 2009b). Dieses globale CO_2-Budget wäre bereits in rund 25 Jahren erschöpft, wenn die Emissionen auf dem aktuellen Niveau eingefroren würden. Es ist also ein schnelles, transformatives Gegensteuern notwendig. Die globalen Energiesysteme müssen bis Mitte des Jahrhunderts weitgehend dekarbonisiert sein.

Suchprozesse in diese Richtung sind in vielen Ländern der Erde zu beobachten. Unter anderem bemühen sich Europa, Südkorea, China, Indonesien, Indien und einige Bundesstaaten der USA darum, die Wohlstandssteigerung von den Treibhausgasemissionen zu entkoppeln. Viele Unternehmen erkennen, dass in einer prosperierenden Welt mit bald 9 Mrd. Menschen der nächste globale Innovationszyklus Ressourcen schonend und klimaverträglich sein muss. Langfristige Investitionen, insbesondere in erneuerbare Energiequellen sowie in Energie- und Ressourceneffizienz, dienen nicht nur dem Atmosphärenschutz, sie reduzieren auch die vielfältigen Abhängigkeiten von Importen fossiler Brennstoffe und entscheiden zugleich über die Innovationszentren der Zukunft und die Neuordnung der weltwirtschaftlichen Hierarchien. Der Umbau eröffnet innovationsstarken Gesellschaften auch in Europa neue Perspektiven.

Eine Zukunft ohne Kernenergie

Nach Einschätzung des Beirats ist anspruchsvoller globaler Klimaschutz auch ohne Kernenergie möglich, wie die Analysen des WBGU in diesem Gutachten zeigen. Im Zentrum jeder Dekarbonisierungsstrategie muss der massive Ausbau der erneuerbaren Energien und der dafür erforderlichen Infrastruktur stehen. Die Energiewende zur Nachhaltigkeit kann jedoch nur dann gelingen, wenn zugleich die gewaltigen Potenziale zur Effizienzsteigerung ausgeschöpft werden und die nicht nachhaltigen Lebensstile, insbesondere in den Industrie- und Schwellenländern, gesellschaftlich problematisiert werden.

In einer Reihe von Ländern ist derzeit ein Ausbau der Kernenergie geplant. Davon rät der WBGU dringend ab, insbesondere wegen der nicht vernachlässigbaren Risiken schwerster Schadensfälle, der ungeklärten Endlagerungsproblematik und dem Risiko unkontrollierter Proliferation. Bestehende Kapazitäten sollten so rasch wie möglich durch nachhaltige Energietechnologien ersetzt und bei erkennbaren Sicherheitsmängeln umgehend stillgelegt werden. Der Ausstieg aus der Kernenergie darf aus Sicht des Beirats aber nicht durch den Wiedereinstieg oder die Verstärkung von Energieerzeugung aus Braun- und Steinkohle kompensiert werden.

Klimaschutz in drei zentralen Transformationsfeldern

Der Übergang zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung betrifft vor allem die folgenden drei Hauptpfeiler der heutigen Weltgesellschaft, an denen die Politik zur Transformation ansetzen sollte: *Erstens,* die Energiesysteme unter Einschluss des Verkehrssektors, von denen die gesamte Wirtschaft abhängt und die derzeit wegen der hohen Entwicklungsdynamik der Schwellenländer vor einem neuen Wachstumsschub stehen. Der Energiesektor verursacht derzeit etwa zwei Drittel der Emissionen langlebiger Treibhausgase. *Zweitens,* die urbanen Räume, die derzeit für drei Viertel der globalen Endenergienachfrage verantwortlich sind und deren Bevölkerung sich bis 2050 auf 6 Mrd. verdoppeln wird. *Drittens,* die Landnutzungssysteme (der Land- und Forstwirtschaft einschließlich der Waldrodungen), aus denen derzeit knapp ein Viertel der globalen Treibhausgasemissionen stammen. Die Landnutzung muss nicht nur die Ernährung für eine weiter wachsende und anspruchsvoller werdende Weltbevölkerung sichern, sondern auch Nachfragesteigerungen wegen der zunehmenden Nutzung von Bioenergie und biobasierten Rohstoffen decken.

Auf allen genannten Feldern ist die Welt noch weit von einer klaren Weichenstellung in Richtung Nachhaltigkeit entfernt. Die von der Mehrzahl der Regierungen im Rahmen der internationalen Klimaverhandlungen bisher angekündigten Emissionsminderungen reichen bei weitem nicht aus, um die 2 °C-Grenze einzuhalten. Dennoch sollte die einsetzende Dynamik der Transformation nicht unterschätzt werden. Die seit den 1970er Jahren geführten Diskussionen um die Grenzen des Wachstums und die Suche nach klimaverträglichen Entwicklungspfaden sind nunmehr in der Mitte der Gesellschaften angekommen. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, die bereits in vielen Ländern existierenden klimaverträglichen Experimente, Branchen, Nischen und Effizienzinseln zu vergrößern und den Übergang von einer fossilen zu einer klimaverträglichen Wirtschaftsweise zu beschleunigen. Maßnahmen, die jeweils für sich als wenig ambitioniert erscheinen, können in einer solchen dynamischen Situation des Umbruchs in der Summe große Wirkung entfalten und Kipppunkte der Entwicklung auslösen. Dennoch ist die Wende zur Klimaverträglichkeit in allen drei Transformationsfeldern eine große Herausforderung.

- Das *Transformationsfeld Energie* ist deshalb so bedeutend, weil sich die Welt nach wie vor auf einem „fossilen Wachstumspfad" mit stark steigenden CO_2-Emissionen befindet. Soll die 2 °C-Grenze eingehalten werden, muss die Trendumkehr der globalen Emissionsentwicklung aber spätestens 2020 erfolgen, denn ansonsten wären die Gesellschaften mit den später notwendigen drastischen Emissionsminderungen überfordert. Notwendig ist eine globale Energiewende, die globale Entwicklungsdynamiken mit berücksichtigt. Die weltweite Energieversorgung beruht noch zu über 80 % auf umwelt- und klimaschädlichen fossilen Energieträgern, während rund 3 Mrd. Menschen noch immer von einer existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen ausgeschlossen sind. Die Herausforderung besteht darin, diesen Menschen rasch Zugang zu modernen Energiedienstleistungen zu verschaffen und gleichzeitig die CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger weltweit stark zu reduzieren. Dies kann nur gelingen, wenn die Energieeffizienz drastisch erhöht sowie Lebensstiländerungen angestoßen werden, so dass die Energienachfrage insgesamt begrenzt wird. Die notwendige Dekarbonisierung der Energiesysteme bedeutet einen hohen Handlungsdruck nicht nur in Industrieländern, sondern auch in dynamisch wachsenden Schwellen- und Entwicklungsländern. Auch arme Entwicklungsländer müssen mittelfristig auf einen emissionsarmen Entwicklungspfad einschwenken. Das Zeitalter des auf der Nutzung fossiler Energie-

träger basierenden Wirtschaftswachstums muss beendet werden.

- Das *Transformationsfeld Urbanisierung* ist deshalb von so großer Bedeutung, weil der Urbanisierungsprozess ein großer Treiber der Energienachfrage ist. Die Expansion der Städte schafft neue langlebige Infrastrukturen, welche die Energienachfrage über lange Zeiträume beeinflussen werden. Schon heute lebt etwa die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. In Asien wird sich die urbane Bevölkerung in den kommenden zwei Jahrzehnten auf 3 Mrd. Menschen verdoppeln. Im Jahr 2050 werden voraussichtlich so viele Menschen in Städten wohnen, wie heute insgesamt auf der Erde leben. Der stattfindende Urbanisierungsschub muss also bei hoher Geschwindigkeit in eine klimaverträgliche Stadtentwicklung umgelenkt werden – und das in einer Situation, in der es weltweit keine einzige bereits funktionstüchtige klimaverträgliche Modellstadt gibt, von der gelernt werden könnte. Auch der Umbau bestehender Stadtstrukturen ist von hoher Bedeutung, benötigt viel Zeit und muss daher entschlossen angegangen werden.
- Im *Transformationsfeld Landnutzung* ist die Umwandlung natürlicher Ökosysteme (Wälder, Grasland, Feuchtgebiete) in landwirtschaftlich genutzte Flächen eine der wichtigsten Quellen für Treibhausgasemissionen. Das Hauptaugenmerk liegt daher auf dem Stopp von Waldrodung und Walddegradation, der so schnell wie möglich erreicht werden muss. Derzeit verringert sich die Waldfläche weltweit um jährlich etwa 13 Mio. ha. Um den Nahrungsbedarf einer wachsenden Weltbevölkerung zu decken, muss laut Projektion der UN-Welternährungsorganisation (FAO) die globale Nahrungsmittelproduktion bis 2050 um bis zu 70% gesteigert werden. Für die Landwirtschaft besteht die Herausforderung darin, die stark wachsende Nachfrage nach Agrargütern auf nachhaltige Weise, also auch unter Einschluss des Schutzes biologischer Vielfalt, zu decken und gleichzeitig auf der gesamten Wertschöpfungskette vom Acker bis zum Konsumenten die Emissionen zu mindern. Eine besondere Herausforderung stellen dabei die sich verändernden Ernährungsgewohnheiten in vielen Regionen der Welt zugunsten tierischer Produkte dar.

Förderliche und hemmende Faktoren

Positiv ist zu vermerken, dass bereits viele bedeutende Handlungsoptionen für nachhaltigen Fortschritt auf den drei genannten Transformationsfeldern existieren. Entsprechende Technologien sind schon in Anwendung oder werden entwickelt. Dank moderner Kommunikationstechnologien und weltweiter Wissensnetzwerke können sich klimaverträgliche Innovations- und Lernprozesse rasch verbreiten, auch in Ländern, wo dies politisch unterdrückt wird. Die politischen und ökonomischen Steuerungsinstrumente sind ebenfalls bekannt und könnten, entsprechenden öffentlichen Willen zur Gestaltung der Rahmenbedingungen vorausgesetzt, rasch auf die Dekarbonisierung zugeschnitten werden.

Die finanziellen Herausforderungen der Transformation sind signifikant, aber beherrschbar. Der globale zusätzliche Investitionsbedarf für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft im Vergleich zum „Weiter-so“ dürfte sich bis 2030 etwa in einer Größenordnung von 200 bis etwa 1.000 Mrd. US-$ pro Jahr bewegen, im Zeitraum 2030–2050 noch deutlich darüber. Diesen Investitionen stehen zeitversetzt Einsparungen in ähnlicher Größenordnung sowie die Vermeidung der immensen Kosten eines gefährlichen Klimawandels gegenüber. Mit innovativen Geschäftsmodellen und Finanzierungskonzepten lassen sich diese Aufgaben sehr wohl lösen.

Nicht zuletzt stimmt den WBGU optimistisch, dass in wachsenden Teilen der Weltbevölkerung Werthaltungen entstehen oder an Bedeutung gewinnen, die dem Schutz der natürlichen Umwelt einen zentralen Stellenwert einräumen. Die Politik sollte dies anerkennen und bei Entscheidungen zugunsten des Klimaschutzes deutlich mehr Courage zeigen.

Dieser positiven Entwicklung stehen allerdings Faktoren entgegen, die eine Transformation hemmen:

Politische, institutionelle und ökonomische Pfadabhängigkeiten, Interessenstrukturen sowie Vetospieler erschweren den Übergang zur nachhaltigen Gesellschaft. Ein Beispiel dafür sind weltweite Subventionen für fossile Energieträger. Nach verschiedenen Schätzungen lagen die weltweiten Konsumsubventionen für fossile Energien in den vergangenen Jahren in der Größenordnung von 300 bis mehr als 500 Mrd. US-$. Doch es geht nicht nur um viel Geld und die damit verbundenen Interessen der etablierten emissionsintensiven Sektoren der Wirtschaft. Das Wirtschaftsmodell der vergangenen 250 Jahre mit seinen Regelwerken, Forschungslandschaften, Ausbildungssystemen, gesellschaftlichen Leitbildern sowie Außen-, Sicherheits-, Entwicklungs-, Verkehrs-, Wirtschafts- und Innovationspolitiken war nahezu alternativlos auf die Nutzung fossiler Energieträger zugeschnitten. Dieses komplexe System muss nun grundlegend umgebaut und auf die Dekarbonisierung der Energiesysteme sowie radikale Energieeffizienzsteigerungen ausgerichtet werden. John Maynard Keynes hat eine wesentliche Herausforderung solcher Systemveränderungen prägnant beschrieben: Es ist nicht so schwer, neue Konzepte und Strategien zu entwickeln,

viel schwerer ist es, die alten Routinen und Leitbilder zu vergessen.

Die Transformation muss zudem in einem engen Zeitfenster stattfinden, was für komplexe Gesellschaften, gerade im Kontext internationaler Verhandlungssysteme, eine erhebliche Herausforderung darstellt. Zugleich müssen unsere Gesellschaften bereit sein, vorausschauend auf Grundlage der Erkenntnisse der Wissenschaft zu handeln. Dafür müssen Langfristorientierungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft tief verankert werden.

Die Urbanisierungsschübe in den Entwicklungsregionen, die zu einem erheblichen Teil auf fossil basierten Wohlstandssteigerungen in vielen Teilen der Welt gründen, stellen eine weitere enorme Herausforderung, aber auch Chance für den Transformationsprozess dar. Insbesondere in den rasant wachsenden Schwellenökonomien muss der Übergang zu klimaverträglichen Städten in sehr kurzer Zeit stattfinden. Dies stellt einerseits hohe Anforderungen an die Transformations- und Lernkapazitäten der entsprechenden Länder. Andererseits herrscht dort zumeist noch das Grundverständnis vor, dass die Erderwärmung primär von den OECD-Ländern verursacht wurde bzw. wird und vermeintlich kostspielige Klimaschutzinvestitionen daher vor allem in den alten Industriegesellschaften stattfinden müssten. Diese Sichtweise ist noch nicht durch eine Einigung über eine globale Lastenteilung aufgelöst worden. Erschwert wird die Situation dadurch, dass vor allem der Brennstoff Kohle in vielen Schwellenländern günstig zur Verfügung steht.

Die WBGU-Analyse zeigt zudem, dass die heute bestehenden Institutionen für die globale Politikgestaltung (global governance) nicht gut auf die Transformation vorbereitet sind. Dies gilt insbesondere für die drei zentralen Transformationsfelder Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Zudem gibt es derzeit keine durchsetzungsstarken Klimapionierallianzen, die den Aufbau postfossiler transnationaler Ordnungsstrukturen beschleunigen könnten.

Insgesamt lautet die Botschaft des WBGU jedoch, dass die Transformation zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft notwendig und machbar ist. Sie hat in einigen Sektoren, Regionen und Ländern bereits begonnen. Jetzt müssen wir vor allem aufhören, die Transformation zu verhindern und statt dessen Initiativen zu ihrer Beschleunigung voranbringen.

Transformationskonzept und Umsetzungsstrategie

Merkmale großer Transformationen

Der WBGU begreift den nachhaltigen weltweiten Umbau von Wirtschaft und Gesellschaft als „Große Transformation“. Auf den genannten zentralen Transformationsfeldern müssen Produktion, Konsummuster und Lebensstile so verändert werden, dass die globalen Treibhausgasemissionen im Verlauf der kommenden Dekaden auf ein absolutes Minimum sinken und klimaverträgliche Gesellschaften entstehen können. Das Ausmaß des vor uns liegenden Übergangs ist kaum zu überschätzen. Er ist hinsichtlich der Eingriffstiefe vergleichbar mit den beiden fundamentalen Transformationen der Weltgeschichte: der Neolithischen Revolution, also der Erfindung und Verbreitung von Ackerbau und Viehzucht, sowie der Industriellen Revolution, die von Karl Polanyi (1944) als „Great Transformation“ beschrieben wurde und den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft beschreibt.

Transformationsstrategie des WBGU

Die bisherigen großen Transformationen der Menschheit waren weitgehend ungesteuerte Ergebnisse evolutionären Wandels. Die historisch einmalige Herausforderung bei der nun anstehenden Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft besteht darin, *einen umfassenden Umbau aus Einsicht, Umsicht und Voraussicht voranzutreiben*. Die Transformation muss auf Grundlage wissenschaftlicher Risikoanalysen zu fortgesetzten fossilen Entwicklungspfaden nach dem Vorsorgeprinzip antizipiert werden, um den historischen Normalfall, also eine Richtungsänderung als Reaktion auf Krisen und Katastrophen, zu vermeiden. Die Suche nach entsprechenden Strategien hat in Unternehmen, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft stark an Bedeutung gewonnen.

Abbildung 1 illustriert einen möglichen Verlauf der Transformation. Um die Dekarbonisierung zu erreichen, müssen Fehlanreize beseitigt und Blockaden verringert werden. Abbildung 2 illustriert die zeitliche Dynamik der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, mögliche Pfade des Scheiterns der Transformation sowie die verschiedenen Handlungsebenen.

Europa und die ganze Welt stehen derzeit am Scheideweg. Pioniere des Wandels gibt es inzwischen in allen Bereichen der Gesellschaft; sie vertreten in vielen Ländern sogar mehrheitsfähige Positionen. Auch die deutsche Bundesregierung, die EU, die Regierun-

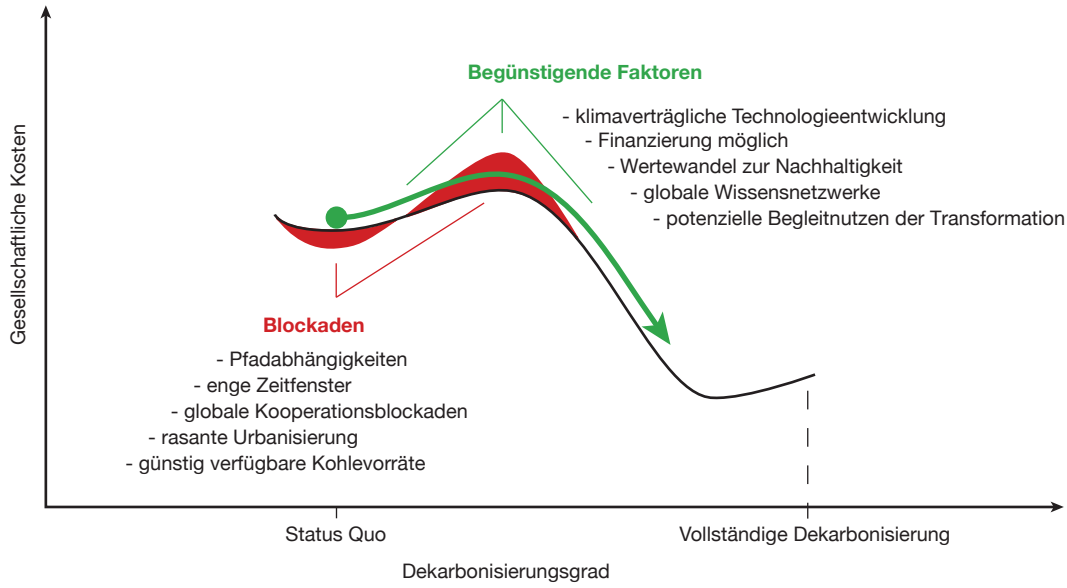


Abbildung 1
Topographie der Transformation: Um vom Status quo zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft (vollständige Dekarbonisierung) zu gelangen, sind zunächst Hürden zu überwinden, die als ein Anstieg der gesellschaftlichen Kosten dargestellt sind. Dieser Anstieg wird derzeit durch *Blockaden* (rot) verstärkt: Die gesellschaftlichen Kosten des derzeitigen Zustands stellen sich geringer dar als angemessen, etwa durch Fehlanreize wie Subventionen fossiler Energieträger oder nicht einberechnete Umweltkosten. Gleichzeitig erscheinen die erforderlichen gesellschaftlichen Kosten des Umbaus höher zu sein als sie tatsächlich sind: Zwar erfordern verschiedene blockierende Faktoren hohe Anstrengungen, etwa die kostenintensive Überwindung von Pfadabhängigkeiten. Dem stehen jedoch begünstigende Faktoren gegenüber: Viele Technologien für die Transformation sind bereits vorhanden und ihr Einsatz ist finanzierbar. Mit Hilfe der begünstigenden Faktoren können die Hürden abgesenkt und so der Weg für die Transformation geebnet werden. Sind die entscheidenden Hürden einmal genommen, ist eine große Eigendynamik in Richtung Klimaverträglichkeit zu erwarten.
Quelle: WBGU

gen der Volksrepublik China, Indiens, der USA, Südkoreas, Japans und Indonesiens treten für nachhaltige Entwicklung ein und haben dafür Strategien, Leitbilder für „grünes Wachstum“ oder Umbaupläne für ihre Energiesektoren vorgelegt. In den letzten Jahren haben sich zudem weltweit viele emissionsarme Technologien dynamisch entwickelt. Die erneuerbaren Energien sind zu einem wichtigen Wirtschafts- und Beschäftigungsfaktor geworden. Viele Städte weltweit setzen bereits klimaverträgliche Zukunftskonzepte in die Praxis um, in großen Unternehmen sind aus kleinen Abteilungen für Gesellschaftsverantwortung (Corporate Social Responsibility) vielfach „Innovationszentren für zukunftsfähige Märkte“ geworden, und in der Wissenschaft sind Forschungsverbünde entstanden, die sich mit der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft beschäftigen.

Vieles gerät also in richtige Bewegung. Dennoch ist die Gefahr sehr groß, dass die Dynamik aus Wandel und Beharrungskräften in Sackgassen mündet (Abb. 2); die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft kann auch scheitern. Beispielsweise könnte die steigende Energieeffizienz von Fahrzeugen durch ihre schneller wachsende Zahl überkompensiert werden (Rebound-Effekt). Oder Staaten könnten sich auf die Minderung ihres Treibhausgasausstoßes einigen, jedoch weit unter dem notwendigen Ambitionsniveau. Erneuerbare Energien könnten an Bedeutung gewinnen, aber die weiterhin dominanten fossilen Energieträger nur ergänzen statt sie zu ersetzen. Derart halbherzig und verlangsamt umgesetzt könnte die Transformation in eine „3-4 °C-Welt“ führen, mit entsprechenden, kaum beherrschbaren Folgen für Natur und Gesellschaft. Es kommt jetzt darauf an, die Weichen so zu stellen, dass ein solches Resultat unwahrscheinlich wird.

Aus historischen Analysen lässt sich lernen, dass „Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen“ (Osterhammel, 2009) historische Schübe und umfassende Transformationen anstoßen können. Die gesellschaftliche Dynamik für die Transformation in Richtung Klimaschutz muss also durch eine Kombination von Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen erzeugt werden:

- Sie ist wissensbasiert, beruht auf einer gemeinsamen Vision und ist vom Vorsorgeprinzip geleitet.
- Sie stützt sich stark auf Pioniere des Wandels, welche die Optionen für die Überwindung einer auf der Nutzung fossiler Ressourcen beruhenden Ökonomie testen und vorantreiben und so neue Leitbilder bzw.

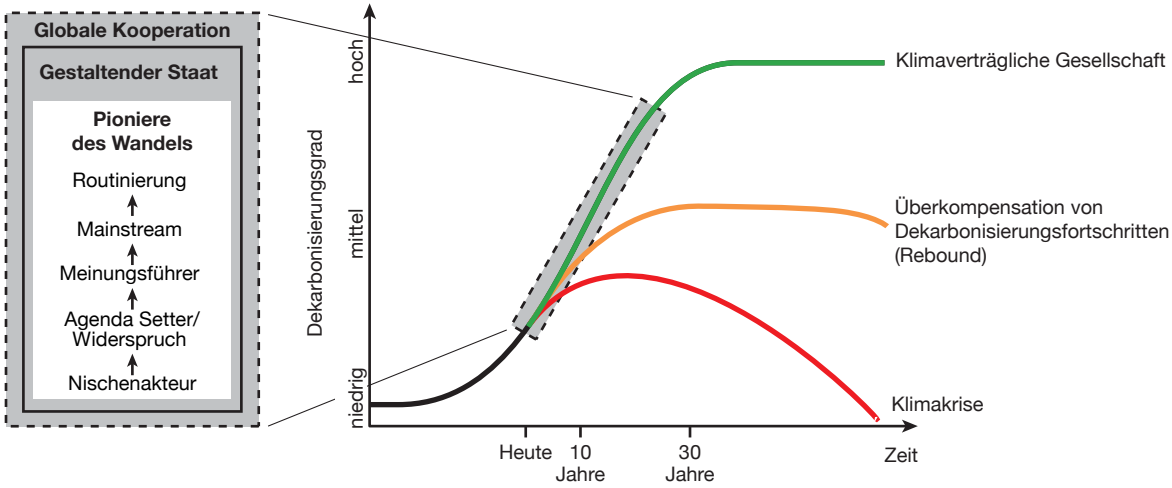


Abbildung 2
Zeitliche Dynamik und Handlungsebenen der Transformation. Ziel der Transformation ist der Übergang in eine klimaverträgliche Gesellschaft. Kernstück der Transformation ist die Dekarbonisierung der Energiesysteme. Links: Der gestaltende Staat und die Pioniere des Wandels sind die zentralen Akteure. Bei den Pionieren des Wandels geht es darum, die Nische zu verlassen und ihre Breitenwirksamkeit durch gesellschaftliche Routinierung zu erhöhen. Rechts: Für die Transformation müssen die entscheidenden Weichen innerhalb der nächsten zehn Jahre gestellt werden, damit der Umbau in den nächsten 30 Jahren gelingen kann. Der nachhaltige Pfad (grün) schafft rechtzeitig den Übergang von der fossilen zur klimaverträglichen Gesellschaft. Durch eine Überkompensation von Dekarbonisierungsfortschritten (z.B. durch Rebound-Effekte) können Klimaschutzmaßnahmen wirkungslos werden, so dass die Transformation scheitert (gelb). Werden nur schwache Anstrengungen unternommen, drohen Pfadabhängigkeiten, die zu einer globalen Klimakrise führen (rot).
Quelle: WBGU modifziert nach Grin et al., 2010

Visionen entwickeln helfen, an denen sich der gesellschaftliche Wandel orientieren kann. Die Pioniere agieren zunächst als Nischenakteure, können dann aber zunehmend Wirkungskraft entfalten und die Transformation entscheidend befördern (Abb. 2).

- Sie erfordert einen gestaltenden Staat, der dem Transformationsprozess durch entsprechende Rahmensetzung Entfaltungsmöglichkeiten in eine bestimmte Richtung eröffnet, die Weichen für den Strukturwandel stellt und die Implementierung klimaverträglicher Innovationen absichert. Der gestaltende Staat schafft den Pionieren des Wandels Freiräume und fördert sie aktiv.
- Sie setzt zudem auf die Kooperation der internationalen Staatengemeinschaft sowie auf den Aufbau von Strukturen für globale Politikgestaltung (global governance) als unerlässliche Impulsgeber für die intendierte Transformationsdynamik.

Die Dekarbonisierung der Energiesysteme ist machbar

Der wichtigste Ansatzpunkt für die Transformation zur Nachhaltigkeit ist die Reduktion der CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger. Neben der Dekarbonisierung ist das zweite große Ziel eines Umbaus der Energiesysteme, die weltweite Energiearmut zu überwinden.

Der WBGU zeigt explizit, dass eine globale Dekarbonisierung der Energiesysteme technisch und wirtschaftlich möglich ist. Die langfristigen volkswirtschaftlichen Kosten einer solchen Transformation liegen bei wenigen Prozent des weltweiten Bruttoinlandsprodukts. Für den Erfolg der Transformation ist eine stark beschleunigte Senkung der CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleistung unbedingt notwendig. Um bei einem Wirtschaftswachstum von 2–3% einen Emissionspfad einzuschlagen, bei dem bis 2050 nicht mehr als 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen emittiert werden, müsste die CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleistung in den nächsten Jahren mindestens doppelt so schnell sinken wie in der Vergangenheit.

Es gibt aber nicht nur *einen* Transformationspfad für die Energiesysteme in Richtung Klimaschutz. Der konkrete Energiepfad wird, abhängig von politischen, technologischen und kulturellen Umständen und Präferenzen sowie den geographischen Besonderheiten, zwischen Staaten und Regionen unterschiedlich verlaufen. Insbesondere die Nutzung von Kernenergie und die Bedeutung von CO_2-Abscheidung und -speicherung (CCS) könnten sich regional und national – gerade durch politische Entscheidungen – sehr unterschiedlich entwickeln. Der WBGU rät von der Kernenergienutzung ab. CCS ist dagegen eine notwendige Vermeidungsoption für Länder, die weiterhin fossile Energien

einsetzen. CCS in Verbindung mit Bioenergienutzung könnte zudem in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts eine wichtige Option darstellen, um der Atmosphäre aktiv CO_2 zu entziehen. Der WBGU konzentriert sich in seinen Empfehlungen jedoch auf Entwicklungspfade, die diesen beiden Technologien nur eine geringe Rolle zumessen. Vielmehr empfiehlt er eine Strategie, die primär auf den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien setzt, mit der mittelfristigen Perspektive der Vollversorgung. Dieses Ziel erfordert es, gleichzeitig drastische Verbesserungen der Energieeffizienz zu verfolgen.

Ein Blick auf transformative Szenarien legt aus Sicht des WBGU nahe, dass die globale Endenergienachfrage bis 2050 nicht auf mehr als 400–500 EJ pro Jahr steigen sollte; der aktuelle Wert liegt bei ca. 350 EJ pro Jahr. Ohne eine politische Richtungsänderung könnte sich die Endenergienachfrage jedoch mehr als verdoppeln. Die Verschlankung dieser Nachfrage ist daher in den Industrieländern sowie in den wirtschaftlich schnell wachsenden Schwellenländern eine entscheidende Aufgabe.

Wertewandel nutzen

Für das Gelingen einer Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist die Verbreitung entsprechender Einstellungen und Präferenzen unabdingbare Voraussetzung. Die Politik muss den angestrebten Wandel für große Mehrheiten annehmbar machen (Akzeptanz), sich Zustimmung verschaffen (Legitimation) und ihnen Teilhabe ermöglichen (Partizipation). Eine Vielzahl von Indizien, etwa die Ergebnisse des seit 1981 weltweit durchgeführten World Values Survey oder die Debatte über Alternativen zum Bruttoinlandsprodukt als Wohlfahrtsindikator, legen nahe, dass in großen Teilen der Weltbevölkerung Werthaltungen vorliegen, die dem Schutz der natürlichen Umwelt einen zentralen Stellenwert einräumen. Es gibt einen relativ breiten, kulturübergreifenden Konsens, die vorherrschende Wirtschaftsweise zu transformieren und in den nachhaltigen Umgang mit der Umwelt einzubetten. Politische Optionen, die an postmateriellen Werthaltungen und Nachhaltigkeitsorientierungen anknüpfen, stehen somit nicht im Widerspruch zu den Mehrheiten industrialisierter Gesellschaften und sind auch in Schwellenländern, die auf nachholende Entwicklung setzen, unter Meinungsführern verbreitet. Aus den genannten Gründen wird deutlich, dass die Politik bei Entscheidungen für den Klimaschutz mehr Courage zeigen kann. In der Bevölkerung ist die Bereitschaft dafür bereits viel größer als weithin vermutet.

Ein neuer globaler Gesellschaftsvertrag

Die Vorstellung vom neuen Gesellschaftsvertrag bezieht sich auf die Notwendigkeit, dass die Menschheit kollektive Verantwortung für die Vermeidung gefährlichen Klimawandels und anderer planetarischer Risiken übernimmt. Das erfordert zum einen die freiwillige Beschneidung von Optionen herkömmlichen Wirtschaftswachstums zugunsten der Sicherung von Freiheitsspielräumen der davon besonders heute schon betroffenen Teile der Menschheit und vor allem künftiger Generationen. Zum anderen erfordert die Transformation einen starken Staat, der ausbalanciert werden muss durch erweiterte Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger.

Die Idee des Gesellschaftsvertrages knüpft an Vorlagen im Naturrecht der frühen Moderne an, seine Neuauflage steht heute im Wesentlichen vor vier Herausforderungen:

1. Der nationale Territorialstaat kann aufgrund der fortschreitenden wirtschaftlichen und kulturellen Globalisierung nicht länger als alleinige Grundlage des Vertragsverhältnisses angenommen werden. Seine Bewohner müssen grenzüberschreitende Risiken und Naturgefahren sowie die legitimen Interessen Dritter, nämlich anderer Mitglieder der Weltgesellschaft, verantwortlich einbeziehen.
2. Die herkömmliche Vertragslehre ging von der Fiktion völliger Gleichheit aller Gesellschaftsmitglieder aus. Angesichts der disparaten Verteilung von Ressourcen und Fähigkeiten in der heutigen Weltgesellschaft müssen gerechte globale Ausgleichsmechanismen greifen.
3. Die natürliche Umwelt muss stärker in die Rekonstruktion des Gesellschaftsvertrages einbezogen werden.
4. Der Vertrag muss zwei wichtige neue Akteure in Rechnung stellen: die selbstorganisierte Zivilgesellschaft und die wissenschaftliche Expertengemeinschaft.

Der neue Gesellschaftsvertrag ist ein Veränderungskontrakt: Die Weltbürgerschaft stimmt Innovationserwartungen zu, die normativ an das Nachhaltigkeitspostulat gebunden sind, und gibt dafür spontane Beharrungswünsche auf. Garant dieses virtuellen Vertrages ist ein gestaltender Staat, der für die Zustimmung zu Nachhaltigkeitszielen die Bürgerschaft an den zu treffenden Entscheidungen beteiligt. Damit wird eine Kultur der Achtsamkeit (aus ökologischer Verantwortung) mit einer Kultur der Teilhabe (als demokratischer Verantwortung) sowie mit einer Kultur der Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen (Zukunftsverantwortung) verbunden. Von der Bürgergesellschaft wird keineswegs eine oberflächliche oder gar resignierte

Akzeptanz nachgefragt: Sie wird vielmehr als Mitgestalterin für das Gelingen des Transformationsprozesses anerkannt und in Bewegung gesetzt und legitimiert den Prozess dadurch. Die Idee des gestaltenden Staates ist also untrennbar verbunden mit der Anerkennung der Zivilgesellschaft und der innovativen Kräfte in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung.

Zehn Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung: Handlungsempfehlungen

Strategische Perspektiven

Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft bedeutet nichts weniger als einen Paradigmenwechsel von der fossilen zur postfossilen Gesellschaft, der als offener Suchprozess gestaltet werden muss. Zwar lassen sich konkrete Nachhaltigkeitsziele (wie die Begrenzung der anthropogenen Erderwärmung auf 2 °C oder der Stopp der weltweiten Entwaldung) benennen, aber eine genaue Beschreibung eines angestrebten Endzustandes von Wirtschaft und Gesellschaft ist nicht möglich. Zielsetzung und Richtung einer weltgesellschaftlichen Entwicklung können sich jedoch an global etablierten und weithin konsensfähigen Normen ausrichten (Menschenrechte, UN-Konventionen, Rio-Deklaration, Millenniumsentwicklungsziele usw.). Breite Anerkennung findet vor allem der Imperativ, wie er auch von Hans Jonas vertreten wird, dass aktuelle Handlungen keine irreparablen Schäden für kommende Generationen verursachen sollen, ihnen also nicht schlechtere, sondern nach Möglichkeit sogar bessere Existenzbedingungen zu bieten sind.

Die globale Perspektive gebietet ferner, dass bei allen Unterschieden und kulturellen Eigenheiten die Entwicklungschancen innerhalb der Weltgesellschaft nicht zu weit auseinander klaffen sollten. Aus dem in der Rio-Deklaration und der Klimarahmenkonvention festgelegten Prinzip der gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten ergibt sich, dass Entwicklungsländern zunächst mehr Spielraum bei der Transformation zugestanden wird als Schwellen- oder Industrieländern. Innerhalb dieses Rahmens sind Strategien vielfältig gestaltbar. Abhängig von den spezifischen Bedingungen der einzelnen Länder sollte jeder Sektor und jede Gesellschaft einen eigenen Transformationspfad entwickeln und beschreiten. Hierfür sieht der WBGU zwei idealtypische Optionen:

1. *Polyzentrische Strategie:* Die laufenden Umbaubemühungen in den verschiedenen Sektoren und auf den verschiedenen Ebenen werden gebündelt und deutlich verstärkt. Diese Strategie ist nach Überzeugung des WBGU in absehbarer Zeit und mit vorhandenen Mitteln umsetzbar und mithin realistisch. Maßnahmen, die jeweils für sich geringe transformative Wirkung entfalten, können durch kluge Mischung und geschickte Kombination deutlich größere Effekte erzielen als die einfache Summierung erwarten lässt und sie können unerwartete Dynamiken erzeugen. Insgesamt kann ein gesellschaftlicher Kipppunkt erreicht werden, jenseits dessen die Widerstände gegen die Transformation deutlich abnehmen, der notwendige politische Wille wächst und es zu einer erheblichen Beschleunigung kommt.
2. *Fokussierte Strategie:* Hier geht es um eine Konzentration auf wenige große Weichenstellungen, die eine hohe transformative Wirkung ausüben können – aber gegenwärtig vielen Akteuren noch unrealistisch erscheinen, weil sie gegen machtvolle Beharrungskräfte durchgesetzt werden müssten. Einige dieser großen Weichenstellungen sind jedoch erforderlich, um die notwendige Größenordnung und Beschleunigung der Transformation zu einer klimaverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft zu erreichen.

Die polyzentrische und die fokussierte Transformationsstrategie zielen jedoch beide auf eine „Große Transformation“ ab und unterscheiden sich somit von der inkrementellen Politik des kurzfristigen Krisenmanagements und der stets aufschiebenden Kompromissfindung.

Der WBGU plädiert in diesem Gutachten für eine intelligente Verbindung beider Strategien: Er gibt konkrete Empfehlungen für die Verstärkung der laufenden Klimaschutzbemühungen in den drei zentralen Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Je mehr kleinskalige Maßnahmen greifen und je mehr Pioniere des Wandels aktiv werden, sich vernetzen und beginnen, Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen im Sinne der Transformation anzustoßen, desto eher werden Entscheidungsträger ermutigt, auch vermeintlich unpopuläre, große Weichenstellungen anzupacken. In einem derart dynamischen gesellschaftlichen Umfeld können Maßnahmen, die heute noch als unrealistisch gelten, morgen durchaus umsetzbar sein. Der WBGU stuft deshalb seine Empfehlungen nach ihrem Ambitionsniveau, also nach ihrer transformativen Wirkung *und* politischen Machbarkeit ein. Dies eröffnet die Möglichkeit, explizit auch große Weichenstellungen zu empfehlen, die aus heutiger Sicht noch unrealistisch erscheinen mögen, perspektivisch jedoch unerlässlich sein dürften.

Konkrete Handlungsoptionen: Zehn transformative Maßnahmenbündel

Größenordnung und Geschwindigkeit der derzeitigen Transformationsbemühungen sind bei weitem nicht ausreichend, wenn gefährlicher Klimawandel und das Abgleiten in eine unumkehrbar nicht nachhaltige Weltentwicklung vermieden werden sollen. Der Kipppunkt bezüglich einer zukunftsfähigen globalen Werterhaltung und Wertschöpfung ist noch längst nicht erreicht. Der WBGU skizziert daher im folgenden zehn Maßnahmenbündel mit großer transformativer Wirkung, um den Übergang zur Nachhaltigkeit zu beschleunigen und in die Breite zu tragen.

Bündel 1: Den gestaltenden Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten ausbauen

Zentrales Element in einem Gesellschaftsvertrag für die Transformation ist der gestaltende Staat mit erweiterter Partizipation im Mehrebenensystem globaler Kooperation. Er vermittelt zwei Aspekte, die häufig getrennt oder konträr gedacht werden: einerseits die Stärkung des Staates, der aktiv Prioritäten setzt und diese (etwa mit Bonus-Malus-Lösungen) deutlich macht, und andererseits verbesserte Mitsprache-, Mitbestimmungs- und Mitwirkungsmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger. Oft wird der starke (Öko-)Staat als Autonomiebeschränkung der „Menschen auf der Straße" gedacht, während zugleich die Einmischung eben dieser Bevölkerung („Wutbürger") als Störung der politisch-administrativen Rationalität und Routinen beargwöhnt wird. Voraussetzung einer erfolgreichen Transformationspolitik ist aber die simultane Stärkung des Staates und der Bürgerschaft unter dem Dach nachhaltiger Politikziele.

Der gestaltende Staat steht fest in der Tradition der liberalen und rechtsstaatlichen Demokratie, entwickelt diese aber im Sinne der Zukunftsfähigkeit demokratischer Gemeinwesen und freier Bürgergesellschaften weiter und berücksichtigt die Grenzen, innerhalb derer sich Wirtschaft und Gesellschaft auf einem endlichen Planeten entfalten können. Während Klimaschutz oft als Einschränkung und Verzichtszumutung aufgefasst wird, steht gestaltende und aktivierende Staatlichkeit unter der ausdrücklichen Zielsetzung, Freiheitsspielräume und Handlungsoptionen auch künftiger Generationen zu bewahren und nach Möglichkeit zu erweitern.

Der WBGU empfiehlt, diese Ziele auf vier miteinander zusammenhängenden Ebenen zu verfolgen: materiell-rechtlich durch Festlegung von Klimaschutzzielen in einem Klimaschutzgesetz, verfassungsrechtlich durch eine entsprechende Staatszielbestimmung Klimaschutz, prozedural durch erweiterte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten der Bürger und Nichtregierungsorganisationen und institutionell durch ein klimapolitisches Mainstreaming der Staatsorganisation (etwa durch Bildung eines Umwelt-, Klima- und Energieministeriums).

Das Ambitionsniveau und somit die transformative Wirkung dieser Elemente steigt durch Kombination und entsprechende inhaltliche Ausgestaltung der folgenden Elemente: Als zentrale Maßnahme schlägt der WBGU ein Klimaschutzgesetz mit – an den WBGU-Budgetansatz angelehnten – ambitionierten Minderungszielen bis 2050 (Bündel 9) vor. Als weitere wichtige Gesetzesmaßnahme sollte eine umfassende, obligatorische Klimaverträglichkeitsprüfung für Gesetzesvorhaben institutionalisiert werden. Im Unterschied zu bestehenden Planungs- und Genehmigungsverfahren sollte die Öffentlichkeit über die für den Klimaschutz und für die Energiewende wesentlichen Vorhaben zum frühest möglichen Zeitpunkt informiert und aktiv in den Planungs- und Zulassungsprozess einbezogen werden. Rechtsbehelfe in Form überindividueller Verbandsklagen sollten, zusätzlich zu den bestehenden Rechtsschutzmöglichkeiten, zur gerichtlichen Überprüfung der getroffenen Entscheidungen eröffnet werden. Die Einsetzung von Ombudsleuten mit Beschwerde- und Kontrollrechten sowie iterative entscheidungsnahe Deliberationsverfahren unter geeigneter Einbeziehung wissenschaftlichen Sachverstandes und der Laienexpertise komplettieren nach Ansicht des WBGU das prozedurale System klimaschutzrelevanter Entscheidungen durch die Verwaltung und den Gesetzgeber.

Die Verwaltungen auf Bundes-, Landes- sowie kommunaler Ebene sollten ein klimapolitisches Mainstreaming durchlaufen. Sämtliche soeben aufgeführten Maßnahmen materiell-rechtlicher, verfahrensrechtlicher und institutioneller Natur (erweiterte Partizipation, klimapolitisches Mainstreaming, Klimaschutzgesetz, Klimaverträglichkeitsprüfung, erweiterte Rechtschutzmöglichkeiten) sind Ausdruck und Konkretisierung des Staatsziels Klimaschutz, das Legislative, Exekutive und Judikative zum Handeln verpflichtet.

Sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht geraten nationale Politiken an ihre Grenzen. In der Diskussion ist daher, wie die (vermuteten) Interessen künftiger Generationen bei gegenwärtigen Wahlen und Abstimmungen berücksichtigt und wie Personen außerhalb der nationalen Staatsverbände im Sinne transnationaler Demokratie einbezogen werden könnten. Um Zukunftsinteressen institutionell zu verankern, empfiehlt der WBGU zu erproben, das parlamentarische Gesetzgebungsverfahren um eine deliberative „Zukunftskammer" zu erweitern. Um interessens- und

parteipolitische Einmischung zu vermeiden, könnte die Zusammensetzung dieser Kammer beispielsweise durch Losverfahren ermittelt werden.

Staatlichkeit übersteigt gerade im Klima-, Energie- und Umweltbereich nationale Grenzen und Souveränitäten; auch hier sollten supra- und transnational institutionelle Neuerungen stattfinden. Ein ausbaufähiges Vorbild ist nach Meinung des WBGU das Institutionengeflecht der Europäischen Union, die nicht zuletzt über eine gemeinsame bürgernahe Klima-, Umwelt- und Energiepolitik Impulse für die Vertiefung der Integration erhält (Bündel 3). Zwar verfügt sie nicht über einen zentralen Klimaschutzrechtsakt, allerdings hat sie materielle Zielfestlegungen im Bereich der erneuerbaren Energien, der Energieeffizienz sowie zum Klimaschutz getroffen. Eine weitere Harmonisierung ist im Bereich der Energiepolitik erforderlich. Prozedural verpflichtet die EU ihre Mitgliedstaaten zu Information, Beteiligung und Eröffnung von Rechtsschutz gegenüber ihren Bürgerinnen und Bürgern in Umweltangelegenheiten. Ein klimapolitisches Mainstreaming deutet sich in der neu etablierten Generaldirektion Energie an, wobei diese bislang allerdings noch nicht hinreichend auf eine transformative Energiepolitik verpflichtet ist. Verfassungsrechtlich ist der Klimaschutz im Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union verankert; er könnte freilich noch als explizites Ziel festgeschrieben werden.

Auf der internationalen Ebene müssten für die Transformation zentrale Arenen globalen Regierens für Energie, Urbanisierung und Landnutzung aufgebaut werden (Bündel 10). Modellhaft für die Aktivierung der Weltgesellschaft ist die bisher auf Europa beschränkte Aarhus-Konvention, welche die Vertragsstaaten verpflichtet, die Bürgerschaft über umweltrelevante Vorhaben zu informieren und den Bürgerinnen und Bürgern Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten eröffnet.

Bündel 2: CO_2-Bepreisung global voranbringen

Nach Auffassung des WBGU ist die Bepreisung von CO_2 die wichtigste politische Maßnahme für die Dekarbonisierung und notwendiger Bestandteil eines regulatorischen Rahmens für die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. Dabei muss der CO_2-Preis hinreichend hoch sein, um die erforderliche transformative Wirkung auszuüben, d.h. er muss ein Mehrfaches über dem jetzigen Preisniveau des europäischen Emissionshandels liegen. Das Preissignal kann entweder durch eine Steuer oder eine Mengenbegrenzung mit Emissionshandel erzeugt werden. Sofern die institutionellen Möglichkeiten gegeben sind und die Stringenz sichergestellt werden kann, hält der WBGU die Mengenbegrenzung mit Emissionshandel für das zielgenauere Instrument. Der WBGU empfiehlt folgende Schritte mit jeweils ansteigendem Ambitionsniveau:

- *Europäisches Emissionshandelssystem (EU ETS) weiterentwickeln und G20-Vereinbarung zu CO_2-Bepreisung treffen (niedriges Ambitionsniveau):* Das EU ETS sollte fortgeführt, administrativ vereinfacht und mit ambitionierten Emissionsobergrenzen ausgestattet werden. Das EU-weite Ziel zur Emissionsreduktion sollte auf mindestens 30% für das Jahr 2020 gegenüber 1990 erhöht werden, nicht zuletzt, um die Glaubwürdigkeit der EU in der internationalen Klimapolitik wiederzuerlangen. Auch für bisher nicht erfasste diffuse Emissionsquellen wie den Verkehr sollte ein CO_2-Preis eingeführt werden. Gleichzeitig sollte die EU sich in der G20 dafür einsetzen, dass alle G20-Staaten Politiken einführen, die zu einem CO_2-Preis führen.
- *Verknüpfung von Emissionshandelssystemen anstreben (mittleres Ambitionsniveau):* Parallel dazu sollte das sogenannte „Linking" (Verknüpfen) bestehender Emissionshandelssysteme vorangetrieben werden. Je mehr Länder am Linking beteiligt sind, desto größer sind die Chancen, dass andere Länder sich ebenfalls am Emissionshandel beteiligen. Auch sektorale Ansätze für Länder, die keine nationalen Emissionsbegrenzungen eingeführt haben, sollten berücksichtigt werden. In den Ländern, in denen mangelnde institutionelle Kapazitäten den Einsatz von Emissionshandelsmechanismen zunächst in Frage stellen, ist die Einführung von CO_2-Steuern sinnvoll.
- *Einen möglichst globalen Emissionshandel mit gemeinsamen Emissionsgrenzen etablieren (hohes Ambitionsniveau):* Die rasche und umfassende Einbindung der großen Hochemissionsländer in einen globalen Emissionshandel würde das Erreichen signifikanter globaler Emissionsminderungen sicherstellen. Um ein Preissignal für Investitionen und Konsum zu setzen, sollte der Emissionshandel auf der Unternehmensebene angesiedelt sein. Ein solcher Emissionshandel erfordert ein hohes Maß an internationaler Kooperation und muss daher auf fairen Verteilungsprinzipien beruhen, beispielsweise wie im Budget-Ansatz des WBGU (2009b) vorgeschlagen.

Bündel 3: Europäisierung der Energiepolitik ausweiten und vertiefen

Ziel einer gemeinsamen europäischen Energiepolitik sollte die Dekarbonisierung der Energiesysteme

bis Mitte des Jahrhunderts sein. Dafür empfiehlt der WBGU eine konsequente Förderung erneuerbarer Energien, den koordinierten, raschen Ausbau der Netzinfrastruktur, des Netzzugangs und der Speichermöglichkeiten sowie eine konsequente EU-Energieaußen- und -entwicklungspolitik zur Einbindung von Anrainerstaaten, wie z. B. Norwegen oder den Ländern Nordafrikas. Eine derartige europäische Energiepolitik hätte eine enorme Symbolwirkung und würde die politische Kraft Europas zum gemeinsamen Handeln in zentralen Zukunftsfeldern unterstreichen, die Wettbewerbsfähigkeit der Union stärken und Ausstrahlungskraft auf die Weltwirtschaft entfalten. Der WBGU empfiehlt folgende drei Schritte, jeweils mit ansteigendem Ambitionsniveau:

- *Stärkung der Zielsetzung Klimaschutz und Fortschreibung der bestehenden energiepolitischen Maßnahmen (niedriges Ambitionsniveau):* Damit die Dekarbonisierung in sämtlichen Politikbereichen der EU umfassend berücksichtigt wird, sollte Klimaschutz verfassungsrechtlich durch explizite Benennung als Zielsetzung der EU gestärkt werden. Über die Zielfestlegungen bis 2020 der Erneuerbare-Energien-Richtlinie hinaus sollten ambitionierte Zielfestlegungen bis 2050 erfolgen: Klimaschutzziele müssen weiterentwickelt und verpflichtende Energieeffizienzziele vereinbart werden. Die finanzielle Förderung erneuerbarer Energieträger sollte europaweit besser abgestimmt und langfristig harmonisiert werden (Bündel 4). Flankiert werden sollten diese materiellen Vorgaben prozedural durch Kontrollmöglichkeiten, wie etwa einer zu etablierenden europäischen Verbandsklage.
- *Verwirklichung des Energiebinnenmarktes (mittleres Ambitionsniveau):* Zur Schaffung einer kontinentweiten nachhaltigen Energieversorgung empfiehlt der WBGU, die Verwirklichung des einheitlichen europäischen Energiebinnenmarktes zur Stärkung erneuerbarer Energien zu forcieren. Über unabhängige Netzbetreiber soll der freie Netzzugang gesichert werden. Freier Zugang und grenzüberschreitende Netze sind erforderlich, um die erneuerbaren Energien effizient in das bestehende Netz einzubeziehen und die Versorgungssicherheit zu garantieren. Nur so kann sich ein gemeinsamer europäischer Markt für Strom und Gas mit einheitlichen Preisen entwickeln.
- *Europaweite unionsbasierte Energiestrategie (hohes Ambitionsniveau):* Die EU sollte ihre kontinentweiten erneuerbaren Energiepotenziale bündeln und angesichts unterschiedlicher geographischer und wirtschaftlicher Bedingungen für die Produktion und Speicherung erneuerbarer Energien deren kosteneffizienten Ausbau vorantreiben. Dies erfordert neben der Harmonisierung der Förderung eine gemeinsame Planung des Energieinfrastrukturausbaus (Netze) einschließlich der Sicherstellung der hierfür erforderlichen Investitionen. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, sich für die erweiterte Gesetzgebungskompetenz der EU zur Festlegung und Umsetzung einer europäischen Energiestrategie, die die Wahl der jeweiligen Energieträger und den Aus- und Umbau grenzüberschreitender Infrastruktur umfasst, einzusetzen, um die Dekarbonisierung des EU-weiten Energiesystems bis 2050 vor allem auf Basis erneuerbarer Energien zu erreichen.

  Prozedural ist eine Arbeitsteilung zwischen EU und Mitgliedstaaten zu empfehlen: Die EU gibt den rechtlichen Rahmen für den Energiemix und den Um- und Ausbau für Infrastrukturvorhaben vor. Die konkrete rechtliche Ausgestaltung und auch die Durchführung der Planungs- und Zulassungsverfahren für die Infrastrukturvorhaben sollte den Mitgliedstaaten obliegen.

Bündel 4: Ausbau erneuerbarer Energien durch Einspeisevergütungen international beschleunigen

Nur mit einem raschen und verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien können die für den Klimaschutz erforderliche Transformationsgeschwindigkeit erreicht und drohende Pfadabhängigkeiten fossiler Energietechnologien vermieden werden. Der WBGU empfiehlt daher der Bundesregierung, sich sowohl auf Ebene der EU als auch im globalen Rahmen für die weitere Verbreitung des Instruments der Einspeisevergütungen einzusetzen. Die wichtigste begleitende Maßnahme, die erst die Voraussetzungen für einen so beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien schafft, ist der Infrastrukturausbau, allen voran die Schaffung leistungsfähiger Übertragungsnetze und Speicher. Gleichzeitig sollten Subventionen für fossile Energieträger abgebaut werden, die derzeit um das Mehrfache höher sind als die Subventionen für erneuerbare Energieträger. Dieses Verhältnis muss rasch umgekehrt werden.

- *EU-Einspeisevergütungen schrittweise harmonisieren: Zunächst* sollte in der EU eine verbindliche Übereinkunft zur Einführung von Einspeisevergütungen in allen Mitgliedstaaten und zur schrittweisen Angleichung der nationalen Einspeisetarife angestrebt werden. Eine vollständige Harmonisierung lässt sich jedoch nicht unmittelbar umsetzen, da die Transportkapazitäten der elektrischen Netze in Europa noch bei weitem nicht ausreichen, um eine Beschränkung des Ausbaus erneuerbarer Energien

auf optimale Standorte zu erlauben. Eine harmonisierte, EU-weite Einspeisevergütung ist nach der Installation dieser Netze sinnvoll und sollte bereits heute vorbereitet werden. Erneuerbare Energien sollten auch europaweit Vorrang bei der Einspeisung in die Netze genießen. Die Vergütungshöhe sollte im Lauf der Zeit einer Degression unterliegen, die sich ändernde Marktbedingungen berücksichtigt und an die kumulative installierte Leistung der jeweiligen Technologie gekoppelt ist. Es sollten frühzeitig Optionen geprüft werden, inwieweit auch Nordafrika in ein solches System europäischer Einspeisetarife eingebunden werden könnte.

- *Weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen voranbringen:* Deutschland sollte als Vorreiter im Bereich der Einspeisevergütungen und auf Basis der dadurch gewonnenen Erfahrungen den Wissenstransfer zur geeigneten Ausgestaltung dieser Systeme verstärken. Dazu sollte die International Feed-in Cooperation (IFIC) finanziell und personell weiter ausgebaut und zu einem international nachgefragten Kompetenzzentrum weiterentwickelt werden. Die Bundesregierung sollte darüber hinaus eine Initiative zur globalen Verbreitung von Einspeisevergütungen anstoßen. Der Startschuss dazu könnte im Jahr 2012 auf der UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung (UNCSD, Rio+20-Konferenz) fallen. Dieses Jahr hat die UN Generalversammlung zum „Internationalen Jahr für nachhaltige Energie für alle Menschen" erklärt. Im Rahmen dieser Initiative sollten bilaterale Partnerschaften zwischen Industrie- und Entwicklungsländern angeregt werden, die Kapazitätsaufbau und finanzielle Unterstützung beinhalten. Zudem sollte ein internationaler Finanzierungsmechanismus eingerichtet werden, aus dem Systeme für Einspeisevergütungen in Entwicklungsländern (ko-)finanziert werden könnten. Auch die Finanzierung des Ausbaus der erforderlichen Infrastruktur wie Netze und Speicher sollte hier mit bedacht werden. Die Internationale Organisation für erneuerbare Energien (IRENA) könnte als Sekretariat und Koordinationsplattform der Initiative fungieren. Die Initiativen und Systeme zur Förderung von Einspeisevergütungen sollten bis etwa Mitte des Jahrhunderts auslaufen, da die erneuerbaren Energieträger bis dahin voraussichtlich auch ohne Subventionierung wettbewerbsfähig sein werden.

Bündel 5: Nachhaltige Energiedienstleistungen in Entwicklungs- und Schwellenländern fördern

Soll die 2 °C-Leitplanke eingehalten werden, gibt es nur noch geringe Spielräume für treibhausgasintensive Entwicklungspfade von Entwicklungs- und Schwellenländern. Diese Länder brauchen Unterstützung, um allen Menschen bis 2030 Zugang zur existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen zu verschaffen und um den Aufbau einer nachhaltigen Energieinfrastruktur zu ermöglichen (AGECC, 2010). Gelingt dies nicht, drohen Pfadabhängigkeiten in emissionsintensive, fossil basierte Energiesysteme, die über Jahrzehnte nur schwer und kostenintensiv zu überwinden wären. Der WBGU empfiehlt die folgenden Schritte mit jeweils steigendem Ambitionsniveau:

- *Konzepte und Strategien anpassen (niedriges Ambitionsniveau):* Das Ziel der Überwindung von Energiearmut sollte stärker in allen entwicklungspolitischen Planungsprozessen verankert werden. Außerdem empfiehlt der WBGU, dass die Weltbank eine anspruchsvolle Strategie für die Transformation zur Klimaverträglichkeit entwickelt, die sich an den Erfordernissen der 2 °C-Grenze messen lassen kann. Bei der Umsetzung einer globalen Dekarbonisierungsstrategie und für den Aufbau klimaverträglicher Energieinfrastruktur sollte auch die Rolle der regionalen Entwicklungsbanken gestärkt werden. Die Entwicklungszusammenarbeit sollte auf dieser Grundlage konkrete energiepolitische Ziele setzen.
- *Moderne ländliche Energienutzung ausbauen (mittleres Ambitionsniveau):* Die vermehrte Nutzung bestehender Technologien kann schnell und kostengünstig die Lebensqualität vieler hundert Millionen Menschen deutlich verbessern. Effizienzverbesserungen bei der Nutzung von Bioenergie sowie der Umstieg auf Strom und Gas sind wesentlich für die Überwindung der Energiearmut. Über die Armutsreduzierung hinaus sollte sich die europäische Entwicklungszusammenarbeit systematisch am Ziel eines klimaverträglichen Wachstums orientieren. Insbesondere in den armen Entwicklungsländern in Afrika südlich der Sahara und in Südasien sollte sie zum Aufbau klimaverträglicher Infrastrukturen beitragen und damit auch in diesen Ländern klimaverträgliches Wachstum fördern.
- *Umsetzung in großem Maßstab rasch angehen und beschleunigen (hohes Ambitionsniveau):* Die EU sollte den Entwicklungs- und Schwellenländern strategische „Dekarbonisierungspartnerschaften" zum Aufbau klimaverträglicher Energiesysteme anbieten, die weit über die bestehenden EU-Klimakooperationen hinausgehen. Der WBGU empfiehlt, bestehende Modellprojekte in großem Stil rasch auszugestalten und die Voraussetzungen der Vergrößerung, Beschleunigung und Multiplikation weiterer Modellprojekte zu verbessern. Konkret sollte die Afrika-EU-Energiepartnerschaft deutlich ausgebaut und Desertec perspektivisch nach Süden ausgeweitet

werden. Die G20 sollte hierfür im Rahmen der Rio+20-Konferenz ein deutliches Signal setzen.

Bündel 6: Rasante Urbanisierung nachhaltig gestalten

Städte besitzen eine Schlüsselfunktion im Transformationsprozess, nicht zuletzt, weil etwa drei Viertel der globalen Endenergie in urbanen Räumen genutzt werden – mit steigender Tendenz. Für die derzeit z. B. in Asien rasant wachsenden urbanen Strukturen müssen emissionsintensive Pfadabhängigkeiten verhindert werden, die eine klimaverträgliche Entwicklung über viele Jahrzehnte hinweg blockieren würden. Das Thema klimaverträgliche Urbanisierung sollte daher so hoch wie möglich auf die Agenda der internationalen Politik gesetzt werden. Die folgenden Empfehlungen sind wichtig, aber kaum ausreichend, um dieser Herausforderung gerecht zu werden. Der WBGU empfiehlt die folgenden Schritte mit jeweils steigendem Ambitionsniveau:

- *Globale Kommunikation und Information verbessern (niedriges Ambitionsniveau):* Zunächst sollte durch die Erarbeitung regelmäßiger Sachstandsberichte über globale Urbanisierungstrends das wissenschaftliche und methodische Fundament gelegt werden. Es sollten überprüfbare Methoden und harmonisierte Darstellungen der Treibhausgasintensität von Städten entwickelt werden, die alle relevanten Akteure und Sektoren umfassen und direkte wie indirekte Emissionen berücksichtigen. Darauf aufbauend sollte UN-Habitat aufgewertet, in seiner normensetzenden Rolle gestärkt, personell deutlich aufgestockt und zu einem Zentrum für Fragen nachhaltiger Stadtentwicklung weiterentwickelt werden.
- *Technologien und Planung für klimaverträgliche Städte entwickeln und einsetzen (mittleres Ambitionsniveau):* Technologien und Formen erneuerbarer Energienutzung, die für den Einsatz in urbanen Räumen besonders geeignet sind, sollten mit speziellen Programmen (z. B. der UN, der Weltbank oder bilateraler staatlicher Zusammenarbeit) im Rahmen eines „Notfallplans nachhaltige Urbanisierung" besonders gefördert werden. Deutschland sollte sich verstärkt in der internationalen Technologiekooperation engagieren. Zudem sollten sich die bestehenden Initiativen, Städtebünde, Städtepartnerschaften und Akteursbündnisse besser vernetzen. Die Anpassung an die unvermeidlichen Auswirkungen des Klimawandels sollte dabei eine der Prioritäten bilden. Nachhaltige Stadt- und Raumplanung sind zentrale, bislang vernachlässigte Handlungsfelder für die Transformation und sollten in der Entwicklungszusammenarbeit und in den Programmen der Entwicklungsbanken deutlich gestärkt werden (globale Ausbildungsinitiative, Kapazitätsaufbau). Nach dem Vorbild der Weltstaudammkommission sollte zudem eine Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung gegründet werden. Auf diesem Ambitionsniveau empfiehlt der WBGU die Gründung einer ambitioniert mandatierten Sonderorganisation für nachhaltige Urbanisierung, in der UN-Habitat aufginge (Bündel 10).
- *Leuchtturmprojekte und Initiativen in großem Maßstab initiieren (hohes Ambitionsniveau):* Die Weltbank sollte die Umsetzung ambitionierter Klimaschutzstrategien zum Thema „klimaneutrale Megastadt" fördern, um Investitionen im zweistelligen Milliardenbereich zu ermöglichen. Der WBGU empfiehlt zudem, dass sich Deutschland für eine gebündelte europäische Initiative stark macht, die zur Förderung klimaverträglicher Urbanisierung in Asien Initiativen mit Signalwirkung entwickelt. Auch in Europa und in Deutschland sollten Modellregionen sowie Experimentierfelder für Pioniere des Wandels geschaffen werden, um ambitionierte neue klimaverträgliche Stadt- und Mobilitätskonzepte zu erproben, z. B. innerhalb des Berliner S-Bahn-Rings oder im Rahmen der Internationalen Bauausstellung 2020.

Bündel 7: Klimaverträgliche Landnutzung voranbringen

Priorität global nachhaltiger Landnutzungspolitik muss die Sicherung der Ernährung für die knapp eine Milliarde mangel- und unterernährter Menschen sein. Zudem wird die Nachfrage nach Agrargütern aufgrund des zunehmenden Anteils tierischer Produkte sowie wegen der Steigerung der Biomasseproduktion für Energie und Industrie steigen. Gleichzeitig wird die Konkurrenz um knappe Flächen durch Bodendegradation, Wassermangel und zunehmende Klimawirkungen verschärft. Die notwendige Senkung der Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung kommt als zusätzliche Herausforderung hinzu. Aus diesen Gründen wird die Transformation der globalen Landnutzung zu einer zentralen Zukunftsaufgabe.

- *Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung einsetzen* (mittleres Ambitionsniveau): Landnutzung muss auf der internationalen politischen Agenda eine erheblich höhere Priorität bekommen und institutionell besser verankert werden. Der WBGU bekräftigt seine Empfehlung, dazu eine neue Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung einzurichten, mit einer umfassenden Zuständigkeit für integ-

rierte Landnutzung, die weit über Fragen von Landwirtschaft oder Ernährungssicherung hinausgehen müsste (WBGU, 2009a). Sie sollte u. a. folgende Aufgaben erfüllen: Feststellung des wissenschaftlichen Sachstands zur globalen Landnutzung, Zielsetzung und Initiativen für klimaverträgliche Ernährung, Erarbeitung eines Mindeststandards für alle Produkte aus Biomasse sowie Prüfung von Optionen für ein globales Flächenmanagement.

Etwa ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen sind direkte Emissionen der Landwirtschaft sowie aus Landnutzungsänderungen. Diese Emissionen lassen sich mindern, aber Landnutzungssysteme können nicht völlig emissionsfrei werden, schon allein wegen des aus der Stickstoffdüngung resultierenden Lachgases. Ohne einen wesentlichen Beitrag der Landnutzung kann die Klimastabilisierung nicht gelingen. Daher sollte die Minderung von Treibhausgasemissionen zu einem weiteren Kernbestandteil neuer Strategien eines globalen, integrierten Landnutzungsmanagements werden. Die wichtigsten Ansatzpunkte dafür sind die Waldwirtschaft, die landwirtschaftliche Produktion sowie die Ernährungsweisen. Innerhalb dieser drei Punkte sind die Ambitionsniveaus der Empfehlungen jeweils angegeben:

- *Stopp der Entwaldung und Übergang zur nachhaltigen Waldwirtschaft:* Ein zentrales Ziel der klimaverträglichen Landnutzung ist der Stopp von Waldrodungen sowie zerstörerischer Waldnutzung. Die REDD-plus Interim Partnerschaft als wichtige internationale Dialogplattform sollte dazu genutzt werden, die Anwendung ökologischer und sozialer Mindeststandards voranzubringen (niedriges Ambitionsniveau). Zudem erneuert der WBGU seine Empfehlung, die Zusammenarbeit im Waldbereich mit den großen relevanten „Waldländern" zu strategischen Allianzen auszubauen (WBGU, 2010), um die technischen und administrativen Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Waldwirtschaft und von REDD-plus-Projekten gemeinsam zu entwickeln und zu erproben (mittleres Ambitionsniveau). Hierbei sollten Schutz und Renaturierung der (häufig bewaldeten) Moore besondere Aufmerksamkeit genießen. Die multilateralen Verhandlungen zu einem REDD-plus-Regime unter dem Dach der UNFCCC sollten mit Nachdruck vorangetrieben werden, um den globalen Rahmen für einen rechtlich verbindlichen Mechanismus zu schaffen und die nötige langfristige Planungssicherheit zu geben (mittleres Ambitionsniveau).
- *Klimaverträgliche Landwirtschaft fördern:* Die globale Landwirtschaft muss den absehbaren, erheblich ansteigenden Bedarf nach Nahrungsmitteln, Bioenergie und stofflich genutzter Biomasse auf nachhaltige Weise decken und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen deutlich senken. Die Entwicklungspolitik sollte diese Herausforderung annehmen und Investitionen und Anreizstrukturen in Richtung nachhaltiger, klimaverträglicher Intensivierung der Landwirtschaft stärker fördern. Ziel sollte auch sein, die Verluste von Agrargütern nach der Ernte bis Mitte des Jahrhunderts zu halbieren. Ebenso sollte zeitnah ein internationaler Konsens zu einem Mindeststandard für nachhaltige Bioenergieproduktion entwickelt werden (mittleres Ambitionsniveau; WBGU, 2009a). Nicht zuletzt betont der WBGU erneut die große Bedeutung einer raschen und weitergehenden Liberalisierung des Weltagrarhandels im Rahmen der Welthandelsorganisation (WTO). Die Agrarsubventionen in der EU wie in den anderen OECD-Ländern sollten kurzfristig weiter reduziert sowie der Marktzugang für Entwicklungsländer verbessert werden. Hierdurch ausgelöste negative Wirkungen für arme Entwicklungsländer sollten durch internationale finanzielle Unterstützung ausgeglichen werden (hohes Ambitionsniveau).
- *Klimaverträgliche Ernährungsweisen fördern:* Neben der Verschwendung von Nahrungsmitteln in Haushalten sollten vor allem sich verändernde Ernährungsgewohnheiten zugunsten tierischer Produkte verstärkt kritisch betrachtet werden. Die Viehwirtschaft beansprucht insgesamt bereits etwa drei Viertel der landwirtschaftlichen Flächen und gilt neben der Bevölkerungsentwicklung als dynamischster Faktor in der Landnutzung. Daher hätten Erfolge bei entsprechender Lenkung der Nachfrage eine erhebliche transformative Wirkung und damit ein hohes Ambitionsniveau. Als rasch umzusetzende Maßnahmen empfiehlt der WBGU vermehrte Aufklärungsarbeit in Kombination mit der Kennzeichnung von Umweltwirkungen auf der Verpackung. Kantinen der öffentlichen Hand sollten als Vorbild ein bis zwei fleischfreie Tage pro Woche einlegen. Die EU-Subventionen zur Stützung der Tierproduktion sollten rasch abgebaut werden. Wegen der großen Hebelwirkung dieser Effekte ist zu prüfen, ob im Rahmen einer Steuerreform die Emissionsintensität der Lebensmittel als Kriterium für Besteuerung von Agrarprodukten herangezogen werden soll.

Bündel 8: Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft unterstützen und beschleunigen

Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft erfordert erhebliche zusätzliche Investitionen in nachhaltige Energie- und Landnutzungssysteme (mehrere hundert Mrd. US-$ pro Jahr). Daher muss das Ziel

staatlicher Politik sein, Investitionen in klimaverträgliche Technologien attraktiver zu machen und bestehende Fehlanreize und Investitionsbarrieren abzubauen. Die Ambitionsniveaus der Empfehlungen in den folgenden vier Bereichen hängen vom Entwicklungsniveau der jeweiligen Länder (Industrie-, Schwellen- bzw. Entwicklungsland) sowie von der Stringenz der politischen Umsetzung ab und werden daher nicht explizit zugeordnet:

- *Stabile Rahmenbedingungen für klimaverträgliche Investitionen schaffen:* Die wichtigste Voraussetzung für Investitionen in klimaverträgliche Technologien und Infrastruktur sind langfristige, stabile klima- und energiepolitische Rahmenbedingungen mit ambitionierten Zielen, etwa im Rahmen eines Klimaschutzgesetzes bzw. einer Dekarbonisierungsstrategie. Neben der Bepreisung von CO_2-Emissionen und dem Abbau von Subventionen für fossile Energieträger (Bündel 2) sollten technologiespezifische Förderungen gewährt und verbindliche Effizienzstandards für Gebäude, Fahrzeuge und energieverbrauchende Produkte eingeführt oder verstärkt werden. Steuerliche Anreize, etwa zugunsten nachhaltiger Investitionen und Finanzanlagen, sollten für eine Übergangszeit hinzukommen.
- *Neue Finanzierungsquellen auf Staatenebene erschließen:* Eine ambitionierte CO_2-Bepreisung und Subventionsabbau sind wichtige Finanzierungsquellen für die Transformation. Für Entwicklungs- und Schwellenländer sind darüber hinaus Finanztransfers im Rahmen der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) relevant. Dazu sollte der Green Climate Fund umgehend in einen verbindlichen Mechanismus überführt werden, dessen Mittel als nicht rückzahlbare Zuschüsse vergeben werden. Durch den Fonds sollten Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungs- und Schwellenländern gefördert werden, die strategisch in Fahrpläne zur klimaverträglichen Entwicklung eingebunden sind. Auch die Ausstattungen der bestehenden multilateralen Fonds für Vermeidungsprojekte in Entwicklungsländern sollten erhöht werden. Die von den Industrieländern ab 2020 in Aussicht gestellten Mittel für Vermeidung, Anpassung, Technologietransfer und Kapazitätsaufbau sollten zusätzlich zu den Mitteln der Entwicklungszusammenarbeit sein und 100 Mrd. US-$ pro Jahr übersteigen. Eine Besteuerung des internationalen Luft- und Schiffsverkehrs und die Einführung einer Steuer auf internationale Finanztransaktionen können weitere Finanzmittel generieren. Perspektivisch kann ein globales Emissionshandelssystem (Bündel 2) ein internationales Finanzierungsinstrument für die Transformation werden.
- *Mechanismen zur Unterstützung privater Investitionen stärken:* Der Großteil der Investitionen muss von privaten Akteuren finanziert werden. Für viele Länder ist davon auszugehen, dass wegen historisch tiefer Nettoinvestitionen bei durchaus hohen Gewinnen private Finanzmittel in nennenswertem Umfang zur Verfügung stehen; für Deutschland liegen belastbare empirische Angaben dazu vor. Diese Finanzmittel sollten durch geeignete Rahmenbedingungen und staatliche Maßnahmen zur Erhöhung der Investitionsrenditen (z. B. zinsgünstige Kredite) und zur Senkung der Risiken (z. B. Kreditgarantien) in großem Umfang aktiviert werden. Für die nationale Ebene bzw. für die EU spricht sich der WBGU für die Einrichtung nationaler Green Investment Banks aus, um bestehende Fördermaßnahmen zu bündeln. Die Green Investment Banks sollten für institutionelle Investoren (z. B. Pensionskassen und Versicherer) mit langfristigem Anlagehorizont attraktiv gestaltet sein. Zur Stärkung der Risiko- und Beteiligungskapitalmärkte könnten die steuerlichen Bedingungen verbessert oder unter dem Dach der Green Investment Banks neue Venture Capital Fonds eingerichtet werden. Die Entwicklungsbanken sollten ihre reguläre Kreditvergabe im Bereich der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz sowie durch den gemeinsam getragenen Climate Investment Fund ausweiten, nicht zuletzt um dadurch über Hebeleffekte zusätzliche private Investitionsströme zu generieren. Bestehende Ansätze in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit zur Mikrofinanzierung zugunsten dezentraler Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen sollten verstärkt werden. Der WBGU empfiehlt, den Clean Development Mechanism (CDM) zukünftig auf die am wenigsten entwickelten Länder zu beschränken, den Entwicklungsaspekt zu stärken sowie den CDM um programmbasierte und sektorale Maßnahmen zu erweitern.
- *Neue Geschäftsmodelle fördern:* Belastungen einzelner Investoren durch hohe Anfangsinvestitionen können auf mehrere Schultern verteilt werden, wenn klassische Käufer-Verkäufer-Modelle in Geschäftsmodelle mit neuen Finanzierungs- und Eigentümerstrukturen überführt werden. So können den Kunden in verschiedenen Bereichen (u. a. Mobilität, Wohnen, Produktion, Konsum) kombinierte Sach- und Dienstleistungspakete anstelle von reinen Sachleistungen angeboten werden. Car-Sharing und Energie-Contracting durch sogenannte Energy Service Companies sind Beispiele dafür. Auch genossenschaftliche Modelle eignen sich zur Finanzierung größerer Investitionen. Für eine große Transformationswirkung müssen solche neuen Geschäftsmodelle

aus ihrer Nische heraustreten und sich auf breiter Basis durchsetzen.

Bündel 9: Internationale Klima- und Energiepolitik

Aufgrund der Langlebigkeit von Infrastrukturen für Energieerzeugung, Verkehr und Produktion müssen für deren Um- und Ausbau bereits jetzt weltweit die Weichen in Richtung Klimaschutz gestellt werden. Da der überwiegende Teil des Zubaus an Energieinfrastruktur in Entwicklungs- und Schwellenländern erwartet wird, kann ein auf wohlhabendere Länder begrenzter Klimaschutz das Problem nicht lösen. Daher müssen über globale Kooperation die notwendigen Investitionen für eine klimaverträgliche Entwicklung auch in ärmeren Ländern ermöglicht sowie die Klimaschutztechnologien und entsprechendes Know-How in allen Ländern verfügbar gemacht werden. Die internationale Klima- und Energiepolitik ist das Forum, um ein globales Einvernehmen über Ziele und Ambition der Transformation zu erzielen. Auch für Verhandlungen über einen globalen Gerechtigkeitsausgleich ist die UN-Ebene alternativlos. Operative Ziele wie die Verbreitung von Wissen und Technologien zum Klimaschutz können zwar teilweise auf subglobaler Ebene vorangetrieben werden, eine Stärkung und Institutionalisierung der fragmentierten internationalen Energiepolitik sowie ihre Verknüpfung mit der Klimapolitik sollten aber systematisch verfolgt werden, um den technologischen Wandel zu beschleunigen.

Internationale Klimapolitik

Anspruch und Wirklichkeit der internationalen Klimapolitik klaffen zunehmend auseinander. In den Beschlüssen der Klimakonferenz von Cancún wird die Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung gegenüber dem vorindustriellen Niveau unterhalb von 2 °C als langfristiges Ziel anerkannt, dringender Handlungsbedarf identifiziert und ein Überprüfungsprozess initiiert. Ein effektives Regime mit international bindenden Verpflichtungen zur Emissionsbegrenzung scheint dagegen in weite Ferne gerückt. Der Klimaschutz ist derzeit auf freiwillige Ankündigungen der Staaten zur Emissionsbegrenzung angewiesen. Diese Angebote reichen zusammengenommen derzeit nicht aus, um die 2 °C-Leitplanke einzuhalten. Der WBGU empfiehlt zur internationalen Klimapolitik folgende Schritte, mit jeweils ansteigendem Ambitionsniveau:

- *Anspruchsvolle unilaterale Angebote im Rahmen eines Pledge-and-Review-Verfahrens (niedriges Ambitionsniveau):* Als absolutes Minimum sollten die von den Staaten angebotenen Emissionsbegrenzungen im Rahmen des Pledge-and-Review-Verfahrens (freiwillige, international überprüfte Klimaschutzmaßnahmen und Zahlungen) auf ein Niveau gehoben werden, das mit der Einhaltung der 2 °C-Leitplanke kompatibel ist. Der WBGU empfiehlt, die entsprechenden Minderungen von Deutschland und der EU grob am vom WBGU (2009b) vorgeschlagenen Budgetansatz auszurichten. Um die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke zu ermöglichen, sollten im Jahr 2020 global nicht mehr als 44 Gt CO_2eq an Treibhausgasen emittiert werden. Deutschland müsste, abgeleitet aus seinem Anteil an der Weltbevölkerung, seine Emissionen im Jahr 2020 gegenüber 1990 um 56 % senken. Es könnte diese Anforderung durch eine Kombination aus eigenen Emissionsminderungen und ergänzenden Finanztransfers erfüllen. Beispielsweise könnten Emissionsminderungen von 40 % im Inland sowie zum kleinen Teil über Offsets bzw. CDM erfolgen sowie ergänzende Finanz- und Technologietransferleistungen in Höhe von mindestens 4–8 Mrd. € jährlich, die in anderen Ländern zusätzlich Minderungen von jährlich 0,2 Gt CO_2eq erlauben. Für die EU ergibt sich eine Minderungsverantwortung von 40 %, die umgesetzt werden könnte durch Minderungen von 30 % innerhalb der Region, zuzüglich eines jährlichen Finanz- und Technologietransfers im Gegenwert von 11–22 Mrd. € für Minderungsmaßnahmen in anderen Ländern. Diese Summen schließen den Finanz- und Technologietransfer für Anpassung sowie die Kompensation für Klimaschäden nicht ein. Um das Globalziel nicht zu gefährden, müssten im Gegenzug die Länder mit noch niedrigen Emissionen, die sich aber auf einem dynamischen Wachstumspfad befinden, bereits bis 2020 Entwicklungspfade mit deutlich geringeren Emissionen anstreben als sich aus einer gleichen Pro-Kopf-Verteilung des Gesamtbudgets ergeben würden. Dies sollte durch die genannten Finanz- und Technologietransfers der Hochemissionsländer unterstützt werden. Dabei sollten sich die in den Ländern physisch durchgeführten Emissionsminderungen grundsätzlich an den Minderungspotenzialen ausrichten. Die Entwicklung von entsprechenden Dekarbonisierungsfahrplänen sollte Bedingung für den Zugang zum Green Climate Fund sein. Der in Cancún vereinbarte Technologiemechanismus bietet einen sehr guten Ansatzpunkt für eine globale Offensive zur Verbreitung klimaverträglicher Technologien und sollte schnellstmöglich operationalisiert werden. Dabei sollten alle genannten Aspekte internationalen Technologietransfers berücksichtigt werden. Parallel dazu sollten sich Deutschland und die EU an der

Ausarbeitung des unverzichtbaren längerfristigen globalen Emissionsziels aktiv beteiligen

- *Vorreiterkoalitionen für verbindlichen Klimaschutz (mittleres Ambitionsniveau):* Viele Staaten sind bereit, über ein Pledge-and-Review-Verfahren hinauszugehen. Die EU sollte dazu beitragen, über Koalitionen sowohl im Rahmen des UN-Verhandlungsprozesses als auch außerhalb ambitioniertere Teilabkommen zum Klimaschutz zu erreichen. Derartige subglobale Allianzen könnten z. B. beim Waldschutz, beim Aufbau klimaverträglicher Infrastruktur oder bei der Etablierung von Emissionshandelssystemen eine wichtige Rolle spielen. Die EU sollte über diese Allianzen hinaus aber auch verstärkt Koalitionen für ein verbindliches Abkommen im Rahmen der UNFCCC suchen. Neben der unkonditionierten Verschärfung der eigenen Minderungsziele sollte die EU auch ein deutliches Bekenntnis für eine Weiterführung und Weiterentwicklung des Kioto-Protokolls abgeben.
- *Umfassendes international bindendes Klimaschutzregime (hohes Ambitionsniveau):* Fluchtpunkt der internationalen Klimapolitik sollte ein umfassendes, bindendes Abkommen zur globalen Emissionsbegrenzung sein. Mit dem Budgetansatz hat der WBGU (2009b) Elemente eines solchen Abkommens skizziert: Ein mit der 2 °C-Leitplanke kompatibles maximales globales Emissionsbudget für CO_2 aus fossilen Quellen wird gemäß einer gleichen Pro-Kopf-Aufteilung auf die Länder verteilt. Die Staaten sollten sich verpflichten, international überprüfbare Dekarbonisierungsfahrpläne vorzulegen, die den geplanten nationalen Emissionspfad bis 2050 darlegen. Für CO_2 aus nicht fossilen Quellen sowie für andere Treibhausgase hält der WBGU separate Regelungen für zielführender. So schlägt der WBGU seit vielen Jahren ein separates völkerrechtliches Abkommen zum Schutz terrestrischer Kohlenstoffspeicher vor (WBGU, 2003). Dabei sollte der Stopp der Entwaldung in Entwicklungsländern Priorität genießen (Bündel 7). Die Minderung der fluorierten Treibhausgase könnte in einer Sondervereinbarung nach dem Vorbild des Montreal-Protokolls einfacher und schneller bewirkt werden (WBGU, 2009b). Für die bislang ungeregelten kurzlebigen klimawirksamen Stoffe wie Rußpartikel und ozonbildende Gase könnten gesonderte Vereinbarungen mit Bezug zu nationalen Luftreinhaltemaßnahmen getroffen werden.

Internationale Energiepolitik

Die wichtigsten Ziele der globalen Transformation der Energienutzung in Richtung Klimaverträglichkeit sind (1) die Begrenzung der Endenergienachfrage bei gleichzeitiger Gewährleistung des Zugangs zu modernen, nachhaltigen Energiedienstleistungen für alle Menschen, (2) die Dekarbonisierung der Energieversorgung sowie (3) die Einführung neuer klimaverträglicher Technologien im Verkehrssektor, in der Gebäudetechnologie und in der Industrie. Ein wichtiger Ansatzpunkt für entsprechende internationale Energie- und Technologiepolitik ist die Normen- und Standardsetzung. Internationale Kooperation kann darüber hinaus die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die Transformation beschleunigen. Schließlich spielt Kooperation eine wichtige Rolle bei der Beseitigung von Hemmnissen für eine globale Diffusion von Technologien für eine klimaverträgliche Entwicklung. Derzeit mangelt es an den rechtlichen und institutionellen Grundlagen einer effektiven internationalen Energiepolitik zur Transformation. Der WBGU schlägt vor, bestehende Organisationen zu nutzen, um eine globale nachhaltige Energie-Governance schrittweise zu etablieren und empfiehlt die folgenden Schritte mit jeweils ansteigendem Ambitionsniveau:

- *IEA öffnen, IRENA konsolidieren und stärken (niedriges Ambitionsniveau):* Mit der Internationalen Energieorganisation (IEA) gibt es eine einflussreiche internationale Energieinstitution. Deren Mitgliedschaft, Rolle und energiepolitische Zielsetzung in Richtung einer nachhaltigen Energiepolitik waren jedoch bisher begrenzt. Die inhaltliche Ausrichtung der IEA in Richtung nachhaltiger Energienutzung und -systeme sollte verstärkt, Methoden transparenter gemacht und die Öffnung für nicht der OECD angehörende Länder beschleunigt werden. Die 2009 neu gegründete Internationale Organisation für erneuerbare Energien (IRENA) kann zukünftig eine wichtige Aufgabe als Interessensvertretung zur Verbreitung erneuerbarer Energien und entsprechender Industrien in allen Ländergruppen erfüllen. Der WBGU empfiehlt, ihren Aufbau weiter engagiert zu unterstützen. Die IRENA sollte künftig weltweit eine hohe Bedeutung in Energiefragen zukommen, um auf Augenhöhe und in Kooperation mit bestehenden Organisationen und der Zivilgesellschaft den Ausbau der erneuerbaren Energien voranzubringen.
- *Nachhaltige Energiepolitik im UN-System stärken und UN-Energy aufwerten (mittleres Ambitionsniveau):* Die Verbindung von Energiepolitik und entwicklungspolitischen Zielen wurde auf globaler Ebene lange vernachlässigt. Der WBGU spricht sich daher dafür aus, UN-Energy zu einem UN-Programm aufzuwerten. Das von der UN-Vollversammlung für 2012 beschlossene „Internationale Jahr für nachhaltige Energie für alle Menschen“ sollte genutzt werden, um den Zugang aller Menschen zu modernen

Energiedienstleistungen bis 2030 als zusätzliches Millenniumsentwicklungsziel zu vereinbaren.

- *IRENA zur zentralen Organisation im Bereich globaler nachhaltiger Energiepolitik aufbauen (hohes Ambitionsniveau):* Das Mandat der IRENA sollte dahingehend erweitert werden, dass es die Gesamtheit der Energiesysteme und klimaverträglichen Energieoptionen inklusive Fragen der Systemintegration und Energieeffizienz auf der Nachfrageseite umfasst. Schrittweise könnte die IRENA dann in Richtung einer Internationalen Organisation für nachhaltige Energie (WBGU, 2003) weiterentwickelt werden. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass die IRENA langfristig zu einer der zentralen Organisationen der Energiepolitik wird, die in der Lage ist, die globale Transformation der Energiesysteme effektiv voranzutreiben.
- *G20 als Motor einer nachhaltigen globalen Energie- und Klimapolitik nutzen (hohes Ambitionsniveau):* Angesichts der Dringlichkeit der globalen Energiewende muss erheblich mehr politische Handlungsbereitschaft und Führungskraft mobilisiert werden. Der G20 kommt als Allianz der wirtschaftlich und politisch führenden Industrie- und Schwellenländer, die zusammen ca. 80 % des globalen Treibhausgasausstoßes verursachen, eine herausragende Rolle zu. Die Bundesregierung sollte sich dafür stark machen, dass die G20 offensiv eine nachhaltige energiepolitische Agenda vorantreibt und die institutionellen Grundlagen für eine effektive globale Kooperation schafft.

Bündel 10: Internationale Kooperationsrevolution anstreben

Die Welt braucht zwingend ein höheres Maß an internationaler Kooperation, wenn eine dauerhaft klima- und umweltverträgliche globale Entwicklung ermöglicht werden sollen. Auf dieser Grundlage empfiehlt der WBGU:

1. Die Chance der Rio+20-Konferenz sollte genutzt werden, um die Weichen der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik in Richtung verbesserter Kooperation und Klimaverträglichkeit zu stellen.
2. Die Konferenz sollte somit den Weg für eine umfassende kooperative Global-Governance-Architektur bereiten, ohne die eine weltweite Transformation zur Nachhaltigkeit nicht gelingen kann.

Internationale Umwelt- und Entwicklungspolitik im Kontext der Rio+20-Konferenz

Die für 2012 einberufene UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung (Rio+20-Konferenz) bietet eine hervorragende Gelegenheit zur Weiterentwicklung der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik. Vor dem Hintergrund der beiden für die Konferenz benannten Schwerpunktthemen „Green Economy in the Context of Sustainable Development and Poverty Eradication“ und „Institutional Framework for Sustainable Development“ erwartet der WBGU zumindest die Verabschiedung einer übergreifenden „Green Economy Roadmap“ und signifikante einschneidende institutionelle Reformen im Rahmen der Vereinten Nationen.

- *Green Economy Roadmap und institutionelle Reformen (niedriges Ambitionsniveau):* Mit dem 2011 von UNEP vorgestellten „Green Economy Report“ verfügt die Staatengemeinschaft in Rio über eine angemessene und zeitgerechte Beratungs- und Entscheidungsgrundlage für verbindliche Beschlüsse. Der WBGU empfiehlt, in Rio eine verbindliche „UN Green Economy Roadmap“ mit spezifischen inhaltlichen wie zeitlichen Zielvorgaben zu beschließen, die bis 2030 im Rahmen nationaler Green-Economy-Strategien mit überprüfbaren Indikatoren umzusetzen ist. Dabei sollten auf Klimaverträglichkeit orientierte, quantifizierbare Ziele und Unterziele, wie sie sich im Kontext der Millenniumsentwicklungsziele (MDG) bewährt haben, für den Umbau der Energiesysteme sowie Fragen der Stadtentwicklung und der nachhaltigen Landnutzung im Vordergrund stehen. Flankierend sollten Armutsbekämpfungsstrategien und speziell die weitere Umsetzung der MDG so mit der übergeordneten Green Economy Roadmaps verzahnt werden, dass sie explizit an den Erfordernissen der Transformation ausgerichtet werden können. Die Sicherung des Zugangs zu modernen Energieformen für alle Menschen sowie eine verbesserte Ernährungssicherheit durch nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft bieten hierfür zentrale Ansatzpunkte. Die multilateralen Akteure der Entwicklungspolitik sollten ihre operativen Strategien fortan kohärent an diesen Zielsystemen der Armutsreduzierung und der klimaverträglichen Entwicklung orientieren.

  Die Umsetzung der UN Green Economy Roadmap sollte zudem durch überfällige institutionelle Reformen unterstützt werden. Der WBGU erneuert seine Empfehlung, das UNEP politisch aufzuwerten und zu einer Umweltsonderorganisation auszubauen, wobei die entwicklungspolitische Dimension internationaler Umweltpolitik besonders zu berücksichtigen ist. Die Rio+20-Konferenz bietet die Gelegenheit, auch grundsätzlichere Reformen der entwick-

lungspolitischen Architektur der Vereinten Nationen vorzubereiten.

- *Grundlegende Reform der multilateralen Umwelt- und Entwicklungspolitik (mittleres Ambitionsniveau):* Das ambitioniertere Ergebnis der Konferenz wäre eine umfassende Umgestaltung der multilateralen Umwelt- und Entwicklungsarchitektur im Sinne der Transformation. Bundesregierung und EU sollten im Kontext der Rio+20- Konferenz einen Prozess anstoßen, der den zügigen Umbau der großen operativen internationalen Entwicklungsagenturen (wie Weltbank, Regionalbanken, UNDP, UNIDO) zu Pionieren des Wandels für die klimaverträgliche Transformation ansteuert. Der WBGU orientiert sich dabei an den 2006 vorgelegten Reformempfehlungen der „Hochrangigen Gruppe über systemweite Kohärenz" und empfiehlt zudem, diese explizit an den Erfordernissen der Green Economy Roadmap sowie einer umwelt- und klimaverträglichen Entwicklungspolitik auszurichten.
  Systemweite Kohärenz im Sinne der Transformation verlangt darüber hinaus, die großen Governance-Lücken in den zentralen Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung auch auf internationaler Ebene zu schließen (Bündel 6, 7 und 9) sowie transformationshemmende und kostenträchtige Parallelstrukturen abzubauen. Die Rio+20-Konferenz sollte die einschlägigen multilateralen Organisationen beauftragen, konkrete Umstrukturierungspläne zu erarbeiten und den Mitgliedstaaten bis 2014 zur Entscheidung vorzulegen. Handlungsleitender Maßstab sollte dabei die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke der internationalen Klimapolitik sein. Neue Organisationen wären nur dann zu schaffen, wenn der notwendige globale Regelungsbedarf in den drei Transformationsfeldern absehbar nicht durch die Reorganisation bereits bestehender Strukturen zu erreichen wäre.
- *Vereinte Nationen 2.0 (hohes Ambitionsniveau):* Gemessen an den dargestellten Herausforderungen der Transformation spricht aus Sicht des WBGU vieles für einen noch sehr viel radikaleren Ansatz, der über die gegebene Organisation der Vereinten Nationen hinausreichen und diese grundlegend neu ordnen würde. Dies erscheint derzeit politisch nicht darstellbar, da hierfür eine von Einsicht in globale Notwendigkeiten geleitete politische Führerschaft etwa im Weltsicherheitsrat sowie von weiteren Industrie- und Schwellenländern vorausgesetzt wäre. Wäre dies der Fall, sollte eine Reform an den Grundlagen der UN-Charta ansetzen und auf eine runderneuerte Organisation der Vereinten Nationen hinwirken. Deren Zweck wäre es, die Berücksichtigung der planetarischen Leitplanken durchgängig zu einem handlungsleitenden Motiv der UN zu erheben, dessen universelle Verfolgung Umwelt- und Klimaschutz ebenso gewährt wie Frieden, Sicherheit und Entwicklung.
  Die Rio+20-Konferenz sollte sich zumindest zu einer derartigen Vision bekennen und einen zwischenstaatlichen Beratungsprozess anstoßen, der auf eine substanzielle Ergänzung der UN-Charta zielt. Die Erarbeitung einer „Charta für nachhaltige Entwicklung", in der gemeinsame Verantwortlichkeiten und Pflichten der Staaten und der (Welt-)Bürger für den Schutz des Erdsystems kodifiziert würden, wäre ein wesentlicher Schritt zu einem globalen Gesellschaftsvertrag. Auf dieser Grundlage ließen sich zeitgemäße Reformen der Vereinten Nationen – etwa die Schaffung eines dem Sicherheitsrat ebenbürtigen und die Staatenwelt des 21. Jahrhunderts reflektierenden UN-Rates für Nachhaltige Entwicklung – ableiten, die dem normativen Bedarf nach einer globalen Wir-Identität formal Ausdruck verleihen würden.

Umfassende Global-Governance-Architektur für die Transformation

Ein generell hohes Niveau an internationaler Kooperation, globaler Koordination und politischer Gestaltung ist zentrale Erfolgsbedingung für die Transformation. Ohne umfassende, langfristig orientierte und auf eine gerechte Weltordnung zielende internationale Ordnungspolitiken wird die notwendige Trendumkehr der globalen Entwicklungsdynamik daher nicht zu erreichen sein. Der WBGU skizziert nachfolgend mit steigendem Ambitionsniveau drei Schritte auf dem Weg zu der erforderlichen globalen „Kooperationsrevolution":

- *Wiederbelebter Multilateralismus (niedriges Ambitionsniveau):* Die fehlende Kooperation in zentralen Fragen des globalen Umwelt- und Klimawandels führt zwangsläufig zur Zuspitzung der dadurch berührten Verteilungs- und Interessenkonflikte. Um dies zu vermeiden, müssen die Schlüsselakteure der Weltpolitik kurzfristig zu einem neuen Modus internationaler Diplomatie finden. Dazu ist nach Ansicht des WBGU die G20 grundsätzlich geeignet, da sie nicht nur eine hohe klimapolitische Verantwortung trägt, sondern auch über entsprechend große Transformationspotenziale verfügt. Der WBGU empfiehlt daher, im Rahmen der G20 oder einer vergleichbaren subglobalen Konstellation auf einen globalen Transformationsfahrplan hinzuwirken. Maßstab für die konkreten Beschlüsse eines solchen Plans sollte mindestens das Krisenmanagement der G20 im Kontext der globalen Finanzkrise sein. Die Interessen kleiner und armer Entwicklungsländer müssen dabei glaubwürdig berücksichtigt werden, um sukzessive

die gesamte internationale Staatengemeinschaft für die Transformation mobilisieren zu können. Bundesregierung und EU sollten durch glaubhafte Führerschaft gleichermaßen auf ein hohes Ambitionsniveau in der Sache und ein verbindliches und vermittelndes Auftreten gegenüber den übrigen Staaten hinwirken. Die G20 könnte dann sogar zum Motor einer zeitgemäßen Modernisierung des gesamten UN-Systems werden.

- *Transformative globale Infrastrukturentwicklung (mittleres Ambitionsniveau):* Im Zentrum der Transformation stehen drei grundlegende „Infrastrukturen" nationaler Ökonomien und der Weltwirtschaft: die Energiesysteme, urbane Räume und Landnutzungssysteme. Die Einhaltung der 2°C-Grenze ist nur möglich, wenn bis 2020 in diesen drei Transformationsfeldern die Weichen in eine klimaverträgliche Richtung gestellt werden. In allen drei Feldern fehlen aber problemgerechte Global-Governance-Mechanismen, um globale und nationale Transformationsziele aufeinander abzustimmen, entsprechende Transformationskorridore zu entwickeln und Indikatoren sowie geeignete Anreizsysteme zu bestimmen.

  Der WBGU empfiehlt dahingehend leistungsfähige internationale Organisationen entweder entsprechend zu mandatieren oder neu einzurichten und mit angemessenen Ressourcen auszustatten. Einen wichtigen Bezugspunkt bietet die UNFCCC, insbesondere über die dort verhandelten Emissionsbegrenzungen. Die darüber hinaus vereinbarten Mechanismen, etwa zum Technologietransfer oder zum Waldschutz, sollten rasch entwickelt und umgesetzt werden (Bündel 7 und 9). Im Transformationsfeld Energie sollte die Bundesregierung darauf hinwirken, das Zielsystem der IEA in Richtung nachhaltige Energiepolitik zu verschieben und die Organisation für Entwicklungsländer zu öffnen, IRENA als Motor der internationalen Verbreitung regenerativer Energien zu stärken und die Rolle von UN-Energy aufzuwerten (Bündel 9). Hinsichtlich der Urbanisierung (Bündel 6) und der globalen Landnutzung (Bündel 7) empfiehlt der WBGU zunächst die Einrichtung einer Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung sowie einer Globalen Kommission zur nachhaltigen Landnutzung. Auf den Ergebnissen der Weltkommissionen aufbauend sollte die FAO ein geeignetes Instrumentarium entwickeln, um nationale und globale Landnutzungspfade klimaverträglich auszurichten. Aufgrund der Bedeutung der rasanten Urbanisierung für den Klimaschutz und dem nicht angemessen aufgestellten UN-Habitat-Programm empfiehlt der WBGU auf diesem Ambitionsniveau zudem den Aufbau einer ambitioniert mandatierten Sonderorganisation für nachhaltige Urbanisierung (Bündel 6).
- *Gerechte neue Weltordnung (hohes Ambitionsniveau):* Stoßrichtung einer neuen Global-Governance-Architektur muss letztlich im Sinne des globalen Gesellschaftsvertrages zur Nachhaltigkeit die Schaffung einer gerechten neuen Weltordnung sein. Ihre Institutionen müssen die internationale Staatengemeinschaft noch in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts in die Lage versetzen, die komplexen Interdependenzen der Weltgesellschaft im Rahmen der planetarischen Grenzen zu verstehen sowie ebenso rechtzeitig wie angemessen darauf reagieren zu können. Dieser anspruchsvolle Prozess ist vergleichbar mit der Einbettung der Dynamiken der Märkte durch Rechtsstaaten, Demokratien und Wohlfahrtsstaaten während der letzten großen Transformation zur Industriegesellschaft, die überhaupt erst zu Stabilisierung und Akzeptanz der neuen Gesellschaftsformation führte.

  Politisch erfordert dies die historisch ungekannte Überwindung tradierter Souveränitätsvorstellungen und rein machtgeleiteter Weltpolitik zu Gunsten der dauerhaften Bereitstellung globaler Allgemeingüter. Dazu müssen tragfähige Strategien und Konzepte erarbeitet werden, die eine nachhaltige globale Entwicklung in grenzüberschreitenden demokratischen Strukturen verankern, Antworten auf die globalen Gerechtigkeits- und Verteilungsfragen des 21. Jahrhunderts formulieren und dabei nicht zuletzt weltweit Legitimität für sich beanspruchen können. Das bedeutet konkret akademische Suchprozesse etwa von Global-Governance-Theoretikern, Völkerrechtlern, Kosmopoliten, Transnationalisten und Gerechtigkeitsphilosophen zur Formulierung legitimer und umsetzbarer Normen, Regeln und Verfahren, die insgesamt einen ideellen globalen Gesellschaftsvertrag begründen könnten. Dies käme einem zivilisatorischen Quantensprung gleich, vergleichbar etwa mit dem Übergang von Feudalsystemen zu Rechtsstaat und Demokratie. In Analogie zur universellen Deklaration der Menschenrechte sollte jedoch grundsätzlich auch ein universeller Konsens bezüglich der Überlebensfähigkeit der menschlichen Zivilisation in den naturgegebenen Grenzen des Planeten Erde erreichbar sein. Dies setzt notwendigerweise eine weitreichende „globale Aufklärung" voraus, die darauf zielen muss, kooperatives Verhalten zu fördern und die Ausbildung entsprechender weltgesellschaftlicher Normen und Diskurse voranzutreiben. Der WBGU plädiert dafür, die bevorstehende Rio+20-Konferenz als historische Chance für einen solchen Aufklärungsprozess zu nutzen. Eine diesem Anspruch entsprechende Gipfeldeklaration

könnte fortan als Referenzrahmen und Bezugspunkt im Dienste globaler Aufklärung dienen und helfen, einen langfristig wirksamen Paradigmenwechsel anzustoßen.

Synthese von Maßnahmen

Angesichts der anstehenden Herausforderung sollte die Politik mehrere heute noch als visionär erscheinende Schritte mit dem höchsten Ambitionsniveau vorbereiten. Eine Klimapolitik etwa, die sich im Kern auf Maßnahmen des untersten Ambitionsniveaus konzentriert, wird die 2 °C-Grenze kaum einhalten können. Letztlich werden viele anspruchsvolle Maßnahmen erforderlich sein, um das Gelingen der Transformation zu ermöglichen.

Zudem ist eine geschickte Komposition von Maßnahmenbündeln erforderlich. Die Kombinationsmöglichkeiten stellen ein Kontinuum dar, das sich über unterschiedliche Handlungsebenen erstreckt: Am einen Ende stehen polyzentrische Transformationsansätze mit unterschiedlichen Ambitionsniveaus und zunächst begrenzter geographischer oder sektoraler Reichweite, die darauf setzen, durch „Häufigkeitsverdichtungen" eine unumkehrbare Gesamtdynamik zu erzeugen. Am anderen Ende stehen Strategien, die auf die höchsten Ambitionsniveaus ausgerichtet sind und letztlich auf die Schaffung umfassender globaler Strukturen für den Umbruch zur klimaverträglichen Gesellschaft abzielen. Der globale Ansatz richtet sich insbesondere auf die Durchsetzung eines verbindlichen Weltklimavertrages, der eine globale Emissionsobergrenze sowie Instrumente für einen globalen Emissionshandel etabliert, sowie auf multilaterale Mechanismen zur Transformation der Energiesysteme, der Urbanisierung und der Landnutzung. In diesem Kontinuum gibt es unzählige Möglichkeiten. Insbesondere können ehrgeizige polyzentrische Transformationspolitiken auf unterschiedlichen Pfaden wirken:

- *Geopolitik – subglobale Allianzen schaffen:* Für die Beschleunigung der Transformation sollten vermehrt zwischenstaatliche Allianzen von Klimapionieren aufgebaut werden. Für Deutschland und die EU sind hier insbesondere die großen Schwellenländer China, Indien und Brasilien von hoher Bedeutung. Geeignete Themen wären die Förderung erneuerbarer Energien oder des Emissionshandels, bei denen Pionierpartnerschaften Standards setzen und Strukturen schaffen können, die dann sukzessive „globalisiert" werden sollten. Auch die Diskussion über eine faire Lastenteilung der Dekarbonisierungsanstrengungen sollte in diesen Allianzen geführt werden.
- *Anreizstrukturen für dynamische Akteure in den Transformationsfeldern etablieren:* In den zentralen Transformationsfeldern können positive Anreizstrukturen für dynamische Akteure den Umbruch zur Klimaverträglichkeit beschleunigen. So könnten mit signifikanten Mitteln ausgestattete Programme der Weltbank und der regionalen Entwicklungsbanken wichtige Anreize setzen, den tradierten fossilen Entwicklungspfad zu verlassen. Großzügige Kreditprogramme für einen Wettbewerb zur Identifizierung und Unterstützung der weltweit 10–20 visionärsten Modelle zum Aufbau klimaverträglicher Städte in Entwicklungs- bzw. Schwellenländern könnten entsprechende Suchprozesse initiieren oder beschleunigen. Dieser Pfad kann unabhängig von den Fortschritten bei geopolitischen Allianzen beschritten werden.
- *Auf Transformationsblockaden konzentrieren:* Eine besonders hemmende Transformationsblockade stellen die weltweiten jährlichen Subventionen im dreistelligen Milliardenbereich für fossile Energieträger dar. Eine politisch unterstützte internationale Allianz von Pionieren des Wandels in Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft könnte dazu beitragen, diesen Wall gegen Zukunftsfähigkeit zu durchbrechen.

Diese Skizze polyzentrischer Transformationsstrategien verdeutlicht den großen Möglichkeitsraum für innovative Wege. Die vom WBGU vorgestellten zehn Maßnahmenbündel stellen das Repertoire dar, aus dem die Strategien gestaltet werden können. Die 2 °C-Leitplanke ist die wichtigste Messlatte, an dem sich die Maßnahmen orientieren müssen. Um glaubwürdig zu bleiben, sollte die EU im Bereich der Emissionsminderungen die Anhebung des eigenen Reduktionsziels auf wenigstens 30 % für das Jahr 2020 beschließen, ergänzt durch substanzielle, gesetzlich verankerte Finanzierungszusagen für den internationalen Klimaschutz.

Die Wissensgesellschaft im Transformationsprozess: Empfehlungen für Forschung und Bildung

Gesellschaftliche Erneuerung durch Einsicht

Im Rahmen der erforderlichen Transformation kommen Forschung und Bildung zentrale Rollen zu, denn die Einsicht in die Notwendigkeit des Umbaus der Weltwirtschaft ist primär wissenschaftlich begründet. Die Gesellschaft sollte sich daher zu Handlungen entschließen, die nicht als direkte Reaktion auf unmittelbar erfahrbare Anlässe, sondern vorausschauend und vorsorgend motiviert sind. Die Diskussion zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft sollte zu die-

sem Zweck wesentlich besser strukturiert, verbindlicher und lebendiger gestaltet werden, um eine diskursive und dennoch konstruktive Auseinandersetzung um die besten Wege zur Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Partizipativ angelegte Forschung und Bildung können hier entscheidende Beiträge leisten.

Die Transformation ist ein gesellschaftlicher Suchprozess, der durch Experten unterstützt werden sollte. Forschung hat dabei die Aufgabe, im Zusammenspiel mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft klimaverträgliche Gesellschaftsvisionen aufzuzeigen, unterschiedliche Entwicklungspfade zu beschreiben sowie nachhaltige technologische und soziale Innovationen zu entwickeln. Gleichzeitig sollte das Gerüst für eine Kultur der Teilhabe in der Gesellschaft gestärkt werden. Zu diesem Zweck sollte Bildung die Menschen in die Lage versetzen, Problembewusstsein zu entwickeln, systemisches Denken zu erlernen sowie verantwortlich zu handeln. Die Förderung von Forschung und Bildung sind daher zentrale Aufgaben des modernen gestaltenden Staates, der die Einbindung der wissenschaftlichen Expertengemeinschaft in den Gesellschaftsvertrag gezielt unterstützen sollte.

Das transformative Quartett der Wissensgesellschaft

Um die unterschiedlichen Rollen von Forschung und Bildung im Transformationsprozess zu verdeutlichen, schlägt der WBGU eine Unterscheidung zwischen Transformationsforschung und Transformationsbildung einerseits sowie transformativer Forschung und transformativer Bildung andererseits vor. Transformationsforschung bzw. Transformationsbildung haben den Umbau selbst und die Bedingungen seiner Möglichkeit zum Gegenstand. Transformative Forschung bzw. transformative Bildung sollen den Umbauprozess durch spezifische Informationen, Methoden und Technologien befördern (Abb. 3).

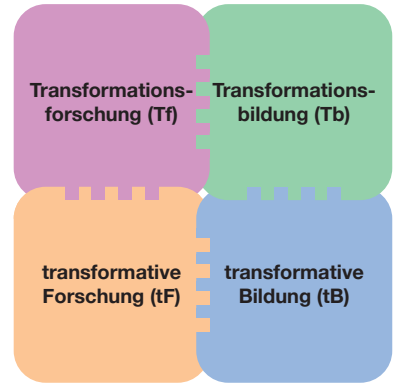


Abbildung 3
Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation.
Quelle: WBGU

Transformationsforschung

Der WBGU schlägt ein neues Forschungsfeld „Transformationsforschung“ (Tf) vor. Dieses wendet sich gezielt der bevorstehenden Gestaltungsaufgabe der Transformation zu. Hier werden Übergangsprozesse exploriert, um Aussagen über Faktoren und kausale Relationen in Transformationsprozessen zu treffen. Historische Beispiele können hier die Grundlage liefern, um beobachtete transformative Momente zu analysieren. Ein solches ist etwa die Kopplung der Dampfmaschine an die mechanische Baumwollverarbeitung um das Jahr 1785. Dieser scheinbar einfache Schritt hatte eine rasant steigende Effizienz in der Kleidungsproduktion und somit der Nachfrage nach Rohstoffen zur Folge und brachte die Industrielle Revolution zügig ins Rollen. Allerdings war er eingebettet in ein komplexes Kausalgeflecht weiterer Faktoren und historisch gewachsener Rahmenbedingungen. Ähnliches gilt für Transformationen auf anderer Ebene, etwa der normativ motivierten Abschaffung der Sklaverei. Die Transformationsforschung sollte aus dem Verständnis der entscheidenden Dynamiken solcher Prozesse, ihrer Bedingungen und Interdependenzen gezielt Lehren für die Transformation zur Nachhaltigkeit ziehen. Es gilt hierbei Beschleunigungsmomente antizipieren zu lernen, um entsprechend begünstigende Rahmenbedingungen schaffen zu können. Eine besondere Herausforderung für die Transformationsforschung besteht in der Vernetzung von Sozial-, Natur- und Ingenieurwissenschaften, um die Interaktionen zwischen Gesellschaft, dem Erdsystem und der technologischen Entwicklung zu verstehen.

Transformative Forschung

Der WBGU bezeichnet mit dem Begriff transformative Forschung (tF) diejenige Forschung, welche die Transformation konkret befördert. Die transformative Forschung unterstützt Umbauprozesse durch spezifische Innovationen in den relevanten Sektoren. Sie schließt z. B. Konsumforschung ein, die zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle wie der gemeinsamen Nutzung von ressourcenintensiven Infrastrukturen benötigt wird, sowie Forschung zu technischen Neuerungen wie Effizienztechnologien. Dabei kann transformative Forschung größere Wirkung entfalten, wenn die Entwicklungsaktivitäten für klimaverträgliche Innovationen ab einem bestimmten Entwicklungsstadium in einen systemi-

schen Kontext eingebettet werden, ihre Wirkungen auf Klima und Nachhaltigkeit geprüft und die Bedingungen für transformative Wirkung reflektiert werden. So ist die Erreichung höherer Wirkungsgrade in der Photovoltaik – etwa über die Entwicklung neuartiger Materialverbindungen – notwendig; dennoch sollten möglichst frühzeitig auch Aspekte der globalen Anwendbarkeit berücksichtigt werden. Ähnliches gilt für die Entwicklung neuer Investitionsmodelle für energieeffiziente Technologien. Dabei sollte ihre interkulturelle Übertragbarkeit hier ebenso frühzeitig berücksichtigt werden wie Maßnahmen gegen Rebound-Effekte und potenzielle Pfadabhängigkeiten. Die transformative Forschung umfasst somit ein Spektrum von einer rein disziplinär verankerten bis hin zu systemisch angelegter Forschung. So kann etwa die anwendungsorientierte Erforschung hocheffizienter Speichertechnologien von ebenso transformativer Wirkung sein wie ein interdisziplinär angelegtes Projekt zur Entwicklung und Implementierung von SuperSmart Grids.

Indem beide Forschungstypen miteinander im Austausch stehen, befruchten sie sich gegenseitig und bieten in Wechselwirkung mit Gesellschaft, Wirtschaft und Politik eine größtmögliche Unterstützung der Transformation. Hierzu ist eine gestärkte Form der Wissenschaftskommunikation unabdingbar, wofür auch die Wirkung neuer Medien gezielt genutzt werden sollte. So eröffnen sich zahlreiche Möglichkeiten für die interaktive Mitgestaltung des gesellschaftlichen Dialogs.

In diesem Zusammenhang kommt auch dem Bildungssektor eine wachsende Verantwortung zu. Als wichtiger Kanal der Wissenskommunikation liefert Bildung die Grundlage für ein wissensbasiertes Selbstverständnis eines jeden Einzelnen und schafft so die gesellschaftliche Voraussetzung für die Transformation. Forschung für die Transformation sollte eng mit Bildung für die Transformation verknüpft sein. Kategorien und Wechselwirkungen werden im Folgenden dargestellt.

Transformationsbildung

Die Transformationsbildung (Tb) stellt der Gesellschaft die Erkenntnisse der Transformationsforschung zur Verfügung. Als „Bildung zur Teilhabe" reflektiert sie kritisch die notwendigen Grundlagen – wie ein fundiertes Verständnis des Handlungsdruckes und globales Verantwortungsbewusstsein – und generiert ein systemisches Verständnis der Handlungsoptionen. Insbesondere geht es um die Vermittlung von Wissen an den Schnittstellen zwischen Ingenieur-, Erdsystem- und Sozialwissenschaften. Es sollten geeignete Narrative des Wandels entwickelt werden, um diese über kreative Formen der Wissenskommunikation in den Alltagsdiskurs einzuspeisen und dort weiter zu entfalten. Durch einen Fokus auf die Rolle von Pionieren des Wandels kann das Verständnis um die Voraussetzungen für Transformation in der Bildung verankert werden. Nur über ein dynamisches Weltbild lässt sich Veränderung denken. Bildungseinrichtungen sollten hierzu verstärkt nachhaltigkeitsorientiertes Wissen vermitteln sowie befähigen, lebenslang lernen zu lernen und systemisch zu denken. Dazu gehört auch ein besseres Verständnis des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit seinen Möglichkeiten und Grenzen.

Transformative Bildung

Die transformative Bildung (tB) generiert ein Verständnis für Handlungsoptionen und Lösungsansätze. Entsprechende Bildungsinhalte betreffen z. B. Innovationen, von denen eine transformative Wirkung zu erwarten oder bereits eingetreten ist. Der Stand der Forschung sollte verständlich aufbereitet und aktiv in die Gesellschaft kommuniziert werden. Dazu sollte in den Bildungsangeboten möglichst ein Bezug zu Schlüsselfaktoren der Transformation hergestellt werden. So könnten z. B. im Physikunterricht regenerative Energien zum Thema werden und parallel in den sozialwissenschaftlichen Fächern internationale Energiepartnerschaften behandelt werden; im Geographieunterricht könnten z. B. klimaverträgliche Städte thematisiert werden. Innerhalb der transformativen Bildung sollte zudem grundlegendes Problembewusstsein generiert werden, das sich in thematisch spezialisierten Bildungsangeboten wiederfindet. In diesem Sinne sollten auch die Grenzen zwischen den Disziplinen aufgebrochen und ein Verständnis der breiteren, interdisziplinären und globalen Zusammenhänge angestrebt werden. Bei wirtschaftlichen Themen könnten etwa die globalen Stoffströme von Ressourcen bis zu Abfallstoffen wie CO_2 mit betrachtet werden. Es ginge also um eine Einbettung der Ökonomie in die Grenzen des Erdsystems.

In beiden Ausprägungen der Bildung gilt es, die Gesellschaft als Teilhaber am Transformationsprozess zu verstehen und ihr in Zukunft auch in der Bildung Partizipation zu ermöglichen. Nur wenn der Mensch sich als aktiver Faktor des vermittelten Kontextes versteht, kann er auch die transformative Kraft seiner Handlungen begreifen. Entsprechende Bildungsstrukturen sind hierfür wesentliche Voraussetzung.

Laufende Forschungsprogramme

In der Bundesrepublik und auf Ebene der EU laufen zurzeit zahlreiche Programme mit impliziter Transformationsrelevanz. Der WBGU nimmt in diesem Gutachten eine Analyse der entsprechenden Programme vor.

Mit Hilfe von Kriterien, wie beispielsweise „internationale Reichweite“ und „Interdisziplinarität“, werden für verschiedene relevante Forschungsprogramme sowohl positive Trends aufgezeigt als auch Schwächen identifiziert. Auf Grundlage dieser Analyse kommt der WBGU zu dem Schluss, dass sich die Forschungspolitik in einzelnen Bereichen wie der Urbanisierungs- und Landnutzungsforschung durch innovative Forschungsagenden und Forschungsprogramme der Herausforderung durch die Transformation bereits angenommen hat, wenn auch mit unzureichendem Förderumfang. Der Bezug zur Klimaverträglichkeit wird bereits oft hergestellt. Auch die Interdisziplinarität hat in vielen Fällen bereits Eingang in die Forschungsprogramme gefunden; allerdings sind die Anreizstrukturen hierfür insgesamt noch mangelhaft. Hinsichtlich notwendiger Faktoren für die Beschleunigung der Transformation ist sehr zu begrüßen, dass der Fokus der Forschungsförderung zu einem großen Teil auf Innovationen liegt. Hierbei ist die rein technische Seite verglichen mit sozialen Bedingungen und entsprechenden systemischen Ansätzen jedoch zu stark gewichtet, weshalb auch die Angebotsseite im Vergleich zur Nachfrageseite zu große Beachtung findet.

Empfehlungen

Vor dem Hintergrund der identifizierten Herausforderungen für Forschung und Bildung sowie der durchgeführten Analyse kommt der WBGU zu folgenden Empfehlungen.

Forschung

- Wissenschaft und Forschung sollten sich stärker der Herausforderung einer Transformation zur Klimaverträglichkeit im Kontext der Nachhaltigkeit widmen. Forschung sollte sich stärker transformationsrelevanter Fragen und Forschungsgegenständen sowie des neuen Feldes Transformationsforschung annehmen; gleichzeitig sollte sie stärker strukturellen Anforderungen wie etwa systemischer, langfristiger, inter- und transdisziplinärer Ausrichtung genügen. Sie sollte technologische und soziale klimaverträgliche Innovationen entwickeln, bewerten und Bedingungen für deren globale Verbreitung ermitteln. Dazu gehört auch die Entwicklung, Bewertung und öffentliche Diskussion von Strategien und Handlungsoptionen, auf welche die Politik zurückgreifen kann. Forschungsprogramme sollten diese Anforderungen entsprechend reflektieren.
- Der WBGU plädiert für die Einrichtung eines neuen Forschungsfeldes „Transformationsforschung“, das Transformationsprozesse und die gesellschaftlichen Voraussetzungen im Rahmen planetarischer Grenzen untersucht. Zur Entwicklung dieses neuen wissenschaftlichen Feldes schlägt der WBGU einen gesellschaftlich verankerten Such- und Diskussionsprozess vor. Die Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen könnte hierbei federführend sein.
- Insgesamt bedarf es erheblicher zusätzlicher Mittel für Forschung und Entwicklung, um der gegebenen Herausforderung erfolgreich begegnen und die Transformation beschleunigen zu können. Gleichzeitig sollte Forschung auf EU-Ebene und international koordiniert und gebündelt werden, da kein Land allein alle notwendigen Lösungen entwickeln kann.
- Forschungsmittel für das zentrale Transformationsfeld Energie sollten signifikant aufgestockt werden. Der WBGU bekräftigt seine Aussage von 2003, die direkten staatlichen Ausgaben in den Industrieländern für Forschung und Entwicklung im Energiebereich vor allem durch Umschichtung zu verzehnfachen. Die Förderung der Kernfusion zur Energiegewinnung könnte zeitlich gestreckt werden, um Mittel für Arbeiten mit höherer Priorität freizusetzen.
- Die bestehende Nachhaltigkeitsforschung des BMBF, insbesondere das Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklungen und die sozial-ökologische Forschung (SÖF) sollten deutlich aufgestockt und die SÖF sollte wesentlich stärker um globale Perspektiven erweitert werden.
- Interdisziplinäre Forschung sollte mit konkreten Maßnahmen unterstützt werden. Dafür ist es erforderlich, die bestehenden Anreizsysteme zu ändern und neue einzuführen. Der WBGU regt an, dass Hochschulrektorenkonferenz, Gemeinsame Wissenschaftskonferenz, Deutsche Forschungsgemeinschaft und Akademien der Wissenschaften über Empfehlungen und Vorgaben zu Implementierung und Rating von interdisziplinärer Transformationsforschung beraten.
- Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, bei der Ausgestaltung des 8. EU-Forschungsrahmenprogramms die Transformation stärker in den Mittelpunkt zu stellen; insbesondere sollte die Umwelt- und Energieforschung stärker gewichtet werden.
- International sollten Deutschland und die EU verstärkt Forschungsallianzen mit den Forschungszentren der Schwellenländer eingehen. Deutschland sollte im Rahmen seiner Entwicklungszusammenarbeit Bildungs-, Wissenschafts- und Forschungskapazitäten in weniger entwickelten Ländern verstärkt fördern.
- Der WBGU regt an, eine Runde der Exzellenzinitiative vollständig zum Thema Forschung im Kontext

der Transformation für eine Ressourcen schonende, nachhaltige und lebenswerte Gesellschaft auszuschreiben.
- Die aktuelle Evaluierung der Beratungsgruppe für Internationale Agrarforschung (CGIAR) sollte dafür genutzt werden, diese stärker auf Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit auszurichten.

Bildung

- Bildung für Transformation sollte eine größere Bedeutung in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie erhalten. Zudem sollte sie in die schulische und universitäre Ausbildung, in Berufsbildung und berufsbegleitendes Lernen integriert werden. Dazu gehören Austauschprogramme, neue Kombinationsmöglichkeiten von Bachelor- und Masterstudiengängen, Module für transformationsrelevante systemische Bildung in der Lehrerausbildung und eigene Studiengänge für Transformationswissenschaften.
- Thematisch relevante Bildungs- und Ausbildungssysteme sollten durch kohärente Politiken so umgestaltet werden, dass sie sich Anliegen der nachhaltigen Entwicklung widmen. Gleichzeitig sollten Möglichkeiten für lebenslanges Lernen am Arbeitsplatz um öffentliche Weiterbildungsmaßnahmen und universitäre Zusatzqualifikationen erweitert werden, z.B. als transformationsrelevantes „Sabbatical" für Angestellte.
- Auch die Einrichtung von Low-carbon Business Schools sowie interdisziplinärer Fakultäten für klimaverträgliche Landnutzung, Energiewissenschaft, Urbanisierung und für Management, das auf die Transformation ausgerichtet ist, könnte wichtige Impulse liefern und wird hiermit angeregt.
- Im Laufe der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung" sollten institutionelle Mechanismen entwickelt werden, damit Bildung für die nachhaltige Entwicklung auch nach Ablauf dieser Dekade weiterhin gewährleistet wird. Die UNESCO könnte einen Prozess initiieren, der analog zur Fortsetzung der Dekade zur Reduzierung von Naturkatastrophen (IDNDR) gestaltet werden könnte. So könnten erfolgreiche Aktivitäten über lokale und nationale Einrichtungen fortgesetzt werden.

Interaktionsfeld Bildung – Forschung

- Der WBGU empfiehlt aufgrund der übergeordneten Bedeutung des Themas die Einrichtung einer Bundesuniversität, die schwerpunktmäßig Forschung und Bildung für die Transformation zur Nachhaltigkeit betreibt. An dieser sollte inter- und transdisziplinär geforscht und gelehrt werden.
- Der WBGU regt an, ein großes Bildungs- und Forschungsprogramm „Partizipation an der Wissenschaft für die Transformation" aufzulegen, welches Bildung und Wissen für Umwelt- und Nachhaltigkeit durch Beteiligung von Nichtwissenschaftlern zum Ziel hat.
- Forschungspolitik und Wissenschaft sollten diverse wissenschafts- und gesellschaftsübergreifende Dialoge anstoßen, u.a. zu Visionen für eine „dekarbonisierte Gesellschaft", zu den Anforderungen an eine Forschung für Transformation, zur Verstärkung inter- und transdiziplinärer Forschung oder zu prioritären Forschungsfragen. Impulse dafür könnten auch kulturelle und künstlerische Formate im Rahmen von Museen, Zukunftsausstellungen oder Musik- und Filmfestivals geben.
- Für eine stärkere Einbindung gesellschaftlicher Akteure sollte die Einrichtung partizipativer Formate gefördert werden. Hierzu eignen sich u.a. miteinander vernetzte Biodiversitäts-, Umwelt- und Klimastationen oder die Beteiligung an Modellpartizipationsprojekten zu den Themen Elektromobilität, alternative Landwirtschaft oder neue Wohnformen.
- Die Einführung eines freiwilligen Gesellschaftsjahres „Bildung und Wissenschaft" hält der WBGU für sinnvoll.

Eine Reform von Forschung und Bildung in Richtung Nachhaltigkeit ebnet nicht nur den Weg zu einem wissensbasierten Gesellschaftsvertrag für diese „Große Transformation", sondern eröffnet auch spezifische Zukunftschancen für diejenigen, die sich daran beteiligen. Im Sinne des Gesellschaftsvertrages sollten Bildungsangebote für die Vermittlung von Verantwortungsbewusstsein, Gerechtigkeitsempfinden und Gestaltungskompetenz gestärkt werden. Auch sollte schulische Bildung nicht nur inter- und transdisziplinäre Ansätze, sondern ein Verständnis für den Wissenschaftsprozess als Ganzes schaffen.

Die Wissenschafts- und Forschungspolitik kann international Vorbildcharakter haben, wenn sie den in Teilen bereits eingeschlagenen Weg zur systemischen, transformationsrelevanten Forschung weiter ausbaut.

Somit sind zukünftige Generationen in zweifacher Hinsicht Adressaten des Gesellschaftsvertrages. Denn sie sind es, die den Wandel in Zukunft mit gestalten werden. Aber es sind vor allem auch die jungen Bürgerinnen und Bürger, in deren Interesse die Transformation schon heute rapide beschleunigt werden muss und nicht länger blockiert werden darf.

Fazit

Der „fossilnukleare Metabolismus“ der Industriegesellschaft hat keine Zukunft. Je länger wir an ihm festhalten, desto höher wird der Preis für die nachfolgenden Generationen sein. Doch es gibt Alternativen, die allen Menschen zumindest die Chance auf ein gutes Leben in den Grenzen des natürlichen Umweltraumes eröffnen können. Ohne eine weltweite Übereinkunft, diese Alternativen tatsächlich zu wagen, werden wir nicht aus der Krise der Moderne herausfinden. Nichts weniger als ein neuer *Contrat Social* muss also geschlossen werden. Dabei wird die Wissenschaft eine entscheidende, wenngleich dienende Rolle spielen. Nachhaltigkeit ist nicht zuletzt eine Frage der Phantasie.

„Phantasie ist alles. Sie ist die Vorschau auf die zukünftigen Attraktionen des Lebens.“ (Albert Einstein)

Einleitung

Nicht weil es schwer ist, wagen wir es nicht, sondern weil wir es nicht wagen, ist es schwer.
Seneca (1 bis 65 n. Chr.)

Handeln für eine klimaverträgliche und gerechte Zukunft

Sechzig Nobelpreisträger haben im Jahr 2009 in ihrem Appell an die Weltöffentlichkeit „Handeln für eine klimaverträgliche und gerechte Zukunft" auf die dringend notwendige Umstellung der Weltwirtschaft auf eine klimaverträgliche Entwicklung hingewiesen (The St. James's Palace Memorandum, 2009). Darin heißt es „Der Fluchtpunkt aller Überlegungen und Anstrengungen muss eine moderne Weltgesellschaft ohne Nutzung fossiler Brennstoffe sein. Die Tür zu dieser Entwicklung muss umgehend aufgestoßen werden!". Nach allem, was wir wissen, haben die Nobelpreisträger recht, und was sie beschreiben ist eine Herausforderung in einer Größenordnung, wie sie die Menschheit noch nie erlebt hat. Um gefährliche Klimaänderungen zu vermeiden, muss baldmöglichst die große Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft in Gang gesetzt bzw. beschleunigt werden. Das bedeutet: In der kommenden Dekade müssen tiefgreifende Änderungen in Produktionsprozessen, Infrastrukturen und Lebensstilen angestoßen werden, damit bis 2050 die Treibhausgasemissionen weltweit auf ein Minimum reduziert werden können. Überdies verdeutlichen die bestürzenden Ereignisse von Fukushima, dass Wege in eine klimaverträgliche Zukunft ohne Kernenergie beschritten werden müssen. Die Vermeidung gefährlicher Klimaänderungen ist ein zentraler Baustein der Transformation zur Nachhaltigkeit: Klimaschutz allein kann den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschheit nicht sichern, aber ohne Klimaschutz entfallen essentielle Entwicklungsmöglichkeiten der Menschheit.

Große Transformationen hat es in der Geschichte der Menschheit immer wieder gegeben. Die beiden größten und zugleich bekanntesten sind die Neolithische Revolution, also der Übergang von der Jäger- und Sammlergesellschaft zur Agrargesellschaft, und die Industrielle Revolution. Während sich die historischen Transformationen weitgehend evolutionär, graduell und in Etappen entwickelten, muss die Menschheit nun erstmals einen weltweiten zivilisatorischen Systemwechsel aktiv gestalten und beschleunigen, da ansonsten die 2 °C-Klimaschutzleitplanke schnell durchbrochen wäre.

An dieser Stelle setzt der WBGU an und untersucht, wie ein Suchprozess für die Transformation gestaltet und wie der transformative Entwicklungskorridor „aufgespannt" werden kann. Dabei geht es einerseits darum zu zeigen, wie bestehende Maßnahmen durch Verstärkung und Bündelung eine transformative Wirkung entfalten können. Andererseits identifiziert der WBGU auch innovative Instrumente mit unmittelbarer transformativer Wirkung. Insgesamt wird gezeigt, was die deutsche Bundesregierung als gewichtiger Akteur auf der internationalen Bühne unternehmen kann. Ebenso werden Öffentlichkeit und Gesellschaft – national, europäisch bis global – als Ganzes angesprochen; die Bürgerinnen und Bürger können wesentliche Beiträge zum Gelingen dieser Herkulesaufgabe leisten.

Beitrag zur UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung 2012 in Rio de Janeiro

Der WBGU untersucht die Optionen für eine klimaverträgliche Transformation aus einem globalen Blickwinkel, unterscheidet dabei zwischen Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländern und fragt nach den Herausforderungen für die internationale Zusammenarbeit. Die UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung 2012 in Rio de Janeiro bietet die nächste Gelegenheit, diese Menschheitsherausforderung auf UN-Ebene angemessen zu thematisieren. Das vorliegende Gutachten versteht sich als ein Beitrag hierzu: Politik und Gesellschaft sollen bei der Diskussion und der Gestaltung der Transformation unterstützt werden. Das Gutachten soll Entscheidungsträgern in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft und (künftigen) Pionieren des Wandels Mut machen, dass die Transformation gelingen kann.

Leitfragen

Im vorliegenden Gutachten entfaltet sich entlang der angeführten Leitfragen die innere Logik und Sichtweise des WBGU. Dabei wird versucht diese Leitfragen zu beantworten und Wege zur Überwindung von Zielkonflikten aufzuzeigen:

- Ist die Transformation technologisch machbar?
- Sind die Kosten der Transformation finanzierbar?
- Welche Maßnahmen, Prozesse und Instrumente sind für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft erforderlich?
- Welche konkreten politischen Maßnahmen sollten jetzt ergriffen werden?
- Welche Rollen kommen dem Nationalstaat und der EU als Gestalter des Such- und Transformationsprozesses zu? Hat der Nationalstaat, insbesondere in Demokratien, die Kraft für massive Veränderungen? Gibt es Ansätze eines grenzüberschreitenden Regierens und trans- bzw. supranationaler Demokratie?
- Welche Bedeutung kommt gesellschaftlichen Akteuren im Transformationsprozess zu?
- Welche Möglichkeiten sollten in der bi- und multilateralen Zusammenarbeit genutzt werden?
- Was sollte auf der UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung 2012 in Rio de Janeiro erreicht werden?
- Welche Wissensdefizite bestehen? Wie kann die Wissenschaft diesen Suchprozess begleiten; wie müsste sich die Forschungslandschaft den gegebenen Herausforderungen anpassen?

Die vom WBGU entwickelten Handlungsempfehlungen mit ihren unterschiedlichen Ambitionsniveaus verstehen sich als Optionen für politische Entscheidungsträger. Die empfohlenen Maßnahmen sollen das Grundmuster der Umsteuerung vorgeben, wohl wissend, dass über solch lange Zeiträume ablaufende Prozesse kaum vorhersehbar und damit grundsätzlich Suchprozesse sind. Diese Suchprozesse müssen durch den Staat angestoßen und gestaltet und durch Forschung begleitet werden. Unter den empfohlenen Maßnahmen haben einige ein sehr hohes Ambitionsniveau, so dass sie aus heutiger Sicht noch als politisch unrealistisch erscheinen mögen, aber schon in wenigen Jahren Realität werden könnten. Ein Beispiel für das „Undenkbare" ist das Moratorium für die sieben ältesten deutschen Kernkraftwerke nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011. Eine dreimonatige Abschaltung dieser Meiler durch die Regierungskoalition aus CDU und FDP und deren Votum für eine Beschleunigung des Atomausstiegs in Deutschland wäre vor Fukushima unvorstellbar gewesen. Und wer hätte im Jahr 1984 den Erfolg der „samtenen Revolution" in Osteuropa vorhergesehen, wer im Jahr 2010/11 die Revolution in der arabischen Welt?

Erkenntnisgewinn

In den letzten Jahren sind zahlreiche Publikationen zum Thema „Low-carbon-Transformation" oder „Green Economy" erschienen; allerdings haben sich diese Studien häufig nur auf Teilthemen konzentriert (z.B. technische Maßnahmen, finanzielle oder Governance-Aspekte) und hatten vielfach einen nationalstaatlichen Fokus. Mit dem vorliegenden Gutachten wurden in mehrfacher Hinsicht neue Wege beschritten:

1. Es wird eine Gesamtbetrachtung der Transformation in Richtung Klimaverträglichkeit unternommen. Die technische, gesellschaftliche, ökonomische und rechtliche Machbarkeit wird beleuchtet, einschließlich bestehender Blockaden und Barrieren.
2. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft wird aus einem globalen Blickwinkel untersucht und dabei nach Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländern unterschieden.
3. Neben Lehren aus historischen Erfahrungen werden auch die Erkenntnisse der Transitionsforschung berücksichtigt.
4. Es wird die Rolle gesellschaftlicher Akteure in Transformationsprozessen untersucht und gezeigt, dass sie, z.B. als Katalysatoren, viele wichtige Funktionen einnehmen können und sie es letztendlich sind, die die Transformation tragen.
5. Neben den bereits häufig untersuchten Energiesystemen werden weitere zentrale Transformationsfelder wie die Landnutzung und Urbanisierung beleuchtet.
6. Alle Empfehlungen werden vor dem Hintergrund des hohen Zeitdrucks entwickelt: Die globalen Treibhausgasemissionen müssen innerhalb des nächsten Jahrzehnts ihr Maximum überschritten haben, um gefährliche Klimaänderungen noch verhindern zu können.
7. Aus diesen Komponenten speisen sich Leitbild und Transformationsverständnis des WBGU zur Gestaltung des erforderlichen Suchprozesses. Dieses Leitbild ist auch als Grundlage für die weitere gesellschaftliche Debatte gedacht.

Die Transformation ist machbar!

Die Transformation zur klimaverträglichen Weltgesellschaft gleicht im Ausmaß einer neuen Industriellen Revolution im Zeitraffer und stellt insbesondere auch deswegen eine in der Menschheitsgeschichte noch nie dagewesene Herausforderung dar, weil sie forschungs- und wissensbasiert gestaltet werden und unter hohem Zeitdruck ablaufen muss. Hier soll nicht verschwiegen werden, dass sich der WBGU angesichts dieser epochalen Aufgabe einem Dilemma ausgesetzt sah: Einerseits sollten konkrete und handhabbare, überschaubare, wissenschaftlich generierte Empfehlungen für

Politik und Gesellschaft für dringend erforderliche Veränderungen erarbeitet werden; andererseits schien die Thematik gelegentlich überkomplex, schwer fassbar, kaum eingrenzbar und gespickt mit gesellschaftlichen Blockaden sowie nur schwer überwindbaren Pfadabhängigkeiten. Kurz: Die Aufgabe schien kaum lösbar. Nach sehr schwierigen und kontroversen – gerade wegen vieler Zielkonflikte – und konstruktiven Diskussionen und (auch) interdisziplinären Lernprozessen ist der WBGU schließlich zu der Überzeugung gelangt, dass die große Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft nicht nur erforderlich, sondern auch tatsächlich machbar ist. Nicht zuletzt, weil die erforderliche Transformation in der Bevölkerung vieler Länder bereits ausgeprägten Wertvorstellungen entspricht und daher im Sinne der Steigerung der subjektiven Lebenszufriedenheit großer Bevölkerungsteile positiv bewertet werden kann. Sie ist von Meinungsführern und großen Teilen der Bevölkerung – keineswegs nur reicher Länder – erwünscht. Und weil die große Transformation die Chance bietet, wie auch viele Regierungen bereits erkannt haben, die Energie- und Wirtschaftssysteme zu transformieren und gleichzeitig die nachholende Entwicklung in Entwicklungs- und Schwellenländern, somit also die weltweite Gerechtigkeit voranzubringen. Gleichzeitig kann die Transformation durch die von Staaten und Gesellschaften gemeinsam getragene Verantwortung und ein verantwortungsvolles Miteinander aller gesellschaftlichen Akteure in diesem Prozess nicht nur zur Überwindung der Legitimationskrise in Demokratien, sondern sogar zur Festigung und Belebung der Demokratie beitragen.

Welt im Wandel

1

Ein neues Erdzeitalter – das Anthropozän

Seit der Industrialisierung hat das kollektive Ausmaß der vom Menschen verursachten Umweltveränderungen eine neue Größenordnung erreicht. Die Bevölkerung wuchs von unter 1 Mrd. auf heute knapp 7 Mrd. und die Energienutzung, die bei Agrargesellschaften bei etwa 600 W pro Person liegt, stieg in den hochindustrialisierten Gesellschaften des Nordens auf 4.750 W pro Person. Eine wesentliche treibende Kraft dieser Expansion war die Nutzung fossiler Energieträger, die sowohl die intensive Landwirtschaft als auch die stark gestiegenen Materialströme ermöglicht hat, die in Industriegesellschaften inzwischen bei jährlich etwa 10–30 t pro Kopf liegen (Kasten 1-2).

Der Mensch hat zudem die Landoberfläche der Erde etwa zur Hälfte umgestaltet. Die menschliche Gesellschaft nutzt bereits nahezu ein Viertel der jedes Jahr von allen Landflächen der Erde produzierten Biomasse (IPCC, 2007a) und mehr als 40 % der erneuerbaren, zugänglichen Wasserressourcen (MA, 2005b). In Summe übertreffen zahlreiche gesellschaftlich verursachte globale Material- und Energieströme inzwischen die natürlichen. Als Folge zeigen viele lebenswichtige Umweltdimensionen krisenhafte Entwicklungen: Wasserressourcen, Böden, Wälder und Meere sind übernutzt oder werden zerstört, die biologische Vielfalt nimmt dramatisch ab und wichtige biogeochemische Stoffkreisläufe sind vom Menschen radikal verändert worden, z. B. der Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf. Das Leitungsgremium des Millennium Ecosystem Assessment kam zu folgendem Schluss: „Menschliche Aktivität übt einen derartigen Druck auf die natürlichen Funktionen der Erde aus, dass die Fähigkeit der Ökosysteme unseres Planeten, künftige Generationen zu versorgen, nicht länger als selbstverständlich vorausgesetzt werden kann“ (MA, 2005d). Der Mensch ist also ohne Zweifel eine dominierende Kraft innerhalb des Erdsystems geworden (Vitousek et al., 1997b).

Dementsprechend unterstützen viele Wissenschaftler den Vorschlag des Nobelpreisträgers Paul Crutzen, die industrielle Gegenwart als neue erdgeschichtliche Epoche anzusehen (Crutzen und Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Steffen et al., 2007). Dieses „Anthropozän“ genannte Erdzeitalter (auch „Menschenzeit“; Schwägerl, 2010) beschreibt dabei nicht nur die vom Menschen verursachte Wirkung auf das Erdsystem, sondern auch den kognitiven Wandel der globalen Zivilisation, die sich ihrer Bedeutung als formende Kraft zunehmend bewusst wird. Daher hat die internationale Forschung schon seit den 1950er Jahren entsprechende, global koordinierte Programme aufgelegt (z. B. Internationales Geo-Biosphärenprogramm, Man and the Biosphere usw.), um die Wirkungszusammenhänge im Erdsystem besser zu verstehen.

Nachhaltige Entwicklung

Mit dem Anthropozän beginnt auch eine neue Ära der Verantwortung, denn technisch ist die Menschheit mittlerweile in der Lage, das Erdsystem so weit aus dem Gleichgewicht zu bringen, dass schwere Folgeschäden für Gesellschaften und Ökosysteme ausgelöst werden können. Die Megatrends einer dynamischen globalisierten Wirtschaft im Verbund mit der voraussichtlich noch bis Mitte des Jahrhunderts zunehmenden Bevölkerung befinden sich auf Kollisionskurs mit den planetarischen Leitplanken (Kasten 1-1). Die Fähigkeit des Erdsystems wird derzeit aufs Spiel gesetzt, der menschlichen Zivilisation weiterhin die stabile Lebensgrundlage zu bieten, die ihr Entstehen während der letzten 10.000 Jahre erst ermöglicht hat.

Seit einigen Jahrzehnten nimmt sich die internationale Umweltpolitik dieser Themen an. Das Jahr 1992 markierte mit dem Erdgipfel von Rio de Janeiro einen entscheidenden Wendepunkt auf diesem relativ neuen politischen Parkett. Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung, das seither in Umweltkonventionen und zivilgesellschaftlichen Organisationen diskutiert und ausgeformt wird, ist als handlungsleitende Maxime auf allen Ebenen zumindest rhetorisch anerkannt, wenn auch nicht konsequent umgesetzt. Die Politik zur Bekämpfung der globalen Umweltprobleme nimmt an Bedeutung zu, aber mit wenigen Ausnahmen (z. B. stratosphärisches Ozon; Kap. 1.1.5.3) hat sie bislang versagt: Die negativen Trends wurden nicht gestoppt, sondern ver-

Kasten 1-1

Das Konzept planetarischer Leitplanken des WBGU im Kontext nachhaltiger Entwicklung

Es gibt Zustände des Erdsystems, die unbedingt vermieden werden sollten. Das Konzept der planetarischen Leitplanken des Erdsystems wurde vom WBGU seit 1994 entwickelt, sowohl für den Klimawandel als auch für Bereiche des globalen Wandels (Böden, biologische Vielfalt usw.; WBGU, 1994, 2005, 2006). Es wurde von Rockström et al. (2009a, b) mit dem Begriff „planetary boundaries" aufgegriffen und von der internationalen Umweltpolitik teils sogar bereits als Ziel übernommen, z.B. bei der 2°C-Klimaschutzleitplanke. Der WBGU beschreibt planetarische Leitplanken als quantitativ definierbare Schadensgrenzen, deren Überschreitung heute oder in Zukunft intolerable Folgen mit sich brächte, so dass auch großer Nutzen in anderen Bereichen diese Schäden nicht ausgleichen könnte (WBGU, 2006). Jenseits der Leitplanken wird der globale Umweltwandel also zu einem gesellschaftlich nicht mehr tolerierbaren Risiko für die menschliche Zivilisation.

Das Einhalten aller Leitplanken bedeutet allerdings keineswegs, dass alle sozioökonomischen Missstände oder ökologischen Schäden abgewendet werden können, denn globale Leitplanken können keinesfalls sämtliche regionalen und sektoralen Auswirkungen des Globalen Wandels berücksichtigen. Zudem ist das Wissen über globale Umweltveränderungen begrenzt und Fehleinschätzungen sind möglich. In diesem Sinn ist die Einhaltung der Leitplanken eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für die Nachhaltigkeit der künftigen Entwicklung.

Leitplanken markieren keine scharfen Systemgrenzen, bei denen diesseits kaum ein Risiko besteht und jenseits unmittelbar schwere Schäden oder gar Katastrophen zu erwarten sind. Oft handelt es sich um schleichende Veränderungen, die kumulativ über Jahrzehnte oder Generationen zu sehr negativen Wirkungen führen, aber von den Menschen nur schwer wahrgenommen werden können (Phänomen der „shifting baseline"; Pauly, 1995). Gerade bei diesen graduellen Systemzusammenhängen können Leitplanken eine hilfreiche Orientierung bieten. Doch sollte gerade bezüglich der 2°C-Temperaturleitplanke betont werden, dass das Vermeiden von Kipppunkten im Erdsystem – beispielsweise das irreversible Abschmelzen des Grönlandeises, der Hitzekollaps tropischer Korallenriffe und andere nichtlineare Prozesse – eine zentrale Rolle bei der Rahmensetzung spielt. Vor diesem Hintergrund legen die Wissenschaft bzw. die wissenschaftliche Politikberatung begründete Vorschläge für solche Leitplanken vor. Die Festlegung nicht tolerierbarer Belastungen muss dann seitens der Politik in einem demokratischen Entscheidungsprozess erfolgen.

Werden Leitplanken beachtet, können Funktionen bzw. Leistungen sowie Ressourcen des Erdsystems erhalten werden, die Voraussetzungen für die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit und für nachhaltige Entwicklung sind. Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung lässt sich analytisch als einen Vektor entsprechend gewichteter Wohlfahrtsmaße definieren (z.B. Befriedigung von Grundbedürfnissen wie Ernährung und medizinische Versorgung, Kriterien für Individualqualifikationen wie Bildung und Kollektivqualifikationen wie institutionelle Legitimität oder Maßstäbe für „gutes Leben" wie Zugang zu Naturerlebnissen), dessen Norm über die Zeit zunimmt. Kurzfristige Zuwächse in einigen Dimensionen, beispielsweise durch den Verbrauch von endlichen Ressourcen, dürfen nicht zu Lasten der langfristigen Entwicklungsmöglichkeiten gehen. Leitplanken begrenzen den Raum, in dem Entwicklung nachhaltig stattfinden kann; eine Überschreitung der Leitplanken muss also vermieden werden.

Eine rechtzeitige graduelle Kurskorrektur vermeidet die drastischen Maßnahmen, die nötig wären, wenn direkt vor der Leitplanke ein abruptes „Bremsmanöver" bzw. eine heftige Kurskorrektur ausgeführt werden müsste. Derart abrupter Wandel bringt in der Regel nicht nur große Kosten mit sich, sondern kann auch gesellschaftliche Verwerfungen und Krisen auslösen.

Demnach ist es eine wichtige Maxime, die Überschreitung der Leitplanken vorausschauend zu vermeiden. Ein auf Kollisionskurs mit einer Leitplanke befindlicher Pfad sollte durch geeignete Politik so verändert werden, dass ein Durchschlagen der Leitplanke verhindert wird. Die Anwendung geeigneter Politikinstrumente, aber auch sich selbst verstärkende gesellschaftliche Prozesse sind dabei wichtige Faktoren für eine schrittweise Beeinflussung des Entwicklungspfads. Vorausschauende Nachhaltigkeitspolitik sollte darauf zielen, Veränderungen so rechtzeitig anzustreben, dass die gesellschaftliche Anpassung an die Kurskorrektur ohne übermäßige Brüche und Kosten erreicht werden kann. Hinsichtlich des Klimawandels ist beispielsweise eine vorausschauend eingeleitete Klimaschutzpolitik sinnvoll und volkswirtschaftlich erheblich rentabler als späte, drastische Emissionsminderungs- und Anpassungsmaßnahmen.

Das Setzen von Leitplanken und eine darauf folgende geschickte Implementierung entsprechender Steuerungsinstrumente können die positive Entwicklungsdynamik sogar noch verstärken anstatt sie zu bremsen. Das Wissen um planetarische Leitplanken und entsprechendes Handeln kann als Motor des Fortschritts der Menschheit genutzt werden. So ist z.B. ein wichtiger „Nebeneffekt" der Dekarbonisierung der Energiesysteme, dass dadurch die Energieversorgung von endlichen fossilen Ressourcen unabhängig und sauber wird. Zusätzlich eröffnet eine gerechte Lastenteilung der Dekarbonisierungsanstrengungen neue Entwicklungsperspektiven insbesondere in vielen ärmeren Ländern. Ein geringeres Konfliktpotenzial und bessere Bedingungen, z.B. in den Bereichen Bildung, Ernährung, medizinische Versorgung, aber auch mehr Raum für kulturelle und künstlerische Entwicklung, könnten zu neuen Triebfedern menschlicher Entwicklung werden.

Leitplanken und gesellschaftlicher Fortschritt stehen sich also keineswegs unvereinbar gegenüber, sondern bedingen einander geradezu. Dies trifft sicher auf lange Sicht zu, da ein Überschreiten der Leitplanken die Grundlagen nachhaltiger Entwicklung gefährdet. Aber auch auf kürzere Sicht können notwendige Transformationsprozesse das Potenzial haben, katalytisch zu wirken und die Entwicklung der Menschheit zu befördern.

stärken sich vielfach sogar (Kap. 1.1.6).

Dieses Kapitel knüpft an die Agenda der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (Rio de Janeiro, 1992) an und versucht eine Standortbestimmung der „Welt im Wandel". Dabei geht es nicht nur um die globalen Umweltprobleme (Kap. 1.1), sondern auch um die dynamischen Megatrends einer Weltwirtschaft und -gesellschaft, die eine zunehmend globalisierte Zivilisation prägen (Kap. 1.2). Der WBGU stellt hier die Dynamik der Globalisierung in den Fokus, die sich in verschiedenen Megatrends widerspiegelt bzw. diese Trends antreibt. Aktuelle Krisen wie z.B. die Preissprünge bei Nahrungsmitteln oder Erdöl und nicht zuletzt die aktuelle Finanz- und Wirtschaftskrise (Kasten 1.2-1) können als Symptome für Überforderungen der institutionellen Strukturen einer globalisierten Welt gelten, in der die Vernetzungen und kritische Interdependenzen stark zugenommen haben. Insgesamt betrachtet, zeigen die Megatrends sehr anschaulich Notwendigkeit und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Entwicklung. Sie erschweren es erheblich, die Entwicklungsziele zu erreichen: Nicht nur bleibt ein großer Teil der Weltbevölkerung von den dynamischen Wohlstandssteigerungen abgeschnitten, sondern fast 1 Mrd. Menschen leiden existenzielle Not (Kap. 1.2.1).

Einige der großen Umweltprobleme, etwa der Klimawandel (Kap. 1.1.1), sind mittlerweile so drängend, dass sie gemeinhin als „Menschheitsaufgabe" bezeichnet werden. Auch wenn hier nicht alle Ursachen und Folgen der verschiedenen globalen Umweltveränderungen oder Entwicklungsprobleme im Einzelnen dargestellt werden können, wird in der Bilanz deutlich, dass trotz wichtiger Erfolge nicht nur die eigentliche Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung ungelöst ist, sondern dass sich das Zeitfenster zum Handeln schnell schließt.

Ein einzelnes WBGU-Gutachten könnte die Analyse und Lösungssuche zu einer umfassenden globalen nachhaltigen Entwicklung nicht leisten. In den folgenden Kapiteln wird der Schwerpunkt auf die Klima- und Energiefragen gelegt, denn der Klimaschutz ist ein zentraler Baustein der Nachhaltigkeit. Anthropogener Klimawandel ist mit anderen Umweltproblemen eng und meist in gegenseitig verstärkender Dynamik vernetzt (Kap. 1.1.6). Je größer die Klimawirkungen werden, desto schwieriger wird es, die anderen globalen Umweltveränderungen zu lösen sowie die Herausforderung zu meistern, eine nachhaltige Entwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern zu erreichen. Zudem hat der Klimawandel einen „langen Bremsweg" und muss sehr rasch begrenzt werden, wenn erhebliche negative Auswirkungen vermieden werden sollen. Aus diesen Gründen liegt das Hauptaugenmerk des Gutachtens bei der Frage, wie eine klimaverträgliche Gesellschaft gestaltet werden kann, ohne Nachhaltigkeitsbestrebungen in anderen essenziellen Bereichen, etwa der nachhaltigen Landnutzung oder dem Biodiversitätsschutz, zu konterkarieren.

Um den unverzichtbaren Kontext einer größeren Nachhaltigkeitsagenda nicht aus dem Blick zu verlieren, zeigt dieses Kapitel in knapper Form nochmals den umfassenden Problemzusammenhang. Die Botschaft lautet: Ein grundlegender Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft ist dringend notwendig, um die Lebensgrundlagen und Zukunftschancen der Menschheit zu erhalten. Klimaschutz ist dabei ein notwendiger, jedoch nicht hinreichender Bestandteil.

1.1 Megatrends des Erdsystems

1.1.1 Klimawandel, Klimawirkungen

Über die grundlegenden Zusammenhänge des anthropogenen globalen Klimawandels gibt es einen wissenschaftlichen Konsens, der politisch mittlerweile auf allen Ebenen akzeptiert wird. Die Arbeiten des IPCC (zuletzt IPCC, 2007a, b, c) und die politikberatenden Gutachten des WBGU (2003, 2008, 2009a) stellen die wissenschaftlichen Grundlagen in Bezug auf den anthropogenen Treibhausgasausstoß, die Folgen für die mittlere globale Temperatur, Veränderungen im Erdsystem sowie Auswirkungen auf Ökosysteme und menschliche Gesellschaften umfassend dar.

Rasch ablaufender, ungebremster Klimawandel wird für den Menschen zur Krise, weil dadurch der seit Ende der letzten Eiszeit relativ stabile klimatische Bereich verlassen wird, in dem sich die menschliche Zivilisation entwickelt hat (Abb. 1.1-1a). In den vergangenen 2.000 Jahren schwankte die mittlere globale Temperatur um weniger als 1 °C. Weder unsere Land- und Forstwirtschaft noch unsere Kultur, Gesellschaft, Infrastruktur, usw. sind auf eine rasche und starke Klimaveränderung von mehreren Grad Celsius vorbereitet.

In einigen Aspekten laufen die Auswirkungen des Klimawandels schneller ab als bislang von der Wissenschaft erwartet. Beispielsweise wurde das Abschmelzen von Meereis, Eisschilden und Gletschern unterschätzt (Abb. 1.1-1c). Die aktuellen Schätzungen des Meeresspiegelanstiegs liegen mindestens doppelt so hoch wie vom IPCC (2007a) angegeben (Allison et al., 2009). Demnach könnte die vom WBGU (2006) empfohlene Leitplanke für den Anstieg des Meeresspiegels von 1 m bereits vor Ende des Jahrhunderts durchbrochen werden (Abb. 1.1-1b; Rahmstorf, 2007; Vermeer und

Kasten 1-2

Industrieller Metabolismus: Das Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels

Haushaltsmüll ist ein für den Verbraucher augenscheinliches Resultat modernen Lebens. Ein Bewohner mit typischem Lebensstil in einem Industrieland verursacht davon jedes Jahr etwa 400–600 kg, ein Großteil davon entsteht durch Verpackungen von Konsumgütern wie etwa Lebensmitteln. Über die umweltgerechte Entsorgung dieser Abfälle gibt es eine rege gesellschaftliche Debatte. Weniger offensichtlich für den Konsumenten sind hingegen die in den Vorläuferstadien der Produktion („upstream" im Lebenszyklus) anfallenden Umweltwirkungen (Abb. 1-1).

Diese umfassen in Summe oft ein Vielfaches des für den Konsumenten letztendlich als Hausmüll erkennbaren Ressourcenaufwands. Um etwa eine Getränkedose mit Fruchtsaft aus Aluminium herzustellen, müssen Bauxit abgebaut und Elektrizität für die Schmelzelektrolyse produziert, es werden Beschichtungen aus Erdölprodukten und Verpackungen erzeugt usw. Alle Vorleistungen und Prozesse sind zudem durch Transportnetzwerke verbunden, die ihrerseits ressourcenintensiv sind. Obstproduktion, Getränkeherstellung, Kühlketten und Verteilung durch den Einzelhandel bis zum Konsumenten tragen ebenfalls zu den Umweltwirkungen bei. Methoden der Prozesskettenanalyse (Life Cycle Assessment) wurden entwickelt, um über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts, „cradle to grave", also „von der Wiege bis zur Bahre", Umweltwirkungen abzubilden. Dieser strategische Ansatz der Umweltberichterstattung ermöglicht es zu vergleichen, wie z.B. die Einführung einer Kreislaufwirtschaft, bei der „cradle to cradle" immer wieder die gleichen Materialressourcen genutzt werden, im Vergleich zu konventioneller „linearer" Ressourcennutzung abschneidet. Darüber hinaus ermöglicht er die Verbindung von Konsummustern zu Produktionsprozessen und Ressourcenverbrauch herzustellen sowie alternative Handlungsoptionen aufzuzeigen (UNEP, 2010c).

Auch auf höherer Aggregationsebene lässt sich z.B. für einzelne industrielle Sektoren, Regionen oder Länder sowie auf der globalen Ebene der kumulative gesellschaftlich-industrielle Stoffwechsel beschreiben (Ayres und Simonis, 1994; Abb. 1-2). Die durch gesellschaftliche Aktivität organisierte Anthroposphäre wird in dieser Darstellung als eigener Bestandteil der globalen Biosphäre verstanden. Umweltwirkungen können mit dieser Sichtweise nicht nur auf der Output-Seite (als Überlastung der Absorptionsfähigkeit der Umweltsysteme, z.B. durch nährstoffreiche Abwässer, Treibhausgase usw.) beschrieben werden, sondern auch auf der Input-Seite als Ressourcenknappheit, Übernutzung erneuerbarer oder nicht erneuerbarer Quellen.

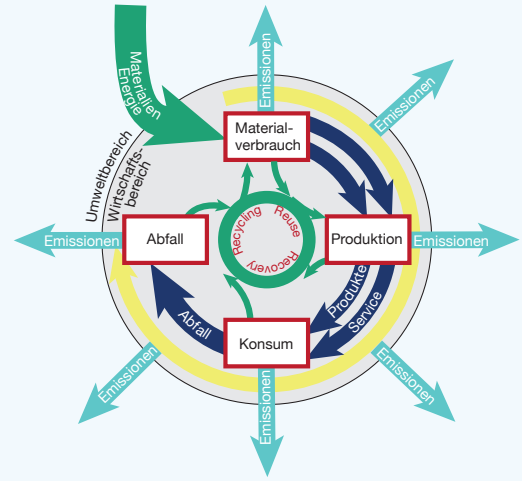
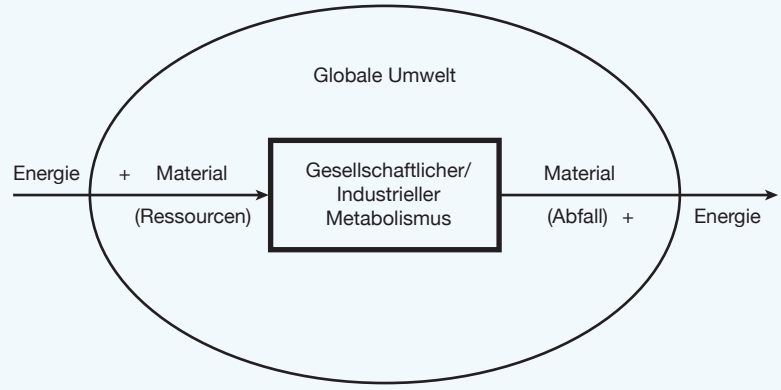


Abbildung 1-1
Industrieller Metabolismus: Schematische Darstellung von Materialverbrauch, Produktion, Konsum und Emissionen.
Quelle: nach EEA, 2010a

Ein typischer Bewohner eines Industrielands verbraucht in dieser Sichtweise jährlich unmittelbar etwa 10–20 t an Material (ohne Berücksichtigung von Wasser und Luft, sowie der indirekten Materialnutzung, z.B. durch induzierte Bodenerosion), um das eigene Leben und jenes der Nutztiere sowie die technische Infrastruktur (Investitionsgüter, Gebrauchsgüter, Gebäude, Transportnetze usw.) zu erhalten. Diese Materialflüsse bestehen in Industrieländern zu je etwa einem Drittel aus fossilen Energieträgern, aus Biomasse (Nahrung, Futtermittel, Holz und Faserstoffe) sowie aus mineralischen Ressourcen (Bau und Industrieminerallen). Analog zum biologischen Konzept des Stoffwechsels (Metabolismus) lässt sich dieser Gesamtprozess als energetischer Vorgang sowie in Form von Materialbilanzen darstellen (Eingänge = Ausgänge + netto Bestandsänderungen). Outputs können je nach Zielmedium unterschieden werden: in die Atmosphäre (wie etwa Treibhausgase, Staub oder Aerosole), in die Böden bzw. Geosphäre (etwa als Deponie) oder in die Hydrosphäre (als

Abbildung 1-2
Sozioökonomischer Metabolismus als Teilmenge der globalen Umwelt.
Quelle: nach Odum, 1971



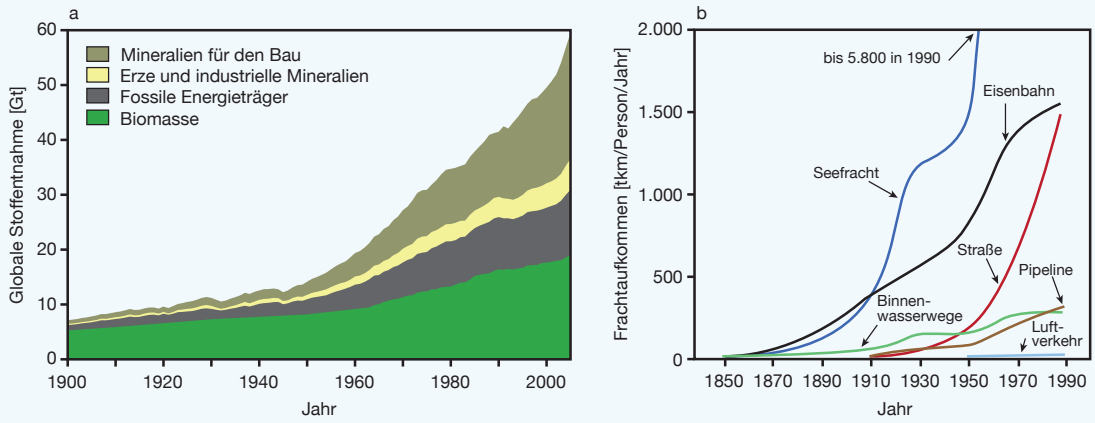


Abbildung 1-3
Direkte Stoffentnahme 1900–2005 (a) und Entwicklung des globalen Frachtaufkommens 1850–1990 (b).
Quellen: Gilbert, 2001; Krausmann et al., 2009

Abwasser). In Industrieländern werden die Emissionen in der Regel von CO_2 dominiert.

Abbildung 1-3 zeigt Trends im direkten Materialverbrauch und des globalen Frachtaufkommens im 20. Jahrhundert. Die direkte Stoffentnahme stieg von rund 7 auf etwa 59 Mrd. t pro Jahr (bzw. von 4,5 auf 9 t pro Kopf). Parallel stieg der Transport von Gütern seit 1850 auf inzwischen über 10.000 Tonnenkilometer pro Person und Jahr. Die durch globale Marktintegration weiter zunehmende räumliche Distanz zwischen Rohstoffentnahme, Produktion und Konsum erfordert integrierte Methoden zur Analyse und Darstellung von Umweltwirkungen von Konsum. Solche Materialbilanzen erlauben es, Umweltwirkungen mit den treibenden Kräften gesellschaftlicher Aktivität in Verbindung zu setzen (OECD, 2008). Dadurch verdeutlichen sie nicht nur, wie sich die Umwelt verändert, sondern auch warum. Strategische und präventive Politikentscheidungen werden so erleichtert.

Zahlreiche Industrieländer und internationale Organisationen wie die OECD und die EU informieren inzwischen über den nationalen direkten Materialverbrauch sowie die Ressourcenintensität ihrer Wirtschaftsaktivität als Bestandteil der nationalen Umweltstatistik. Das europäische statistische Amt hat methodische Grundlagen für die Erstellung solcher Buchhaltungssysteme als Teil der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erarbeitet (Eurostat, 2001). Um nachhaltige Produktions- und Konsummuster durch grüne Wachstumsstrategien zu erreichen, ist eine zunehmende Entkopplung des Ressourcenverbrauchs vom Wachstum und langfristig eine Kreislaufwirtschaft von Roh- bzw. Wertstoffen notwendig. Entsprechende Programme zur Förderung von Strategien zur umweltfreundlichen Produktion mit Slogans wie dem „3R Principle: Reduce, Reuse, Recycle" werden von zahlreichen UN-Organisationen, wie z. B. UNIDO und UNEP, im Rahmen des Marrakesh-Prozesses vorangetrieben. UNEP hat zur Verbesserung des Wissensstands und der wissenschaftlichen Politikberatung auf diesem Feld ein Panel for Sustainable Resource Management eingesetzt (z. B. UNEP, 2010d).

Rahmstorf, 2009). CO_2-Emissionen sind außerdem für ein weiteres globales Umweltproblem verantwortlich: die Versauerung der Ozeane (Kasten 1.1-2).

Es ist mittlerweile nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der Politik ein weithin anerkanntes Ziel, eine globale Erwärmung von mehr als 2 °C zu vermeiden. Eine Klimaerwärmung um mehr als 2 °C hätte wahrscheinlich gefährliche, irreversible und kaum beherrschbare Folgen für Natur und Gesellschaft (WBGU, 1995, 2007a). Es ist derzeit noch möglich, diese Grenze einzuhalten, aber die technischen, wirtschaftlichen und politischen Herausforderungen sind erheblich (UNEP, 2010a).

Die 16. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) in Cancún hat nicht nur sehr deutlich gemacht, dass der Klimawandel eine der größten Herausforderungen dieses Jahrhunderts ist, sondern auch, dass diese Klimaschutzleitplanke nicht überschritten werden sollte und dass dazu drastische Reduktionen der Treibhausgasemissionen notwendig sind (UNFCCC, 2010). Dabei wird mittlerweile auch diskutiert, dass eine Herabsetzung dieser maximalen Schadensgrenze auf 1,5 °C notwendig sein könnte.

Wegen seiner langen Lebensdauer akkumuliert CO_2 in der Atmosphäre, so dass eine weitere Erwärmung nur verhindert werden kann, wenn die Emissionen von CO_2 aus fossilen Quellen nahezu vollständig eingestellt werden. Das Ausmaß der anthropogenen Erwärmung hängt weitgehend davon ab, wie schnell es gelingt, die globalen CO_2-Emissionen zu senken. Analysen plausibler Emissionspfade zeigen, dass bis zur Jahrhundertmitte höchstens noch etwa 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen in die Atmosphäre freigesetzt werden dürfen, wenn die 2 °C-Leitplanke mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Dritteln eingehalten werden soll (Kasten 1.1-1). Nach 2050 darf dann weltweit nur noch eine kleine

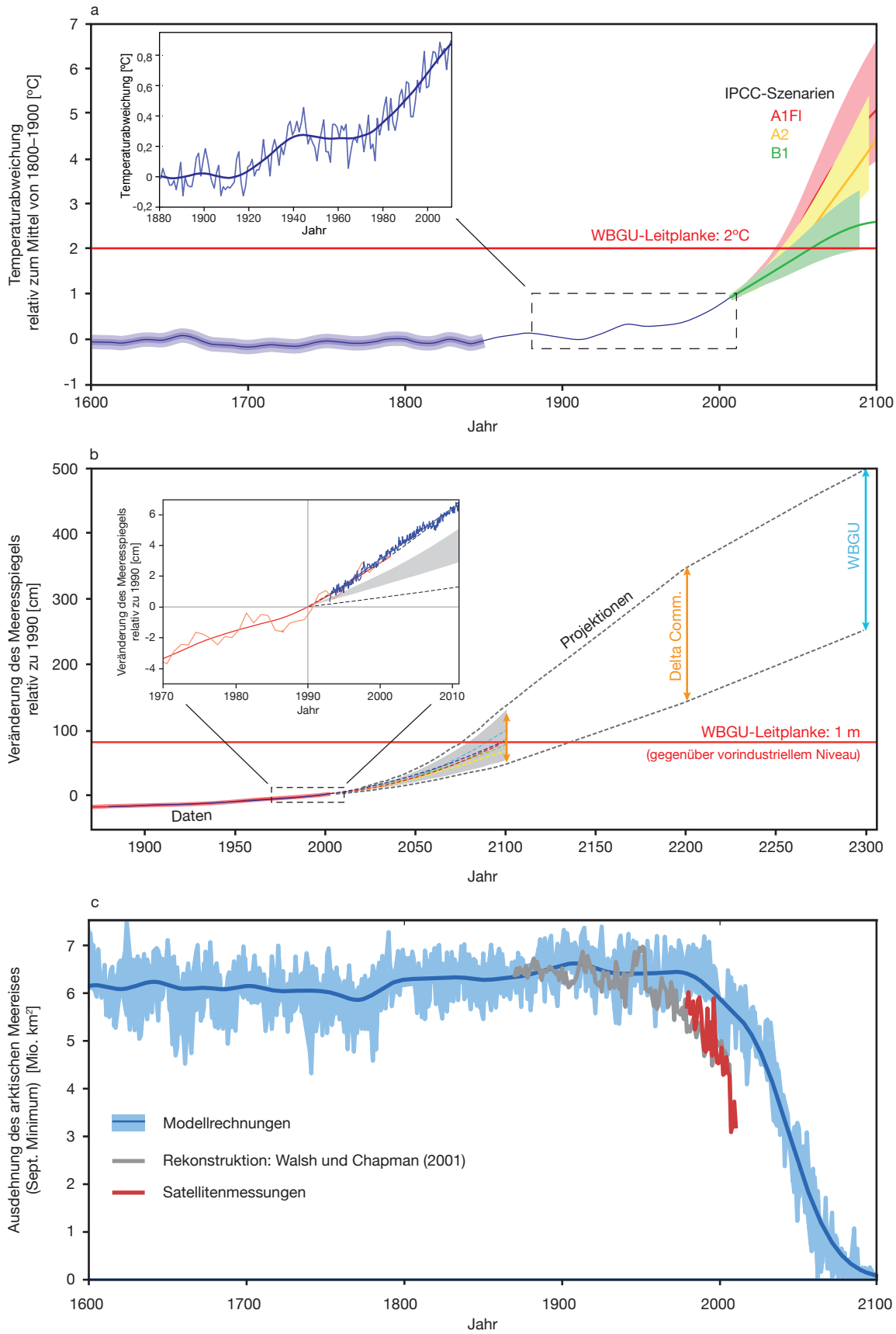

a
Temperaturabweichung relativ zum Mittel von 1800–1900 [°C]
Temperaturabweichung [°C]
Jahr
IPCC-Szenarien
A1FI
A2
B1
WBGU-Leitplanke: 2°C
Jahr
b
Veränderung des Meeresspiegels relativ zu 1990 [cm]
Veränderung des Meeresspiegels relativ zu 1990 [cm]
Jahr
Projektionen
Delta Comm.
WBGU
WBGU-Leitplanke: 1 m
(gegenüber vorindustriellem Niveau)
Daten
Jahr
c
Ausdehnung des arktischen Meereises (Sept. Minimum) [Mio. km²]
Modellrechnungen
Rekonstruktion: Walsh und Chapman (2001)
Satellitenmessungen
Jahr

Abbildung 1.1-1
Zeitliche Entwicklung von Temperatur, Meeresspiegel und Ausdehnung des arktischen Meereises.
a) Globaler Temperaturverlauf in Vergangenheit (Mann et al., 2008) und Zukunft (IPCC, 2007a). Gezeigt sind drei verschiedene Emissionsszenarien (B1, A2 und A1FI); die farbigen Bereiche sind die dazu gehörigen klimatologischen Unsicherheitsspannen. Ohne erfolgreiche Klimaschutzmaßnahmen würde selbst beim optimistischsten Emissionsszenario (B1; grün) die 2 °C-Leitplanke überschritten. Einsatzgrafik: Beobachtete Temperaturen bis 2010 (NASA, 2011). Die Messdaten zeigen Jahreswerte der globalen Temperatur relativ zum Mittel von 1880–1920 sowie eine geglättete Klimatrendlinie.
b) Aktuelle Projektionen des globalen Meeresspiegelanstiegs bis zum Jahr 2300 (relativ zu 1990). Rot: WBGU-Leitplanke von 1 m über dem vorindustriellen Wert (WBGU, 2006). Da zwischen dem Beginn der Industrialisierung und dem Jahr 1990 der Meeresspiegel um rund 15 cm gestiegen ist, ist die Linie hier bei weniger als 1 m eingezeichnet. Daten: Pegeldaten nach Church und White (2006). Projektionen: grauer Bereich und gestrichelte Linien nach Rahmstorf (2007); orangener Balken nach Delta Committee (2008); hellblauer Balken nach WBGU (2006). Die unterschiedlichen Annahmen hinter diesen Projektionen sind in den angegebenen Quellen erläutert. Einsatzgrafik: orange: Pegeldaten nach Church und White (2006); blau: Satellitendaten bis 2010 aktualisiert nach Cazenave et al. (2008); grauer Bereich und gestrichelte Linien: Projektionen des 3. IPCC-Berichts (IPCC, 2001).
c) Meereisausdehnung in der Arktis im Sommerminimum (September), nach Beobachtungsdaten, Rekonstruktion (Walsh und Chapman, 2001) und einer Serie von Modellrechnungen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie Hamburg (nach Jungclaus et al., 2010).
Quelle: nach WBGU, 2009b, ergänzt

CO_2-Restmenge ausgestoßen werden. Die Ära der von fossilen Energieträgern angetriebenen Weltwirtschaft muss daher noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zu Ende gehen (WBGU, 2009b). Dabei sollte die Trendumkehr der globalen Emissionsentwicklung so bald wie möglich, aber spätestens bis 2020 erfolgen, denn andernfalls wären im Folgezeitraum bis 2050 derart drastische Emissionsminderungen erforderlich, dass die technischen, ökonomischen und sozialen Kapazitäten unserer Gesellschaften überfordert wären (Abb. 1.1-2).

Von dieser notwendigen Trendwende ist die Welt noch weit entfernt. Trotz der Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2008 sanken die globalen CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger in der Folge nur um 1,3 %, so dass 2009 nach 2008 das Jahr mit den zweithöchsten Emissionen der Menschheitsgeschichte war. Vorläufige Ergebnisse für 2010 zeigen, dass der Emissionseinbruch bereits vollständig überkompensiert sein dürfte, und sich die Emissionen wieder auf den Wachstumspfad von vor der Krise begeben haben (Friedlingstein et al., 2010). Die CO_2-Konzentration der Atmosphäre lag im Jahr 2010 im Mittel bereits bei 389 ppm (Tans, 2011) gegenüber ca. 280 ppm vor der industriellen Revolution (IPCC, 2007a). Um die Klimaerwärmung zu begrenzen, ist eine umgehende Entkopplung der wirtschaftlichen Entwicklung vom Ausstoß an Treibhausgasen notwendig. Dabei geht es nicht allein um CO_2, das vor allem durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird (Kap. 1.2.3), sondern auch um die anderen klimawirksamen Gase (CH_4, N_2O und Industriegase). Weitere Sektoren sind die Landnutzung und die Industrie, deren Emissionen drastisch reduziert werden müssen (WBGU, 2007a).

Die Verhandlungen zu einem globalen Klimaabkommen begannen im Jahr 1990 und führten 1992 zur Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), die mit heute 192 Vertragsstaaten eine nahezu universelle Mitgliedschaft genießt. Ihre wichtigste Errungenschaft ist die Formulierung eines gemeinsamen Ziels zum Klimaschutz, nämlich die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird (UN, 1992). Ihr Charakter als Rahmenkonvention erfordert allerdings ergänzende operationalisierbare Beschlüsse. Seit 1995 wurden in bisher 16 Vertragsstaatenkonferenzen viele solcher Entscheidungen vereinbart, darunter 1997 das Kioto-Protokoll. Es enthält bindende Emissionsminderungspflichten für Industrieländer für den Zeitraum 2008–2012 und war darauf ausgelegt, dass sich weitere Verpflichtungsperioden anschließen. Das Protokoll wurde allerdings vom größten Emittenten unter den Industrieländern, den USA, nie ratifiziert, und die Verhandlungen über weitere Verpflichtungsperioden gestalteten sich auch 2010 in Cancún ausgesprochen schwierig. Obwohl nur mäßig ambitioniert (die Industrieländer verpflichteten sich, ihre Emissionen im Zeitraum 2008–2012 um 5 % unter das Niveau von 1990 zu senken), wurde das Kioto-Protokoll vielfach als Testlauf für Instrumente des Klimaschutzes (z. B. zwischenstaatlicher Emissionshandel, Clean Development Mechanism) betrachtet und hat auch sicherlich viel zu deren Erprobung beigetragen. Seit der 13. Vertragsstaatenkonferenz 2007 auf Bali wird über die Ausgestaltung der langfristigen Kooperation der Staaten verhandelt. Hoffnungen, dass dies in einem umfassenden, operationalisierbaren und rechtlich verbindlichen Abkommen münden wird, haben sich bisher allerdings nicht erfüllt. Die Verhandlungen drehen sich dabei nicht allein um den Klimaschutz (mitigation), sondern zunehmend auch um die Anpassung an den Klimawandel (adaptation). Zentrale unge-

Kasten 1.1-1

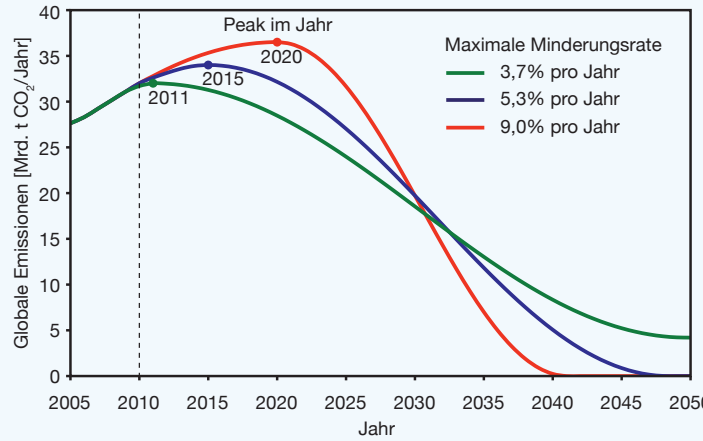
Das globale CO_2-Emissionsbudget

Studien der vergangenen Jahre zeigen, dass durch die lange Lebensdauer von CO_2 in der Atmosphäre dessen ohnehin hohe Bedeutung für den Klimawandel im Vergleich zu kurzlebigeren Treibhausgasen und Aerosolen auf lange Sicht immer dominanter wird (Allen et al., 2009; Meinshausen et al., 2009). Der WBGU hat diese Erkenntnis ins Zentrum des Sondergutachtens „Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz" gestellt (WBGU, 2009b). Da mittlerweile neuere Emissionsdaten vorliegen, wird im Folgenden das noch zulässige CO_2-Budget aktualisiert. Nach Meinshausen et al. (2009) führt die Emission von 1.160 Gt CO_2 aus anthropogenen Quellen im Zeitraum 2000–2050 mit einer Wahrscheinlichkeit von 33% zur Überschreitung der 2°C-Leitplanke. Auf Grundlage der Daten von CDIAC (2011), Le Quére et al. (2009) und GCP (2011) schätzt der WBGU die CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen und der Zementherstellung für den Zeitraum 2000–2010 auf 314 Gt CO_2 sowie die Emissionen aus Landnutzungsänderungen auf 45 Gt CO_2, d.h. die gesamten anthropogenen CO_2-Emissionen im Zeitraum 2000–2010 belaufen sich nach dieser Schätzung auf ca. 360 Gt CO_2. Insgesamt dürften im Zeitraum 2011–2050 demnach noch ca. 800 Gt CO_2 aus anthropogenen Quellen emittiert werden, wenn die 2°C-Leitplanke mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Dritteln eingehalten werden soll. Was heißt das für die Emissionen aus fossilen Quellen? Friedlingstein et al. (2010) beziffern die durchschnittlichen jährlichen CO_2-Emissionen aus Landnutzungsänderungen für den Zeitraum 2000–2009 auf 4,0 Gt. Die Vertragsstaaten der Biodiversitätskonvention haben sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 zumindest eine Halbierung der Verlustrate natürlicher Ökosysteme zu erreichen, einschließlich der Wälder (CBD, 2010b). Sollte es daher gelingen, die damit verbundenen Emissionen bis 2020 zu halbieren und anschließend mit derselben Rate weiter auf Null zu senken, würde dies die CO_2-Emissionen aus Landnutzungsänderungen bis 2050 auf 40 Gt begrenzen. Würden diese Emissionen allerdings erst bis 2030 halbiert und bis 2050 auf Null gesenkt, dann würden 80 Gt CO_2 emittiert. Je nachdem, wie erfolgreich die Eindämmung der CO_2-Emissionen aus Landnutzungsänderungen ist, also vor allem die Verminderung der Entwaldung in den Tropen (Kap. 4.1.7), dürften also bis 2050 noch 720–760 Gt CO_2 aus fossilen Quellen emittiert werden. Soll die Wahrscheinlichkeit, die anthropogene Klimaerwärmung auf 2°C zu begrenzen, auf 75% erhöht werden, würde sich das zulässige CO_2-Budget aus fossilen Quellen auf 560–600 Gt CO_2 verringern. Sollten keine Erfolge bei der Eindämmung der Entwaldung erzielt werden, würde das Budget weiter schrumpfen.

Vor allem aufgrund neuer, wesentlich niedrigerer Abschätzungen der Landnutzungsemissionen seit 2000 (Friedlingstein et al., 2010) ist die vom WBGU für das Budget 2010–2050 gegebene Abschätzung von 750 Gt CO_2 (WBGU, 2009b) daher auch als grober Richtwert für das zulässige Budget 2011–2050 gültig. Abbildung 1.1-2 zeigt illustrativ drei schematische zeitliche Verläufe der globalen CO_2-Emissionen aus fossilen Energieträgern, die mit einem solchen Budget vereinbar wären. Es wird deutlich, dass eine zeitliche Verschiebung der Trendumkehr der globalen Emissionen (peak) dazu führt, dass in späteren Jahren deutlich höhere Minderungsraten erforderlich sind, um das Budget einzuhalten.

Auch wenn der dominante Erwärmungseffekt von den CO_2-Emissionen stammt, wurden bei diesen Berechnungen auch die Effekte der anderen im Kioto-Protokoll geregelten Treibhausgase berücksichtigt. So wird davon ausgegangen, dass die kumulierten Emissionen dieser anderen Treibhausgase im Zeitraum 2010–2049 etwa 500 Gt CO_2eq betragen (Meinshausen et al., 2009).

Abbildung 1.1-2
Beispiele für globale Emissionspfade, bei denen im Zeitraum 2010–2050 750 Mrd. t CO_2 emittiert werden.
Quelle: WBGU, 2009b



klärte Fragen betreffen Aspekte der Gerechtigkeit, die insbesondere als Verantwortung der Industrieländer interpretiert wird, die Entwicklungsländer finanziell und durch Technologietransfer beim Klimaschutz sowie bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Fortschritte sind hingegen bei der Diskussion um das globale Ambitionsniveau des Klimaschutzes zu verzeichnen, wo sich mehr und mehr die Auffassung durchsetzt, der Temperaturanstieg müsse auf 2°C oder sogar 1,5°C begrenzt werden (UNFCCC, 2010). Die daraus ableitbaren Konsequenzen in Bezug auf erforderliche Maßnahmen werden allerdings derzeit noch ignoriert. Zuletzt wurde in Cancún ein Entscheidungspaket verabschiedet, das den weiteren Verhandlungsprozess

Kasten 1.1-2

Ozeanversauerung

CO_2-Emissionen führen nicht nur zum Klimawandel, sondern beeinflussen auch direkt die Meereschemie. Die anthropogenen CO_2-Emissionen wurden bisher zu etwa einem Drittel von den Ozeanen aufgenommen, bilden im Meerwasser Kohlensäure und führen zu einer messbaren Versauerung (The Royal Society, 2005). Dadurch ist die Konzentration der Wasserstoffionen bereits um ca. 30 % gestiegen, was einer Absenkung des pH-Werts um etwa 0,11 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Niveau entspricht (WBGU, 2006). Die Geschwindigkeit der Versauerung ist mindestens hundertmal schneller als jemals in den letzten 20 Mio. Jahren zuvor (Rockström et al., 2009b). Die Tatsache, dass der atmosphärische CO_2-Gehalt in früheren erdgeschichtlichen Perioden bereits höher war, ist kein Gegenargument, denn die Gefahr der Versauerung rührt insbesondere von der hohen Geschwindigkeit der CO_2-Zunahme, was sie von natürlichen Pufferungsprozessen entkoppelt (WBGU, 2006).

Eine ungebremste Fortsetzung dieses Trends würde zu einer Meeresversauerung führen, die in den letzten Jahrmillionen ohne Beispiel und über Jahrtausende unumkehrbar ist. Die Versauerung behindert das Wachstum kalkbildender Organismen (z. B. Korallen, Muscheln, Schnecken und bestimmte Planktongruppen), führt zum Verlust biologischer Vielfalt, kann anoxische Todeszonen in den Ozeanen erzeugen (Hofmann und Schellnhuber, 2009), verändert die biogeochemische Dynamik im Meerwasser (z. B. von Kalk, organischem Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor; Doney et al., 2009) und stellt insgesamt eine existenzielle Gefährdung mariner Ökosysteme dar (z. B. Korallenriffe; Hoegh-Guldberg et al., 2009). Diese fundamentalen Veränderungen könnten weitreichende Folgen für die Millionen von Menschen haben, die direkt oder indirekt vom Ozean abhängen (Doney et al., 2009).

Vom WBGU wurde folgende Leitplanke vorgeschlagen: Der pH-Wert der obersten Meeresschicht sollte in keinem größeren Ozeangebiet um mehr als 0,2 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Wert absinken (WBGU, 2006). Rockström et al. (2009a, b) wählen einen anderen Indikator und schlagen vor, dass die Kalksättigung (von Aragonit) mindestens 80 % des vorindustriellen Werts $\Omega = 3{,}44$ betragen soll, so dass die oberflächennahen Wasserschichten nicht untersättigt werden und die meisten Korallensysteme lebensfähig bleiben. Die Versauerungsproblematik alleine ist Grund genug, die CO_2-Emissionen zu begrenzen. Es sollte daher von der Klimapolitik sichergestellt werden, dass die anthropogenen CO_2-Emissionen unabhängig von der Reduktion anderer Treibhausgasemissionen ausreichend begrenzt werden. Diese Sonderrolle von CO_2 wird in den Verhandlungen der UNFCCC noch nicht ausreichend berücksichtigt.

durch einige Vorfestlegungen erleichtern dürfte, die wichtige Frage der zukünftigen Emissionsminderungen aber weitgehend ausklammert.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Konvention und ihre Beschlüsse zum gegenwärtigen Zeitpunkt zwar eine vom Anspruchsniveau her angemessene Zielsetzung bieten, die aber auf abstrakter Ebene verharrt und nicht mit geeigneten Konkretisierungen unterlegt ist. Nichts deutet derzeit darauf hin, dass die von den Staaten selbst geplanten und an die Konvention berichteten Klimaschutzmaßnahmen und -ziele in der Summe ausreichen, eine Klimaerwärmung von mehr als 2 °C zu vermeiden. Ein bindendes Abkommen, das die Staaten zu angemessenen Plänen verpflichten würde, scheint nicht in Sicht.

1.1.2 Verlust von Ökosystemleistungen und biologischer Vielfalt

Auch in der Biosphäre hat der Mensch dramatische Änderungen bewirkt. Mit zunehmender Geschwindigkeit werden Wälder, Savannen und Grasland für die Landwirtschaft gerodet. Global zeigen mehr als drei Viertel der eisfreien Fläche Anzeichen einer vom Menschen verursachten Veränderung und etwa ein Drittel der Fläche ist landwirtschaftlich genutzt, mit steigender Tendenz (Ellis und Ramankutty, 2008; Ramankutty et al., 2008). Eine wachsende Weltbevölkerung mit wachsenden Ansprüchen (z. B. Konsum tierischer Produkte), eine gesteigerte Produktion von Bioenergie und stofflicher Biomassenutzung sowie eine sich ausbreitende Infrastruktur sind wichtige Gründe für den sich verstärkenden Druck auf die Landnutzung (WBGU, 2009a; van Vuuren, 2009; PBL, 2010; Kap. 1.2.5). Zudem werden Korallenriffe und Mangroven zerstört, Seen überdüngt, Flüsse betoniert und Fischressourcen übernutzt (WBGU, 2000b, 2006; MA, 2005b; CBD, 2010b). All dies führt zu einem massiven Verlust biologischer Vielfalt: Im Vergleich zum Mittel der Erdgeschichte ist die heutige Aussterberate der Tier- und Pflanzenarten bereits hundert- bis tausendfach erhöht (MA, 2005b). Bei den gut untersuchten Gruppen gelten große Anteile der bekannten Arten als gefährdet oder bereits ausgestorben (22 % der Säugetiere, 14 % der Vögel, 31 % der Amphibien, 28 % der Nadelhölzer und 52 % der Palmfarne; Vié et al., 2008) und die bisherigen Naturschutzmaßnahmen gelten als unzureichend (z. B. Hoffmann et al., 2010).

Menschliche Gesellschaften benötigen Ressourcen, die uns die Natur liefert: Nahrung, Fasern, Baumaterial und industrielle Grundstoffe sind nur einige Beispiele. Wir sind zudem von Ökosystemleistungen abhängig: Küstenschutz, Wasserhaushalt, Bestäubung, Bodenfruchtbarkeit, Luftreinhaltung usw. (MA, 2005c). Tier- und Pflanzenarten brauchen wir nicht zuletzt deshalb, weil ihre genetischen und physiologischen Baupläne für

die Weiterentwicklung der Nutzpflanzen zur Sicherung der Welternährung oder für die Medizin- und Technikforschung unverzichtbar sind (WBGU, 2000a; Chivian und Bernstein, 2008).

Da biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen den Charakter öffentlicher Güter haben, die nicht auf Märkten gehandelt werden und denen keine Preise zugeordnet sind, wird ihre Bedeutung im Wirtschaftssystem massiv unterschätzt (Sukhdev, 2008; TEEB, 2010). Dementsprechend werden natürliche Ökosysteme und ihre Vielfalt an Arten und Genen immer weiter degradiert und zerstört, so dass die biologische Vielfalt in diesem Jahrhundert wahrscheinlich deutlich abnehmen wird (Pereira et al., 2010). Es droht die 6. Auslöschung von Arten in der Erdgeschichte, die irreversibel ist und diesmal von der Menschheit verursacht wird (Leakey und Lewin, 1996; Chapin III et al., 2000). Dieses neue Massensterben kann nur noch vermieden werden, wenn die als bedroht eingestuften Arten geschützt werden (Barnosky et al., 2011).

Mit dem Verschwinden von Arten und Genen werden die verbliebenen Ökosysteme anfälliger für Störungen (Suding et al., 2008). Neben den erwähnten großflächigen Landnutzungsänderungen sind der Klimawandel (Kap. 1.1.1), die erhebliche Verstärkung der Nährstoffkreisläufe (Kap. 1.1.5) und die weltweite Verschleppung von Arten durch den zunehmenden interkontinentalen Verkehr (Abb. 1-3b) weitere globale Störungen, die seit der Industrialisierung stark zugenommen haben und die Ökosysteme zunehmend belasten. Allein durch einen ungebremsten Klimawandel droht der unwiederbringliche Verlust von 20–30% der Tier- und Pflanzenarten (IPCC, 2007b). Damit steigt das Risiko plötzlicher, nichtlinearer und schwer prognostizierbarer Veränderungen der jeweils bestehenden Ökosystemzustände (Scheffer et al., 2001; Hastings und Wysham, 2010). Sogar Ökosystemgefüge kontinentalen Ausmaßes und großflächige Meeresregionen können davon betroffen sein (Scheffer, 2009; z.B. Zusammenbruch der Kabeljau-Bestände im Seegebiet vor Neufundland: Hutchings und Myers, 1994; Amazonasregion: WBGU, 2008). Die Fähigkeit des Planeten, die Lebensgrundlage für künftige Generationen bereitzustellen, kann also nicht länger als selbstverständlich gelten (MA, 2005d).

Wie auch beim Klimawandel ist die rechtzeitige Vermeidung oder zumindest Begrenzung des Problems volkswirtschaftlich erheblich rentabler als eine spätere Reparatur von Schäden (TEEB, 2010; Tab. 1.1-1).

Eine planetarische Leitplanke für den Verlust biologischer Vielfalt ist wegen der Vielfalt der Arten, ihrer extrem unterschiedlichen Bedeutung für das Funktionieren der Ökosysteme sowie wegen der riesigen Wissenslücken besonders schwer zu definieren. Da Schutzgebiete eines der wichtigsten Instrumente für die Erhaltung von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen sind, eignen sie sich als grober Indikator für den Schutz der Biosphäre. Der WBGU (2006) hat folgende Leitplanke vorgeschlagen: 10–20% der weltweiten Fläche terrestrischer Ökosysteme sowie 20–30% der Fläche mariner Ökosysteme sollten für ein globales, ökologisch repräsentatives und effektiv betriebenes Schutzgebietssystem ausgewiesen werden. Die CBD hat sich auf der Vertragsstaatenkonferenz in Nagoya zum Ziel gesetzt, bis 2020 die Schutzflächen an Land auf 17% und im marinen Bereich auf 10% zu steigern (CBD, 2010a). Formal stehen zwar bereits etwa 12% der globalen Landfläche unter Schutz (BIP, 2010), allerdings sind die bestehenden Schutzgebietssysteme weder ausreichend repräsentativ, noch gut genug geplant, finanziert oder geführt (CBD, 2004). Zudem könnte selbst ein gut funktionierendes Schutzgebietssystem den Verlust der biologischen Vielfalt allein nicht stoppen. Die nachhaltige Landnutzung in der bewirtschafteten Fläche, die Vernetzung der Schutzgebiete mit der umliegenden Landschaft sowie eine Begrenzung des Klimawandels und der Ozeanversauerung müssen hinzukommen.

Rockström et al. (2009a, b) orientieren sich mit ihrer planetarischen Grenze an der Aussterberate von Arten und halten eine Verzehnfachung der natürlichen Rate des Artensterbens für eine Grenze, jenseits derer unerwünschte großskalige Systemveränderungen nicht ausgeschlossen werden können. Die heutige Aussterberate der Tier- und Pflanzenarten ist aber bereits 100–1.000mal größer als im Mittel der Erdgeschichte und wird sich weiter erhöhen (MA, 2005b), so dass sich die Menschheit bei diesem Parameter also bereits tief in der Gefahrenzone befindet (Rockström et al., 2009b).

Die Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity, CBD) gilt als das wichtigste internationale Vertragswerk zur biologischen Vielfalt. Daneben gibt es weitere, auf bestimmte Aspekte der biologischen Vielfalt spezialisierte Abkommen. Seit 1993 arbeitet die CBD daran, mit Hilfe von Arbeitsprogrammen, Standardsetzungen und Finanzierungen für Entwicklungsländer die Umsetzung der vereinbarten Ziele in den Vertragsstaaten zu verbessern. Das Ziel der Weltgemeinschaft, bis 2010 einen signifikanten Rückgang der Verlustrate der biologischen Vielfalt zu erreichen, wurde verfehlt: Die Verlustrate hat sich seither sogar beschleunigt. Von den 21 vereinbarten Unterzielen wurde keines erreicht und nur bei vier Unterzielen gab es signifikanten Fortschritt. Von den dazu gehörigen 15 Indikatoren weisen zwei aufwärts, drei zeigen keinen klaren Trend und elf deuten auf eine weitere Verschlechterung der Situation (CBD, 2010b). Modellierungen zeigen, dass sich ohne neue Politikansätze der Verlust biologischer Vielfalt weiter fortsetzen

Tabelle 1.1-1
Schätzungen von Kosten und Nutzen von Restaurationsprojekten in verschiedenen Biomen.
Quelle: Sukhdev, 2008

Biome bzw. Ökosysteme	Typische Kosten der Restauration (hohes Szenario)	Geschätzter jährlicher Nutzen der Restauration (mittleres Szenario)	Nettowert des Nutzens über 40 Jahre	Interne Rendite	Nutzen/ Kosten-Verhältnis
	[US-$/ha]	[US-$/ha]	[US-$/ha]	[%]	
Korallenriffe	542.500	129.200	1.166.000	7	2,8
Küstenökosysteme	232.700	73.900	935.400	11	4,4
Mangroven	2.880	4.290	86.900	40	26,4
Binnenfeuchtgebiete	33.000	14.200	171.300	12	5,4
Seen und Flüsse	4.000	3.800	69.700	27	15,5
Tropische Wälder	3.450	7.000	148.700	50	37,3
Andere Wälder	2.390	1.620	26.300	20	10,3
Buschland	990	1.571	32.180	42	28,4
Grasland	260	1.010	22.600	79	75,1

wird (PBL, 2010). Auf der Vertragsstaatenkonferenz in Nagoya wurde ein neuer strategischer Plan formuliert. Er sieht vor, den Verlust der biologischen Vielfalt zu stoppen und bis 2020 die Grundlagen dafür zu schaffen (CBD, 2010a). Bislang ist es allerdings trotz teils anspruchsvoller Zielsetzungen der bestehenden globalen Institutionen nicht gelungen, eine Trendwende im Bereich biologische Vielfalt zu erreichen.

1.1.3 Bodendegradation und Desertifikation

Die Degradation von Landflächen wird vor allem durch Entwaldung, Überweidung, die Ausweitung nicht nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktion, Bodenversalzung, Flächenversiegelung und Städtewachstum verursacht (IAASTD, 2009; UNEP, 2002, 2007). Laut UNEP gehen der Produktion jährlich zwischen 20.000–50.000 km^2 Landflächen hauptsächlich durch Bodenerosion verloren (UNEP, 2007). Abhängig vom methodischen Ansatz fallen die Abschätzungen über das Ausmaß der Degradation von Landflächen unterschiedlich aus. In der Wissenschaft besteht aber Einigkeit darüber, dass Bodendegradation und Desertifikation ungebremst voranschreitende weltweite Probleme darstellen, die in den kommenden Jahrzehnten die Handlungsspielräume in der Agrarproduktion, beim Naturschutz, Wassereinzugsgebieten und Wäldern sowie beim Klimaschutz deutlich einschränken werden (Eswaran et al., 2001; MA, 2005e).

Die erste globale, auf Expertenmeinung beruhende Abschätzung zur Degradation von Landflächen legte 1990 das International Soil Reference and Information Centre mit dem Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD) vor, wobei Veränderungen über die letzten Jahrhunderte einbezogen wurden (WBGU, 1994). GLASOD schätzt, dass zwischen 1940 und 1990 weltweit knapp 2 Mrd. ha Land (das entspricht 15% der globalen Landfläche) durch den Menschen degradiert wurden, wobei alle Länder betroffen waren (Oldeman et al., 1990, 1991). 65% der landwirtschaftlich genutzten Flächen wiesen danach Degradationserscheinungen auf, 25% davon moderat und 40% stark bzw. sehr stark. Jüngere Untersuchungen, bei denen auch Satellitendaten berücksichtigt wurden, gehen davon aus, dass etwa ein Drittel der globalen Ackerflächen von Degradation betroffen sind (IAASTD, 2009). Trockengebiete gelten als besonders von Bodendegradation, insbesondere Desertifikation, betroffen (MA, 2005e; Hutchinson und Herrmann, 2008).

Im Gegensatz zu GLASOD kommt das Land Degradation Assessment in seinem aktuellen vorläufigen Fortschrittsbericht (LADA; Bai et al., 2008) zu dem Ergebnis, dass mehr als ein Fünftel des globalen Ackerlandes von Degradation betroffen sind. Grundlage sind dabei Satellitenmessungen der Nettoprimärproduktion und empirische Untersuchungen vor Ort zwischen 1981 und 2003. Auf rund 16% der globalen terrestrischen Landflächen lassen sich laut LADA auch Verbesserungen der Bodenbedeckung beobachten; 18% davon sind Ackerflächen, 23% Wälder und 43% Weiden. Die partielle Verbesserung der Vegetationsbedeckung bzw. Biomasseproduktion lässt sich u. a. auf zusätzliche Bewässerung und großflächige Wiederaufforstungsprojekte zurückführen.

Global betrachtet ist aber verglichen mit Verbesserungen der Böden die Degradation von Landflächen der dominierende Trend: In vielen Entwicklungsländern bedroht die Degradation von Landflächen die Ernährungssicherheit und die Entwicklungspotenziale des ländlichen Raumes (WBGU, 2009a).

Um weitere Degradation von Landflächen vermeiden zu helfen, ist die Einigung auf eine Leitplanke für den weltweiten Bodenschutz sinnvoll. Rockström et al. (2009a) schlagen vor, maximal 15% der globalen terrestrischen Gesamtfläche für die Landwirtschaft zu nutzen. Bis heute wurden bereits knapp 12% konvertiert. Der WBGU hat als Leitplanke für anthropogen bedingte Bodendegradation die Stabilisierung des natürlichen Ertragspotenzials in einem Zeitraum von 300–500 Jahren vorgeschlagen (WBGU, 2009a). Dabei sollte der Bodenverlust nicht stärker sein als die Bodenneubildung. Abhängig von den Bodeneigenschaften kann dafür eine Toleranzgrenze festgelegt werden. Diese sieht der WBGU in der klimatisch gemäßigten Zone bei einem Bodenverlust von 1–10 t pro ha und Jahr.

Die Vermeidung von Bodendegradation und Desertifikation sind Gegenstand der Desertifikationskonvention (UNCCD) und seit vielen Jahrzehnten ein wichtiges Handlungsfeld der Entwicklungszusammenarbeit. Ohne nachhaltige Landnutzung ist ein wirksamer Klimaschutz kaum zu erreichen. Durch Desertifikation sind bisher geschätzte 18–28 Gt C (entsprechend 66–103 Gt CO_2) Bodenkohlenstoff freigesetzt worden (FAO, 2009d). Gras- und Weideland bergen ein großes Potenzial als Kohlenstoffsenke: Durch nachhaltiges Management von Graslandflächen und Restaurierung degradierter Graslandflächen können jährlich global 100–800 Mt CO_2 aufgenommen werden (FAO, 2009d).

Gemessen an der Bedeutung des Bodenschutzes und nachhaltiger Landnutzung sind die globalen Institutionen in diesem Bereich nur sehr schwach aufgestellt. Von den drei „Rio-Konventionen" gilt die Desertifikationskonvention als Stiefkind der internationalen Umweltschutzpolitik. Während es für den Bodenschutz in Trockengebieten immerhin ein internationales Umweltabkommen gibt, ist man bei sonstigen Böden sowie beim Schutz der Wälder noch weit von einer umfassenden, völkerrechtlich bindenden Regelung entfernt.

1.1.4 Wassermangel und Wasserverschmutzung

Die Gesamtnutzung von Süßwasser hat sich im letzten Jahrhundert nahezu verachtfacht (Shiklomanov, 2000), und sie wächst weiter mit ca. 10% pro Jahrzehnt. Eine wachsende Weltbevölkerung mit steigenden Ansprüchen wird die Nachfrage nach Wasser auch in Zukunft deutlich vergrößern, vor allem wegen der weiter zunehmenden Bewässerungslandwirtschaft.

Der Einfluss des Menschen auf den globalen Wasserhaushalt steigt von Jahr zu Jahr (Shiklomanov und Rodda, 2003); derzeit werden über 40% der erneuerbaren, zugänglichen Wasserressourcen anthropogen genutzt oder reguliert (MA, 2005b). Zunehmend wird nicht nur die mengenmäßige Übernutzung zum Problem, sondern auch die Wasserverschmutzung. Landwirtschaft (Versalzung, Nährstoff- und Sedimenteintrag), Industrie und Haushalte (Nähr- und Schadstoffe) belasten Seen, Flüsse und Küstengewässer, so dass erhebliche ökologische, Gesundheits- und Entwicklungsprobleme verursacht werden (IWMI, 2007). In vielen Wassereinzugsgebieten fallen die Grundwasserspiegel, viele große Flüsse sind übernutzt, stark verschmutzt und biologisch verarmt, ein Viertel von ihnen erreichen wegen der starken Wassernutzung nicht mehr die Küste (z.B. Gelber Fluss in China; Colorado in Nordamerika).

Wasserkrisen führen schon heute in einigen Regionen zu erheblichen zusätzlichen gesellschaftlichen Konflikten (WBGU, 2008). Ein Drittel der Menschen ist von Wasserknappheit betroffen; etwa 1,1 Mrd. Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Wasserverschmutzung ist ein gleichermaßen großes Problem: 2,6 Mrd. Menschen fehlt der Zugang zu einer sanitären Grundversorgung, was unmittelbare Gefährdungen der menschlichen Gesundheit mit sich bringt (UNDP, 2006). Mangel an sauberem Wasser führt zu Krankheiten, die zu den wichtigsten Ursachen für Kindersterblichkeit in Entwicklungsländern gehören. Durchfallerkrankungen standen im Jahr 2000 mit 17% an der Spitze und verursachten weltweit 1,8 Mio. Todesfälle bei Kindern unter 5 Jahren (UNESCO, 2009). Der Klimawandel verstärkt diese Probleme zusätzlich. Er wird in vielen Regionen den Wasserhaushalt so beeinflussen, dass sich die Wasserverfügbarkeit in Menge oder jahreszeitlicher Verteilung verschlechtert (IPCC, 2007b; WBGU, 2008).

Vor diesem Hintergrund wurde das Millenniumsentwicklungsziel vereinbart, die Anzahl der Menschen ohne Zugang zu Wasser bis 2015 gegenüber dem Stand von 1990 zu halbieren (Millenniumsentwicklungsziel 7, Teilziel 10; UN, 2010). Dieses Ziel ist bei entsprechender Anstrengung global erreichbar, auch wenn in einigen Regionen (z.B. Afrika südlich der Sahara, Ozeanien) eine Verbesserung der Situation wenig wahrscheinlich ist (UNICEF und WHO, 2004; WBGU, 2005).

Rockström et al. (2009a) schlagen eine planetarische Grenze für die globale Süßwassernutzung vor. Eine Wasserentnahme aus allen Flüssen, Seen und Grundwasser („blaues Wasser") von insgesamt mehr als etwa

4.000 km³ pro Jahr birgt ein erhebliches Risiko nichtlinearer Systemantworten (große Verschiebungen im Wasserhaushalt, Kollaps von Ökosystemen) auf der regionalen bis kontinentalen Skala. Bei einer heutigen Nutzung von ca. 2.600 km³ pro Jahr bei rasch steigender Tendenz bleibt noch etwas Spielraum, der aber voraussichtlich wegen der notwendigen Ausweitung und Intensivierung der Landwirtschaft bis 2050 bereits ausgenutzt sein wird.

Ein international abgestimmter Rahmen für eine nachhaltige Süßwasserpolitik nach dem Muster der drei Rio-Konventionen ist von der Staatengemeinschaft bisher nicht vereinbart worden. Im Gegensatz etwa zum Klima ist Süßwasser ein Umweltgut, dessen Schutz und nachhaltige Nutzung oftmals im jeweiligen Wassereinzugsgebiet am effizientesten gestaltbar sind. So gesehen bieten sich eher regionale bzw. nationale Lösungen an. Da Verknappung und Verschmutzung von Süßwasserressourcen gleichzeitig ein weltweit beobachtbarer Trend sind, besteht aber auch global Regelungs- bzw. Abstimmungsbedarf. Die globale Süßwasserpolitik ist im Gegensatz zu den drei Rio-Konventionen durch eine Nichtregierungsorganisation, dem Weltwasserrat, als Dialogprozess organisiert. Alle drei Jahre finden Weltwasserforen unter Beteiligung aller Akteure (UN, Staaten, NRO, Private, Wissenschaft usw.) statt, um den Dialog über eine nachhaltige Süßwassernutzung voranzutreiben.

1.1.5 Rohstoffe, Nährstoffe, Schadstoffe

Seit etwa 150 Jahren sind die Umsätze mineralischer Stoffe drastisch gestiegen. Kohle und Erze, Erdöl und Erdgas sind die bekanntesten Beispiele für den Abbau endlicher Rohstoffe, die seit der industriellen Revolution die Weltwirtschaft antreiben und mittlerweile teils knapp werden (Kap. 4.1.2; Abb. 1-3a).

Aber auch künstlich hergestellter Stickstoffdünger sowie der Abbau mineralischer Phosphorvorkommen (Kasten 1.1-3) sind unverzichtbar für die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung und generell für die Landwirtschaft. Ein wirksamer Klimaschutz bedingt den Umbau großer Teile des Wirtschaftssystems, nicht zuletzt bei der Energieversorgung und Mobilität (Kap. 4). In diesem Zusammenhang rücken andere mineralische Ressourcen in den Blickpunkt, die künftig in erheblich größeren Mengen benötigt werden und relativ selten oder sehr ungleich verteilt vorkommen; Kapitel 1.1.5.1 nennt einige Beispiele dafür.

Als Folge anthropogener Schadstoffemissionen sind zahlreiche globale Umwelt- und Gesundheitsprobleme entstanden: Treibhausgase ändern den Strahlungshaushalt der Erdatmosphäre (Kap. 1.1.1); Nährstoffe gelangen in die Biosphäre und verändern Ökosysteme in großem Maßstab; immer noch gelangen Stoffe in die Atmosphäre, welche die stratosphärische Ozonschicht angreifen (Kap. 1.1.5.3); Aerosolteilchen führen regional zeitweise zu starken Belastungen für die Menschen und die Ökosysteme; giftige Chemikalien, die zu Gesundheitsschäden führen, gelangen in die Umwelt. Als Folge ist nicht zuletzt die Wasserverschmutzung ein zunehmend kritisches Entwicklungsproblem (Kap. 1.1.4).

Im Folgenden können beispielhaft nur einige dieser Probleme skizziert werden.

1.1.5.1 Verknappung strategischer mineralischer Ressourcen: Beispiele

Lithium

Das weltweit geförderte Lithium wird zu fast einem Drittel in modernen Batterien verwendet, wie sie z.B. in Mobiltelefonen und Notebook-Computern zu finden sind. Schon heute werden bei Lithiumbatterien jährliche Wachstumsraten von ca. 20% beobachtet. Mit einem massiven Ausbau von Elektromobilität würde die Nachfrage nach Lithiumbatterien noch stärker steigen (USGS, 2010a). Es wurde z.T. kontrovers diskutiert, ob Lithiumknappheit zu einem Hindernis für die großskalige Anwendung von Elektroautomobilen werden könnte (z.B. Tahil, 2007; Meridian International Research, 2008; Evans, 2008). Nach Angaben des U.S. Geological Survey (USGS, 2010b) betragen die heute ökonomisch ausbeutbaren Reserven 9,9 Mio. t, die identifizierten Ressourcen etwa 25,5 Mio. t, und die geschätzte Weltproduktion im Jahr 2009 18.000 t, so dass mittelfristig eine Verknappung eher unwahrscheinlich scheint, insbesondere bei effektivem Recycling (Angerer et al., 2009b). Neue Untersuchungen des US-Verteidigungsministeriums weisen in Afghanistan erhebliche, bislang unbekannte Lithiumreserven aus.

Seltene Erden, seltene Metalle und Halbmetalle

Gallium und Indium werden in der Photovoltaikindustrie verwendet, Neodym ist ein wichtiger Stoff für den Bau von Permanentmagneten z.B. in Elektromotoren und Windkraftanlagen, Germanium wird in der Optoelektronik verwendet, Scandium in Brennstoffzellen, Tantal für Mikrokondensatoren (z.B. in Mobiltelefonen) und Platin für Brennstoffzellen und verschiedene Katalysatoren. Diese Stoffe führen eine Liste der für Zukunftstechnologien relevanten Stoffe an, bei denen die erwartete Nachfrage im Jahr 2030 die heutige Produktion z.T. deutlich übersteigt (Angerer et al., 2009a).

Bei diesen Rohstoffen wird mit weiterem, teils starkem Anstieg der Nachfrage gerechnet; die Nutzung seltener Erden könnte sich 2000–2014 verdreifachen (Service, 2010). Die Preise für Seltene Erden haben dementsprechend bereits stark angezogen. Daher wird befürchtet, dass Rohstoffengpässe z.B. den massenhaften Ausbau der Solarenergie oder die erwartete starke Nachfrage nach Elektromotoren und -generatoren begrenzen könnten. Die derzeit verfügbaren Seltenen Erden werden nicht zuletzt aus Kostengründen zu über 90% in China gefördert, aber das Exportvolumen Chinas fiel im Jahr 2010 um 29% gegenüber 2008 (Schüler et al., 2011). Es wurden höhere Exportzölle für diese strategischen Rohstoffe eingeführt, so dass sich die Verknappung erheblich verschärfen könnte (Service, 2010). Als Reaktion gibt es Planungen für die Neu- bzw. Wiedereröffnung alternativer Abbaustätten (z.B. Mountain-Pass-Mine, Kalifornien; Mount-Weld-Mine, Australien; Schüler et al., 2011).

Folgerungen

Die EU hat eine Rohstoffinitiative vorgelegt (EU COM, 2008c) und zudem eine Liste der 14 für sie kritischen Rohstoffe erarbeitet (EU COM, 2010h). Die Bundesregierung hat ihre Rohstoffstrategie im Oktober 2010 vorgestellt (BMWi, 2010d), die in erster Linie aus nationaler Sicht die Sicherung der Rohstoffversorgung Deutschlands im Blick hat. Aus Sicht des WBGU ist die Strategie ein Schritt in die richtige Richtung. Sie setzt aber vor allem darauf, das kurz- bis mittelfristige Angebot strategischer mineralischer Rohstoffe zu sichern. Es wird zu wenig betont, dass langfristig die Weichen auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft vor allem in Richtung Recycling und Nutzungseffizienz gestellt werden sollten. Die internationalen Fern- und Nebenwirkungen der Rohstoffstrategie in Hinsicht auf die nachhaltige Entwicklung in Exportländern spielen nur eine geringe Rolle. Umwelt- und entwicklungspolitische Ziele werden zwar erwähnt, aber es wirkt, als würden sie gegenüber dem vorrangigen Ziel der Rohstoffversorgung hintanstehen.

Eine Rohstoffstrategie sollte die Vermeidung negativer Wirkungen auf Umwelt und Entwicklung von vorne herein integrieren sowie breiter aufgestellt sein, indem sie je nach Rohstoff und Anwendung folgende Elemente kombiniert: Sicherung und Ausweitung des Angebots, Effizienz der Nutzung, Recycling und Substitution. Insbesondere Effizienzverbesserung und Recycling der genannten strategischen Mineralien stehen noch am Anfang und bieten erhebliche Potenziale (Schüler et al., 2011).

Im Falle einer drohenden dauerhaften Verteuerung bestimmter Rohstoffe bietet sich die Substitution an. So könnte etwa die häufig befürchtete Verknappung bei Neodym die Nutzung von Permanentmagneten verteuern, die auch in der Konstruktion moderner Windkraftanlagen verwendet werden. Elektrische Generatoren, wie sie in Windkraftanlagen zum Einsatz kommen oder Antriebsmotoren für Elektrofahrzeuge können aber auch ohne Permanentmagnete realisiert werden. Auch bei der Solarenergienutzung mit Hilfe der Photovoltaik existieren genügend Alternativen zur Verwendung begrenzt verfügbarer Materialien. Vergleichbare Alternativen gibt es auch für Katalysatoren, wie sie für die Wasserstoffelektrolyse oder für Brennstoffzellen zum Einsatz kommen. Der WBGU sieht deshalb in der begrenzten Verfügbarkeit seltener Materialien keine grundsätzliche Gefährdung für einen raschen Umbau der Energiesysteme in Richtung Klimaverträglichkeit.

1.1.5.2 Nährstoffkreisläufe

Stickstoff (N) und Phosphor (P) sind – neben CO_2 und Wasser – die beiden wesentlichen Pflanzennährstoffe, deren globale Kreisläufe für das Erdsystem relevant sind. Beide Stoffkreisläufe sind vom Menschen erheblich verändert und verstärkt worden, um über die Anwendung mineralischer Düngemittel die landwirtschaftliche Produktion zu steigern (Vitousek et al., 1997a; Mackenzie et al., 2002; Kap. 1.2.5). Eine Überversorgung mit diesen Nährstoffen kann Ökosysteme so stark verändern, dass Schwellenwerte überschritten und grundlegende Strukturveränderungen oder Zusammenbrüche ausgelöst werden. Dieses Muster zeigt sich auf allen räumlichen Skalen, von kleinen Ökosystemen (Wiesen, Seen) bis hin zu großflächigen marinen sauerstofffreien Zonen (z.B. Golf von Mexiko, Ostsee; Diaz, 2001).

Die anthropogene Produktion reaktiven Stickstoffs (aus Düngemitteln, Verbrennungsprozessen und Anbau stickstofffixierender Leguminosen) hat sich seit der Industrialisierung verzehnfacht (von ca. 15 auf ca. 156 Mt N pro Jahr) und übersteigt mittlerweile die natürlichen Flüsse. Mehr als die Hälfte des jemals produzierten synthetischen Stickstoffdüngers wurde nach 1985 verwendet (MA, 2005a). Bis 2050 wird eine weitere erhebliche Steigerung auf ca. 267 Mt N pro Jahr erwartet (Galloway et al., 2004; Bouwman et al., 2009). Rockström et al. (2009b) empfehlen als Leitplanke, den Stickstoffeintrag auf etwa 35 Mt N pro Jahr zu begrenzen, was etwa einem Viertel des heutigen Werts entspricht, um eine langsame Erosion der Resilienz der Ökosysteme durch Eutrophierung und Versauerung zu verhindern.

Die Nutzung von Phosphor als Düngemittel hat sich zwischen 1960 und 1990 verdreifacht (MA, 2005a). Heute werden ca. 20 Mt P pro Jahr als mineralischer Dünger abgebaut, wobei die leicht erreichbaren Res-

Kasten 1.1-3

Peak Phosphorus

Neben Stickstoff und Kalium ist Phosphor einer der drei Hauptbestandteile von Kunstdüngern. Während Stickstoff über das energieintensive Haber-Bosch-Verfahren in praktisch unbegrenzten Mengen aus der Luft gewonnen werden kann, ist Phosphor eine knappe endliche Ressource und kann nicht, wie etwa Öl, durch andere Energieträger oder Stoffe ersetzt werden. Zur Ernährungssicherung der Weltbevölkerung und für die steigende Nachfrage nach Energie und biobasierten Produkten aus der Landnutzung (Kap. 1.2.5) ist Phosphor als Pflanzennährstoff für die notwendige Steigerung der Flächenproduktivität unverzichtbar (Bouwman et al., 2009). Fast 60 % der Phosphatreserven von ca. 16 Mrd. t liegen in Marokko und China (wobei China nicht exportiert); Südafrika und die USA folgen in der Liste (USGS, 2010c). Cordell et al. (2009) schätzen, dass das Fördermaximum (peak phosphorus) bereits um das Jahr 2030 erreicht sein könnte; laut Déry und Anderson (2007) wurde der Peak sogar bereits 1989 überschritten. Ähnlich wie beim Erdöl (peak oil) sinkt danach die Qualität der verbliebenen Phosphatmineralien, wobei die Produktionskosten steigen. Im Gegensatz zu Öl können Phosphate zwar nicht substituiert, wohl aber recycelt werden. Wichtige Strategien sind die effizientere Nutzung von Phosphatdünger, die Schließung von Nährstoffkreisläufen in der landwirtschaftlichen Produktion, insbesondere durch die Anwendung von organischem Dünger, sowie die Rückgewinnung von Nährstoffen aus Abwasser. Trotz der zukünftig großen Bedeutung des Problems für die Ernährungssicherung steht es noch nicht auf der internationalen politischen Agenda (Vaccari, 2009; Cordell, 2010; Craswell et al., 2010).

sourcen in absehbarer Zeit knapp werden (Kasten 1.1-3; Rockström et al., 2009a). Von dieser Menge wird letztlich fast die Hälfte ins Meer transportiert (8,5–9,5 Mt P pro Jahr). Im Vergleich: Die vorgeschichtliche jährliche Zufuhr in die Ozeane betrug lediglich ca. 0,2 Mt P (Mackenzie et al., 2002). Eine derart stark erhöhte Zufuhr von Phosphor in die Ozeane könnte über lange Zeiträume zu global weit verbreiteten anoxischen Zonen in der Tiefsee der Ozeane führen, wie es in der Erdgeschichte mehrfach der Fall war (Handoh und Lenton, 2003). Trotz des anthropogen massiv verstärkten Phosphorflusses sollte eine Leitplanke von 11 Mt P pro Jahr ausreichen, um das Erreichen der kritischen Belastungsgrenze zu verhindern (Rockström et al., 2009a). Angesichts des steigenden Bedarfs nach landwirtschaftlichen Produkten (Kap. 1.2.5) ist diese Leitplanke nicht mehr weit entfernt.

1.1.5.3 Abbau der stratosphärischen Ozonschicht

Das jährlich saisonal über der Antarktis auftretende stratosphärische Ozonloch erreichte auch in den letzten Jahren weiterhin Rekordausmaße, mit geringen Unterschieden von Jahr zu Jahr. Eine Erholung ist hier trotz der Erfolge des Montreal-Protokolls, die zu einer Senkung des Ausstoßes ozonzerstörender Substanzen geführt haben, auch noch nicht zu erwarten, da sich die Prozesse noch in der Sättigung befinden. Ähnliches gilt für den arktischen stratosphärischen Ozonabbau im Frühjahr, auch hier ist noch keine Trendumkehr messbar. Auch im globalen Mittel ist eine Erholung der Ozonschicht zu Werten, wie sie vor 1980 herrschten, noch nicht erreicht, die Schichtdicke hat sich aber in den letzten Jahren auf einem Niveau von 3,5 % (Nordhemisphäre) bzw. 6 % (Südhemisphäre) unter dem Niveau vor 1980 stabilisiert. Entsprechend ist auch die UV-Belastung in mittleren und hohen Breiten bei klarem Himmel gegenüber der Zeit vor 1980 noch immer erhöht.

Es wird erwartet, dass die atmosphärische Konzentration der im Montreal-Protokoll geregelten ozonzerstörenden Substanzen (gemessen an ihrem Ozonzerstörungspotenzial in der Stratosphäre) bis etwa Mitte des 21. Jahrhunderts auf das Niveau von 1980 zurückgeht. Dennoch wird die Ozonschicht wohl nicht vollständig in den Zustand von vor 1980 zurückkehren, sondern aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels auf die atmosphärischen Zirkulationen dauerhaft verändert bleiben. Dabei werden in den Tropen geringere Schichtdicken als vor 1980 erwartet, in den Extratropen größere Schichtdicken (Li et al., 2009). Ohne eine Regulierung der Emission ozonzerstörender Substanzen, wie sie durch das Montreal-Protokoll erfolgt ist, wäre eine Reduktion der global gemittelten Ozonschichtdicke um 17 % bis 2020 und um 67 % bis 2065 zu erwarten gewesen, was bis dahin etwa zu einer Verdopplung der für die menschliche Haut gefährlichen sommerlichen UV-Einstrahlung in nördlichen mittleren Breiten geführt hätte (Newman et al., 2009).

Das Montreal-Protokoll, das 1989 in Kraft trat und in den darauffolgenden Jahren immer weiter angepasst und verschärft wurde, ist damit als Erfolg anzusehen. Über den Schutz der Ozonschicht hinaus hat es auch zum Klimaschutz beigetragen, da viele der im Montreal-Protokoll geregelten ozonzerstörenden Substanzen gleichzeitig starke Treibhausgase sind. Velders et al. (2007) schätzen, dass der globale Klimaschutzeffekt des Montreal-Protokolls durch vermiedene Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2010 deutlich über dem des Kioto-Protokolls liegt.

Speziell in der Antarktis ist jedoch auch ein gegenteiliger Effekt zu erwarten: Die jährliche Ausbildung des Ozonlochs beeinflusst über die bodennahen atmosphärischen Strömungen das lokale Klima und hat so

in den letzten Jahrzehnten im antarktischen Sommer die Erwärmung abgeschwächt, die sonst aufgrund des anthropogenen Klimawandels zu erwarten gewesen wäre. In einer Zukunft, in der sich das Ozonloch nicht mehr ausbildet, ist hier daher eine entsprechend stärkere Erwärmung in der Antarktis zu erwarten (z.B. Son et al., 2009).

1.1.5.4 Schadstoffe: Beispiele

Von den Schadstoffen mit globaler Bedeutung seien hier nur zwei Gruppen beispielhaft genannt:

- *Persistente organische Schadstoffe:* Eine für Mensch und Umwelt besonders belastende Gruppe von Giften sind die synthetisch hergestellten persistenten organischen Schadstoffe (POPs – Persistent Organic Pollutants), die sich u.a. durch starke Toxizität, Mobilität und Persistenz (Langlebigkeit) auszeichnen. Ihre Zahl und Menge hat stark zugenommen, sie breiten sich global aus und sind nicht zuletzt deswegen so gefährlich, weil sie sich in der Nahrungskette anreichern können (UNEP, 2007). Mit dem Buch „Silent Spring" hat Rachel Carson bereits 1962 auf dieses Problem hingewiesen, was vielfach als ein wichtiger Auslöser der Umweltbewegung gesehen wird (Carson, 1962; Kroll, 2006). Zehn Jahre später wurde das Pestizid DDT in den USA verboten und 2004 trat die Stockholm-Konvention in Kraft, die zum Ziel hat, zunächst das sogenannte „dreckige Dutzend" dieser Stoffgruppe zu verbieten (neun Pestizide, PCB, Dioxine und Furane). Teils sind diese Stoffe gezielt synthetisierte Produkte, z.B. für den Pflanzenschutz, teils sind es Schadstoffe, die unbeabsichtigt entstehen, wie z.B. Dioxine bei Verbrennungsprozessen, die in Entwicklungsländern eine wichtige Quelle von POPs darstellen (UNEP, 2003).
- *Schwermetalle:* Ein anderes wichtiges Beispiel sind giftige Schwermetalle die in die Umwelt gelangen, wie Blei und Quecksilber. Auch diese Substanzen sind langlebig, verteilen sich global und reichern sich an: So sind in der Arktis mittlerweile sowohl Quecksilber als auch POPs in hohen Konzentrationen sowohl bei den Menschen als auch in wildlebenden Tieren zu finden (Hansen, 2000). Während die Umstellung auf bleifreies Benzin die Kontamination mit Blei verringert hat, nimmt Quecksilber weiter zu und bleibt nach wie vor unzureichend geregelt (UNEP, 2007).

1.1.6 Interaktionen zwischen globalen Umweltveränderungen

Globale Umweltveränderungen sind auf komplexe Weise miteinander verknüpft (Tab. 1.1-2). In einigen Fällen, wie z.B. der Vermeidung von Sommersmog, laufen die Zielsetzungen parallel, so dass sich Win-win-Maßnahmen anbieten: Eine Verminderung des giftigen troposphärischen Ozons bewirkt auch einen Rückgang des Treibhauseffektes (Kap. 1.1.5.3). Bei den meisten Wechselwirkungen handelt es sich aber um verstärkende Effekte, so dass die Gesamtwirkung globaler Umweltveränderungen größer sein dürfte als die Summe der einzelnen Wirkungen.

Ein Beispiel für eine solche starke positive Rückkopplung ist die Konversion natürlicher Ökosysteme (Wälder, Grasland, Moore) für land- oder forstwirtschaftliche Nutzungen. Mit der Rodung und Entwässerung gelangen die in der Biomasse und in den Böden gespeicherten großen Kohlenstoffvorräte (teils mit verzögerter Wirkung) als CO_2-Emissionen in die Atmosphäre. Zudem vermindert sich auch häufig die Senkenwirkung, wenn die sekundären Ökosysteme eine geringere CO_2-Aufnahmekapazität haben als die ursprüngliche Vegetation. Da gleichzeitig der Klimawandel zum Verlust biologischer Vielfalt beiträgt und die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen beeinträchtigt, verstärken sich diese beiden wichtigen globalen Umweltveränderungen gegenseitig (Tab. 1.1-2).

Dieser Wirkungszusammenhang kann umgekehrt genutzt werden, um synergistische Umweltpolitik zu gestalten. Eine wirksame Politik zum Schutz der Wälder und Moore würde sich nicht nur auf den Klimawandel positiv auswirken, sondern auch den Verlust biologischer Vielfalt bremsen. Daher sind die gegenwärtigen Bemühungen zum Schutz der Wälder innerhalb der Klimarahmenkonvention (Kap. 4.1.7.1, 7.3.7.2) von herausragender strategischer Bedeutung (WBGU, 2010).

Der Klimawandel zeichnet sich dadurch aus, dass er nicht nur viele verstärkende Rückkopplungen mit anderen Umweltproblemen zeigt, sondern auch dadurch, dass diese verstärkenden Effekte von erheblicher Größenordnung sind. Der WBGU hat diese Verknüpfungen analysiert und den Schluss gezogen, dass erhebliche Auswirkungen auf Mensch und Gesellschaft zu erwarten sind (WBGU, 2008). So würde ein ungebremster Klimawandel großflächige Verschiebungen von Vegetationszonen bewirken, was nicht nur erheblichen Anpassungsbedarf für Land- und Forstwirtschaft zur Folge hätte, sondern für 20–30% der Tier- und Pflanzenarten sogar das Aussterben bedeuten kann (IPCC, 2007b). Auch der globale Wasserhaushalt würde

Tabelle 1.1-2
Interaktionen zwischen globalen Umweltveränderungen. Rot: in der Summe verstärkende Wirkung; grün: in der Summe abschwächende Wirkung; schwarz: neutrale, unbekannte oder differenziert zu betrachtende Wirkung.
Quelle: WBGU

Wirkung von / auf	Klimawandel	Verlust biologischer Vielfalt	Wassermangel und Wasserverschmutzung	Bodendegradation, Desertifikation	Schad- und Nährstoffe
Klimawandel		CO_2-Emissionen durch Verlust natürlicher Ökosysteme (Speicher und Senken); Albedoveränderung		Verlust an CO_2-Speicher- und Senkenfunktion; Albedoerhöhung	Wirkung von Aerosolen; FCKW; bodennahes Ozon; stratosphärisches Ozon
Verlust biologischer Vielfalt	Überforderung der Anpassung von Arten und Ökosystemen (z. B. Korallenbleichen)		Degradation limnischer Ökosysteme; Artenverlust	Degradation von Ökosystemen; Artenverlust	Anreicherung von Schadstoffen in natürlichen Ökosystemen; Eutrophierung; Artenverlust
Wassermangel und -verschmutzung	Veränderung von Niederschlagsmengen und -mustern	Veränderung lokaler Wasserbilanzen z. B. durch Entwaldung; mehr Sedimentlast der Flüsse		Mehr Schadstoff- und Sedimentbelastung	Vergiftung von Wasserressourcen (z. B. durch Quecksilber, Pestizide); Sedimentbelastung
Bodendegradation	Desertifikation als Folge verminderter Niederschläge in ariden Gebieten	Mehr Erosion durch Verlust der Vegetationsdecke	Versalzung		Bodenbelastung durch Schwermetalle und organische Stoffe
Schad- und Nährstoffe		Verminderte Filterung der Luft; verlangsamter Schadstoffabbau	Verlangsamter Schadstoffabbau	Mehr Staub durch Winderosion	

erheblich beeinflusst, wobei die Niederschläge tendenziell in den bereits trockenen Gebieten abnehmen, während sie in den feuchten höheren Breiten eher zunehmen. Gleichzeitig sind generell mehr Trockenperioden und Starkregenereignisse zu erwarten, was die Risiken von Dürren und Überschwemmungen erhöht. Ohne entschiedenen Klimaschutz könnten diese verknüpften Umweltwirkungen in den kommenden Jahrzehnten die Anpassungsfähigkeit vieler Gesellschaften überfordern, was letztlich sogar eine erhöhte Bedrohung für die nationale wie internationale Sicherheit bedeuten würde (WBGU, 2008).

Eine Folgerung dieser Analyse ist, dass in der internationalen Umweltpolitik deutlich mehr Gewicht auf integrative Ansätze gelegt werden sollte, die auf mehrere Umweltprobleme zielen oder Interaktionen und Schnittstellen zwischen Umweltproblemen in den Fokus nehmen. Diese sind allerdings noch die Ausnahme und sollten vermehrt angegangen werden (Kap. 1.3).

1.2 Megatrends der globalen Wirtschaft und Gesellschaft

Angesichts der Megatrends sowohl des Erdsystems als auch der Wirtschaft und Gesellschaft wird deutlich, dass eine Transformation zur klimaverträglichen, nachhaltigen und damit zukunftsfähigen Gesellschaft notwendig ist (Kap. 3). Ohne Umsteuerung würden die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit gefährdet und die künftigen Entwicklungschancen der Gesellschaft deutlich eingeschränkt. Die Transformation läuft vor dem Hintergrund dynamischer Megatrends einer globalisierten Wirtschaft und Gesellschaft ab, was nicht zuletzt angesichts der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise evident geworden ist (Kasten 1.2-1).

Insbesondere für die Dynamik der wirtschaftlich-sozialen Entwicklung in den Entwicklungs- und Schwellenländern hat die Transformation zentrale Relevanz (Kap. 1.2.1). Wenn die notwendigen Entwicklungsfort-

schritte zukunftsfähig gestaltet werden sollen, müssen sie ohne Kollision mit den planetarischen Leitplanken erzielt werden. Das ist insbesondere angesichts der dynamisch steigenden Treibhausgasemissionen in diesen Ländern eine große Herausforderung.

Hilfreich wirkt der beobachtbare Trend zur Demokratisierung, der zu einem breiten und freien Diskurs führt und so die Bildung eines gesellschaftlichen Konsens über die notwendige Transformation fördert (Kap. 1.2.2).

Schließlich stehen mit den anstehenden Umbrüchen des industriellen Metabolismus insbesondere drei Hauptpfeiler der heutigen Weltgesellschaft im Zentrum:

1. Die Energiesysteme unter Einschluss des Verkehrssektors, von denen die gesamte Wirtschaft abhängt und die derzeit wegen der hohen Entwicklungsdynamik der Schwellenländer vor einem neuen Wachstumsschub stehen (Kap. 1.2.3). Der Energiesektor verursacht derzeit etwa zwei Drittel der Emissionen langlebiger Treibhausgase.
2. Die urbanen Räume, die derzeit für drei Viertel der globalen Endenergienachfrage verantwortlich sind und deren Bevölkerung sich bis 2050 auf 6 Mrd. verdoppeln wird (Kap. 1.2.4).
3. Die Landnutzungssysteme (der Land- und Forstwirtschaft einschließlich der Waldrodungen), aus denen derzeit knapp ein Viertel der globalen Treibhausgasemissionen stammen (Kap. 1.2.5). Die Landnutzung muss nicht nur die Ernährung für eine weiter wachsende und anspruchsvoller werdende Weltbevölkerung sichern, sondern auch Nachfragesteigerungen wegen der zunehmenden Nutzung von Bioenergie und biobasierten Rohstoffen decken.

1.2.1 Entwicklung

Substanzielle Fortschritte

In den letzten 20 Jahren hat es substanzielle Fortschritte in vielen Bereichen menschlicher Entwicklung gegeben. Die meisten Menschen leben heute gesünder und länger, sind besser ausgebildet und haben verbesserte Möglichkeiten, ihre Grundbedürfnisse zu decken (UNDP, 2010). Ein Indikator dafür ist der Index für menschliche Entwicklung, der die drei Dimensionen Gesundheit, Bildung und Lebensstandard durch die Lebenserwartung bei der Geburt, durch die Alphabetisierungs- und Einschulungsquote sowie durch ein gewichtetes Pro-Kopf-Einkommen abbildet. Unter den Ländern mit den größten Entwicklungsfortschritten befinden sich nicht nur Wachstumsökonomien wie China, Indonesien und Südkorea, sondern auch arme Länder wie Nepal, Oman und Tunesien, wo große Fortschritte in den Nichteinkommensbereichen menschlicher Entwicklung erzielt wurden (UNDP, 2010). Allerdings sind die Entwicklungsfortschritte der Länder sehr unterschiedlich. Während ein Viertel der Entwicklungsländer in den vergangenen 40 Jahren nur geringe Verbesserungen erzielen konnte, hat ein weiteres Viertel große Entwicklungsfortschritte erzielen können (UNDP, 2010). Verbesserungen in der Gesundheitsversorgung werden derzeit aber vor allem dadurch zunichte gemacht, dass in 19 Ländern (davon neun in Afrika südlich der Sahara) insbesondere durch HIV-Infektionen und höhere Erwachsenenmortalität in Transformationsländern wieder eine Verschlechterung der Gesundheitslage eingetreten und die Lebenserwartung gesunken ist. Gleichzeitig sind vielfach die sozioökonomischen Disparitäten innerhalb und zwischen Staaten gewachsen.

Neue Geographie weltweiten Wachstums

Die Mehrzahl der Menschen unter der Armutsgrenze lebt nicht mehr in den armen Entwicklungsländern. Diese zunächst überraschende Erkenntnis steht für die zunehmende Heterogenität in der Entwicklungsdynamik von Ländern, die durch die klassische Einteilung in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer nicht mehr hinreichend abgebildet wird. Der OECD-Bericht über die „Verlagerung des Wohlstands“ macht deutlich, welche globalen Strukturveränderungen in der letzten Dekade stattgefunden haben (OECD, 2010c). Diese neue „Welt der vier Geschwindigkeiten“ (James Wolfensohn) umfasst demnach wohlhabende, konvergierende, langsam aufsteigende und arme Länder (Abb. 1.2-1; Maß: Einkommen und Pro-Kopf-Wachstum im Vergleich zu den Industrieländern). Zwischen den 1990er Jahren, die noch als verlorenes Entwicklungsjahrzehnt galten, und den 2000er Jahren hat es erhebliche globale Entwicklungsfortschritte und Verschiebungen im räumlichen Verteilungsmuster gegeben. Dabei ist eine „neue Geographie des weltweiten Wachstums“ (OECD, 2010c) zu erkennen: Während einige Länder weiterhin unter absoluter Armut leiden und keine Entwicklungsfortschritte in Sicht sind, gibt es Entwicklungsländer, die sich auf dem Weg zur Ländergruppe mit mittlerem Einkommen befinden; darunter sind auch Staaten aus Afrika südlich der Sahara. Schließlich gibt es Länder, die wirtschaftlich aufholen und sich dem Wohlstandsniveau der reichen Länder annähern. Zwischen den 1990er und 2000er Jahren hat sich die Zahl der Länder mit einem im Vergleich mit den OECD-Ländern doppelten Pro-Kopf-Wachstum von 12 auf 65 erhöht („konvergierend“). Die Zahl der armen Länder ist im gleichen Zeitraum von 55 auf 25 gesunken. Eine Reihe von Ländern konnte jedoch nicht von dieser Wachstumsdynamik profitieren („arm“).

Kasten 1.2-1

Auswirkungen der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise

Die Finanz- und Wirtschaftskrise, die in den Jahren 2007 bis 2009 zunächst die Finanzmärkte der USA, dann Europas und schließlich der Welt erfasste, hatte unmittelbare Auswirkungen auf die Realwirtschaft und führte zur größten Rezession seit der Weltwirtschaftskrise Ende der 1920er Jahre. Anders als etwa in der regional begrenzten Asienkrise von 1997/98 war die Stabilität des Weltfinanzsystems als Ganzes bedroht. Nur durch massive Liquiditätsausweitungen der Zentralbanken verbunden mit koordinierten Leitzinssenkungen sowie weitreichenden Staatsgarantien für notleidende Kredite konnte ein unmittelbarer Kollaps abgewendet werden. Zudem sorgten vor allem schuldenfinanzierte Konjunkturprogramme in den großen Volkswirtschaften dafür, die Nachfrage zu stabilisieren und einer Negativspirale von fallender Wirtschaftsleistung und wachsender Arbeitslosigkeit vorzubeugen.

Das unmittelbare und entschlossene Eingreifen der Staatengemeinschaft verdeutlicht, dass transformative Veränderungen bei hohem Handlungsdruck möglich sind. Trotz der vorläufigen Eindämmung der Krise steht die Welt jedoch vor erheblichen strukturellen Herausforderungen, um die Weichen für ein nachhaltiges und stabiles Wirtschaftssystem zu stellen.

Dabei sollte die Krise auch als Chance für die Beschleunigung einer nachhaltigen Entwicklung genutzt werden. So eröffnen die staatlichen Konjunkturprogramme die Möglichkeit, Investitionsströme im Sinne eines „Green New Deal" gezielt zu lenken, um nachhaltiges Wachstum – auch unter dem Schlagwort „green growth" bekannt – zu fördern (Edenhofer und Stern, 2009). Zentrale Bereiche für Investitionen in die Zukunft betreffen beispielsweise die Umstellung des Energiesystems auf kohlenstoffarme Technologien sowie die Steigerung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite (Kap. 4). Gleichwohl können die aktiven staatlichen Maßnahmen zur Stützung der Konjunktur nicht dauerhaft aufrechterhalten werden. Die stark gestiegene Schuldenlast, insbesondere der USA, aber auch anderer OECD-Länder, begrenzt die Spielräume für weitere staatliche Investitionen, so dass Konsumenten und Unternehmen noch stärker in die Finanzierung des globalen Klimaschutzes eingebunden werden müssen. China scheint im Gegensatz gestärkt aus der Krise hervorgegangen zu sein und besitzt die finanziellen Ressourcen, um Wachstum gezielt auf Nachhaltigkeit auszurichten und einen Großteil des tradierten kohlenstoffintensiven Entwicklungspfads zu überspringen (leapfrogging). Dies eröffnet enorme Chancen für einen gestalteten Wandel, für den jedoch grundlegende Weichenstellungen erst noch erfolgen müssen.

Auf globaler Ebene hat der krisenbedingte Rückgang der Wirtschaftsleistung im Jahr 2009 lediglich für eine kleine Verschnaufpause beim Emissionswachstum gesorgt: So sind die weltweiten CO_2-Emissionen mit 1,3% weniger stark gesunken als ursprünglich erwartet und werden im Jahr 2010 voraussichtlich wieder um über 3% steigen (Friedlingstein et al., 2010). Der durch den kurzfristigen Emissionsrückgang gewonnene Spielraum beim globalen Klimaschutz droht durch zwei Effekte wieder zunichte gemacht zu werden: Einerseits befinden sich die großen Schwellenländer in einem raschen wirtschaftlichen Aufholprozess, der zurzeit noch weitgehend auf ein fossiles Energiesystem setzt. So wuchsen die CO_2-Emissionen Chinas und Indiens 2009 trotz globaler Wirtschaftskrise um 8% bzw. 6.2% (Friedlingstein et al., 2010), ohne dass eine Trendumkehr in Sicht wäre. Andererseits basiert die gegenwärtige wirtschaftliche Dynamik in vielen Entwicklungsländern vor allem auf einer Ausweitung der Ressourcenextraktion für den Export, gerade auch in aufstrebende Schwellenländer, was den Druck auf Ökosysteme weiter erhöht. Im Sinne einer Beschleunigung nachhaltiger Entwicklung hat die Wirtschaftskrise also keineswegs katalytisch gewirkt.

In einer vorwärtsgerichteten Perspektive lassen sich aus der Krise weitreichende Schlussfolgerungen hinsichtlich der künftigen Ausgestaltung globaler Regelungsmechanismen ziehen. So stehen Tragweite und Dynamik der Globalisierung auf wirtschaftlichem Gebiet in einem deutlichen Missverhältnis zu den bestehenden Möglichkeiten für eine institutionelle Begleitung – und Steuerung – des Prozesses auf globaler Ebene. Der Ausbruch der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise zeigt nicht zuletzt, dass die bestehenden Strukturen mit vor allem nationalstaatlichen Regulierungsansätzen einen unzureichenden globalen Ordnungsrahmen zur Beherrschung systemischer Risiken darstellen. Die Entwicklung von leistungsfähigen globalen Institutionen ist daher entscheidend, um den Prozess der Globalisierung zu gestalten und die Anfälligkeit des Systems für weitere Krisen zu mindern (UN, 2009a).

Neben dem eklatanten Versagen bestehender Warn- und Steuerungsmechanismen zur Vermeidung globaler Krisen hat die Finanz- und Wirtschaftskrise vor allem den Grad weltweiter Vernetzung und Interdependenz aufgezeigt. So konnte ein ursprünglich auf den US-Immobilienmarkt beschränktes Problem durch weltumspannenden Handel mit unzureichend besicherten, verbrieften Immobiliendarlehen zunächst einen Schock auf den internationalen Finanzmärkten auslösen, der sich dann in der Realwirtschaft fortsetzte. Schwellen- und Entwicklungsländer sind ebenfalls von der Krise betroffen, da sie u.a. eine geringere Nachfrage nach Exportgütern verursachte, mit negativen Auswirkungen auf Entwicklung und Beschäftigung. Mögliche Finanzierungsprobleme sind ebenfalls eine Konsequenz der Krise, da entwickelte Länder durch hohe Neuemissionen von Staatsanleihen Kapitalnehmer aus anderen Regionen verdrängen (World Bank, 2009a). Die erschwerte Finanzierungssituation zusammen mit zumindest kurzfristig geringeren Wachstumsraten birgt große Herausforderungen für Entwicklungsländer und erschwert das Erreichen der Millenniumsentwicklungsziele (World Bank, 2010a). So haben sich insbesondere für die ärmsten Länder, die nicht von der wirtschaftlichen Dynamik in den Schwellenländern profitieren, die Entwicklungsmöglichkeiten verschlechtert. Auch könnten sich Kürzungen bei der Entwicklungshilfe seitens der OECD-Länder hier besonders drastisch auswirken. So besteht das Risiko, dass die Weltfinanzkrise gerade im Bereich sozioökonomischer Entwicklung Teile der Welt zurückwirft. In den letzten Jahren erzielte wirtschaftliche Fortschritte, insbesondere in Afrika, drohen zunichte gemacht zu werden (Debiel et al., 2010).

Die hier nur skizzierten weit reichenden Rückkopplungseffekte zeigen, dass systemisches Denken und Handeln in einer Langfristperspektive die Grundvoraussetzungen für das Vermeiden künftiger ökonomischer, sozialer und ökologischer Krisen sind.

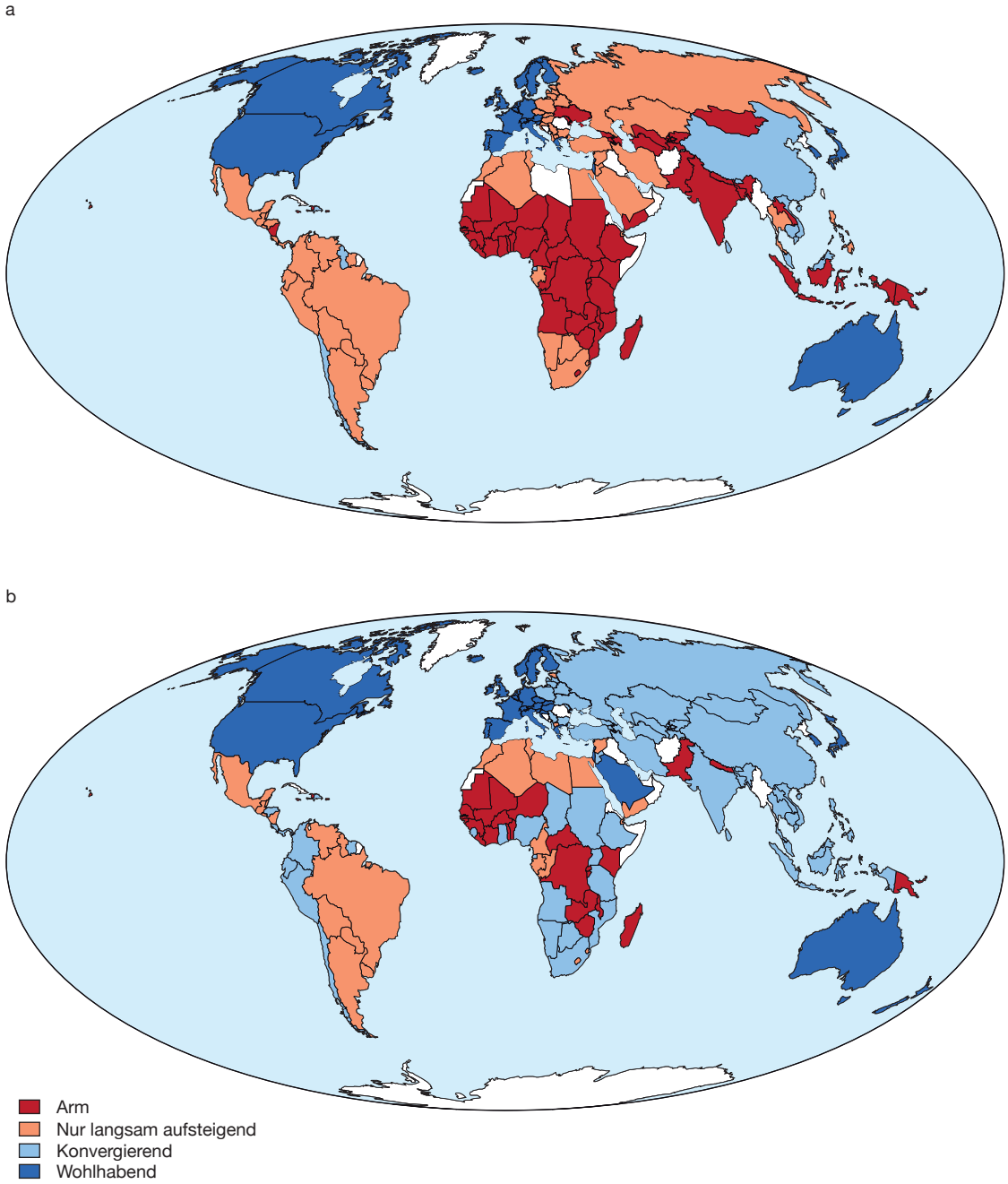


Abbildung 1.2-1
Dynamik der Wohlstandsentwicklung der Staaten: Die „Welt der vier Geschwindigkeiten"; a) 1990er Jahre; b) 2000er Jahre. Zwischen den 1990er Jahren und dem letzten Jahrzehnt hat es erhebliche Wohlstandsfortschritte gegeben, die zu Verschiebungen im räumlichen Verteilungsmuster der nationalen Wachstumsraten und des Pro-Kopf-Einkommens geführt haben. Es lassen sich heute nach ihrer Wachstumsdynamik vier Ländergruppen unterscheiden: arme, diskontinuierlich wachsende, konvergierende und wohlhabende Länder. Während einige Länder weiterhin unter absoluter Armut leiden (rot) und keine Wohlstandsfortschritte in Sicht sind, gibt es Entwicklungsländer, die auf dem Weg zur Ländergruppe mit mittleren und hohen Pro-Kopf-Einkommen sind, allerdings diskontinuierliche Wachstumsraten aufweisen (orange; darunter auch Staaten aus Afrika südlich der Sahara). Schließlich gibt es Länder, die aufgrund kontinuierlich hoher Wachstumsraten sehr schnell aufholen und sich den Ländern mit mittleren und hohen Pro-Kopf-Einkommen annähern (hellblau).
Quelle: OECD, 2010c

Regionale Verschiebungen absoluter Armut

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Untersuchung des Institute for Development Studies, die zwischen Niedrigeinkommensländern, Ländern mit mittlerem Einkommen und fragilen bzw. von Konflikten betroffenen Staaten unterscheidet (Sumner, 2010). Demnach ist die Zahl der Niedrigeinkommensländer (nach Klassifikation der Weltbank) nach einem Anstieg in den 1990er Jahren zwischen 2000 und 2009 von 60 auf 39 gesunken. Entsprechend nahm die Zahl der Länder mit mittlerem Einkommen stark zu (Sumner, 2010). Während im Jahr 1990 noch 1,81 Mrd. Menschen unter der Armutsgrenze von 1,25 US-$ am Tag lebten, waren es 2005 nur noch 1,38 Mrd. Menschen (Chen und Ravallion, 2008). Aus dieser Dynamik hat sich folgende neue Struktur der globalen Verteilung absoluter Armut ergeben (Sumner, 2010):

- Rund drei Viertel der von absoluter Armut betroffenen Menschen, das sind fast 1 Mrd. Menschen oder die neue „unterste Milliarde" (bottom billion), leben heute in Ländern mit mittlerem Einkommen (vor allem Indien, China, Nigeria, Indonesien, Pakistan, Südafrika).
- Nur noch rund ein Viertel der von absoluter Armut betroffenen Menschen, das sind rund 370 Mio. Menschen, leben in Niedrigeinkommensländern.

Rund 300 Mio. der von absoluter Armut betroffenen Menschen leben in fragilen und von Krisen betroffenen Staaten; darunter sind Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen. Auch wenn sich infolge der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise die Zahl der von absoluter Armut betroffenen Menschen global wieder um 65 Mio. Menschen (2009–2010) erhöht hat (Ravallion und Chen, 2010) ist davon auszugehen, dass die beobachteten strukturellen und geographischen Verschiebungen hiervon weitgehend unberührt bleiben. Noch während die globale Finanz- und Wirtschaftskrise andauert, begeben sich viele Länder wieder auf einen Wachstumspfad (etwa Länder mittleren Einkommens in Lateinamerika).

Konsequenzen dieser Dynamik für den Klimaschutz

Dass künftig rund drei Viertel der von absoluter Armut betroffenen Menschen in Ländern mittleren Einkommens leben und dass ein großer Teil der Entwicklungsländer wirtschaftlich wächst und damit Wohlfahrtsfortschritte erlebt, sind zunächst sehr positive Trends. Das Problem besteht aus Sicht des Klimaschutzes darin, dass sich diese Länder auf einem auf der Nutzung fossiler Energieträger basierenden Entwicklungspfad bewegen. Ganz besonders gilt dies für die am schnellsten wachsenden Länder (China, Indien, Brasilien usw.).

Viele Niedrigeinkommensländer (z. B. in Afrika südlich der Sahara) und Länder mit mittlerem Einkommen (z. B. in Lateinamerika) verfolgen zudem ein ressourcenbasiertes Exportmodell (vor allem Agrarprodukte), wodurch das Problem der Degradation der natürlichen Umwelt (z. B. Entwaldung, Bodendegradation, Wasserverknappung) in der Regel verschärft wird.

Diese Wachstumstrends sind nicht nur aus der Umwelt- und Klimaperspektive nicht nachhaltig, sie werden auch die Erreichung der MDG erschweren oder verhindern. So stellen der Bericht über die menschliche Entwicklung 2010 und der Weltentwicklungsbericht 2010 fest, dass die größte Bedrohung der Entwicklungsfortschritte nicht nachhaltige Produktions- und Konsummuster sind und daher ein Übergang zu klimaverträglichen Entwicklungspfaden notwendig ist (UNDP, 2010; World Bank, 2010b).

Insgesamt ist es für das Gelingen des globalen Klimaschutzes von zentraler Bedeutung, dass nicht nur die Emissionen in Industrieländern gesenkt werden, sondern dass auch in den Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen, die sich bereits heute oder absehbar auf einen Wachstumspfad begeben, möglichst frühzeitig umgesteuert wird von fossiler Energienutzung auf klima- und umweltverträgliche Entwicklungspfade. China und Indien sind hier an erster Stelle zu nennen.

1.2.2 Demokratisierung

Insbesondere seit dem 20. Jahrhundert ist weltweit ein grundlegender Wandel politischer Systeme und gesellschaftlicher Ordnungen zu beobachten, der sich durch den Übergang von autoritären zu demokratischen Systemen auszeichnet (Merkel, 2010). Von Samuel P. Huntington ist dieser Wandel, bei dem es immer wieder auch zu Gegenbewegungen kam, in drei großen Demokratisierungswellen beschrieben worden (Huntington, 1991). Die erste Welle von 1828 bis 1926 erhielt ihre Auslösungsimpulse von der amerikanischen und französischen Revolution. Zu Beginn der 1920er Jahre waren in rund 30 Ländern allgemeine, gleiche und freie Wahlen als Mindestvoraussetzung demokratischer Systeme etabliert. Die zweite Welle dauerte von 1943 bis 1962 und brachte die Demokratisierung der politischen Nachkriegssysteme in Westdeutschland, Italien und Japan sowie in einigen Ländern Lateinamerikas. Die dritte Demokratisierungswelle ab Mitte der 1970er Jahre nahm mit der „Nelkenrevolution" in Portugal ihren Ausgang und setzte sich Anfang der 1980er Jahre in Ländern Lateinamerikas fort, wo viele Militärregime von einem demokratischen Regimewechsel erfasst wurden. Es folgten weitere Länder Afrikas und Ostasiens. Eine „Vierte Welle" führte zum Zusammenbruch der sozialistischen Systeme Osteuropas und dem früheren

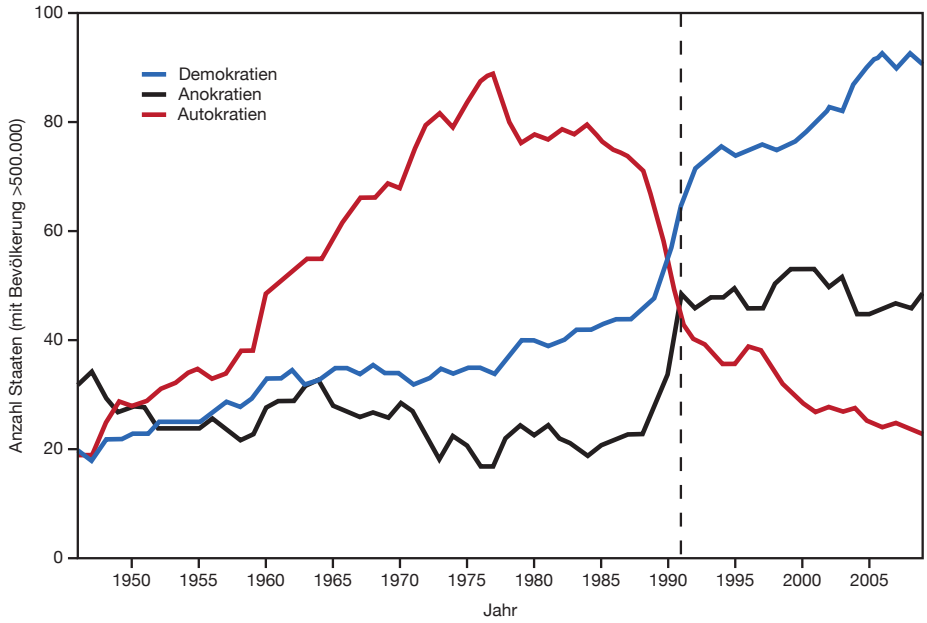


Abbildung 1.2-2
Globaler Wandel der Regierungsformen 1946–2009. Im Rahmen des Polity-IV-Projektes wurde eine kombinierte Demokratie-Autokratie-Skala entwickelt, welche die institutionelle Herrschaftsform von Staaten erfasst und von +10 (= voll institutionalisierte Demokratie) bis -10 (= voll institutionalisierte Autokratie) reicht. Als Demokratien sind Staaten erfasst, die auf der Skala einen Wert von +6 und mehr erzielen; Autokratien sind Staaten mit -6 und weniger Punkten, alle Staaten dazwischen (also von -5 bis +5) sind Mischformen und werden als Anokratien bezeichnet. Die Abbildung zeigt für den Zeitraum von 1946 bis 2009 die Anzahl von Staaten (mit einer Bevölkerung von mehr als 500.000) mit einer demokratischen, autokratischen und anokratischen Herrschaftsform. Die gestrichelte Linie verweist auf den rasanten Demokratisierungsschub Anfang der 1990er Jahre, als sich die Zahl der Demokratien um über 50 % erhöht hat, von 48 im Jahr 1989 auf 77 im Jahr 1994.
Quelle: Marshall und Cole, 2009

Herrschaftsbereich der Sowjetunion von 1989–1991. Seitdem ist die Demokratisierung weltweit weiter vorangeschritten und scheint mit Beginn der „Jasminrevolution" in Tunesien im Jahr 2011 auch in der arabisch-islamischen Welt Fuß zu fassen (Freedom House, 2010; Leggewie, 2011). Der globale Demokratisierungstrend ist durch die von dem Politikwissenschaftler Ted Robert Gurr begründete quantitative Polity-Forschung bestätigt worden (Gurr und Eckstein, 1975; Abb. 1.2-2). Wenn sich erweisen sollte, dass nur die Gewährung von Freiheiten Gesellschaften dauerhaft stabil macht, dann könnten in nächster Zukunft auch weitere autokratische Regime wie das der Volksrepublik China von einer Welle der (politisch-kulturell jeweils sehr verschieden ausgeprägten) Demokratisierung erfasst werden. Die Demokratie hätte sich dann als weltweites Ordnungsmodell etabliert.

Prinzipien der Demokratie

Auch wenn sich global und historisch verschiedene Formen herausgebildet haben, ist Kernelement der Demokratie die Kongruenz von Herrschern und Beherrschten. Demokratie ist nach einem berühmten Diktum Abraham Lincolns „Herrschaft des Volkes durch das Volk und für das Volk". Ihre wichtigste Errungenschaft ist somit die Legitimationsnotwendigkeit aller Herrschaftsakte, die in demokratischen Systemen durch die politische Gleichheit aller gewährleistet wird. Demokratien vertrauen in die (politische) „Weisheit der Vielen"; deshalb funktioniert sie nach verschiedenen Varianten der Mehrheitsregel, die jedoch auch Minderheiten effektiv und fair zu Wort kommen lässt und schützt. Außerdem sind demokratische politische Systeme eingebettet in Gesetz und Rechtsstaatlichkeit und unterliegen einer Gewaltenkontrolle. Mit diesen Prinzipien verbunden sind effektive Entscheidungsvorzüge wie die Reversibilität von Entscheidungen und die effektive Partizipation der „stakeholder" in der Bürgerschaft, die durch direkte und indirekte Einbeziehung in den Entscheidungsprozess und durch öffentliche Mehrebenenkommunikation herbeigeführt wird. Die Rationalität und der komparative Vorzug von Demokratien bestehen also in der besseren Bündelung von Präferenzen und Interessen, in der bestmöglichen Nutzung verteilter Intelligenz und in der höchsten „Input-Legitimation" politischer Systeme. Kein demokratisches System hat dieses Optimum jeweils erreicht (Schmidt, 2006). Auch gibt es viele „defekte Demokratien"

(Merkel et al., 2003), die weiterhin Elemente autokratischer Herrschaftsformen aufweisen. Zudem zeigen die etablierten liberalen Demokratien in den letzten Jahren zunehmende Krisentendenzen, wie sie beispielsweise in der These der „Postdemokratie" beschrieben werden, die von einer inneren Aushöhlung – durch Rückgang der (Wahl-)beteiligung und Bedeutungsgewinn demokratisch nicht legitimierter Gruppen – der formell fortbestehenden demokratischen Institutionen ausgeht (Crouch, 2004; Kap. 5.3.2). Ungeachtet dieser durchaus schwer wiegenden Probleme und Entwicklungen hält der skizzierte Generaltrend der Demokratisierung über die westlichen Kernländer hinaus jedoch weltweit an.

Demokratie als wichtige Voraussetzung für Transformation

In den letzten Jahren ist angesichts des Klimawandels oft die Frage gestellt worden, ob demokratische politische Systeme diese und andere planetarische Herausforderungen überhaupt meistern – oder ob autokratische Systeme die große Transformation (Kap. 3) nicht besser von oben verordnen können. Der WBGU vertritt die Überzeugung (Kap. 5.3.2, 6; Kasten 5.3-1), dass es bei der großen Transformation um die Herstellung legitimer, gerechter, kreativer und dauerhafter Problemlösungen für ein nachhaltiges Leben geht. Dabei darf der Anspruch nicht aufgegeben werden, dass Bürgerinnen und Bürger aktiv an der Gestaltung und Ausrichtung einer klimaverträglichen Gesellschaftsvision mitwirken. Politische Mitsprache wird auch immer mehr eingefordert, wie die jüngsten Protestaktionen, z.B. zum Bahnhofsprojekt „Stuttgart 21" oder zur Atomkraft usw. belegen (Kap. 5.3.1.4, 5.4.1.3). Die Ziele des „guten Lebens" müssen von den Bürgern in Einklang mit dem milieuübergreifenden Wertewandel weltweit und unter Einbeziehung der Wissenschaft diskutiert werden (Kap. 2, 8). Für den WBGU erlaubt nur eine demokratische Öffentlichkeit diese Debatten, welche die erforderlichen Selbstbeschränkungen und Chancen auf ein besseres Leben für alle Menschen plausibel machen und auf deren Grundlage notwendige politische Entscheidungen getroffen werden können. Transformation ist ein gesellschaftlicher Suchprozess und erfordert daher mehr und nicht weniger Demokratie (Kap. 5.3.2, 5.4.2).

Diese Schlussfolgerung mag vor dem Hintergrund aktueller Debatten über die Leistungsfähigkeit demokratischer Systeme verwunderlich scheinen. Richtig ist, dass die Demokratie ihre Zukunftsfähigkeit hinsichtlich der beschriebenen Herausforderungen und im Blick auf die anstehende große Transformation noch nicht unter Beweis gestellt hat (Kap. 5.3.2). Das bedeutet aber nicht, die Demokratie als solche in Frage zu stellen, sondern ihre inhaltliche Weiterentwicklung und Modernisierung auch auf der Ebene globalen Regierens (Kap. 5.3.5.2) voranzutreiben. Die große Transformation ist deshalb nicht zuletzt ein Test für die Zukunftsfähigkeit der Demokratie (Leggewie und Welzer, 2009).

1.2.3 Globale Energietrends: Nachfrage und Produktion

Energienachfrage

Energie ist eine wesentliche Voraussetzung für die menschliche Entwicklung. In Form von Licht, Wärme, mechanischer Kraft oder Elektrizität ist sie für die sozioökonomischen Aktivitäten aller Gesellschaften essenziell. Gleichzeitig verursacht die Energienutzung den größten Anteil anthropogener Treibhausgasemissionen (Kap. 1.1.1). Energienutzung ist derzeit sehr ungleich verteilt. Etwa die Hälfte des globalen Primärenergieverbrauchs erfolgt in OECD-Ländern, die nur knapp 20% der Bevölkerung umfassen, aber rund drei Viertel des globalen BIP erwirtschaften (Abb. 1.2-3). Gleichzeitig sind noch 2,8 Mrd. Menschen zum Kochen vorwiegend auf traditionelle Biomasse als primäre Energiequelle angewiesen und 1,4 Mrd. Menschen haben keinen Zugang zu Elektrizität. Durch die in Kapitel 1.2.1 beschriebenen raschen Entwicklungsfortschritte seit den 1990er Jahren sowie teilweise auch durch die zunehmende Marktintegration als Folge der Globalisierung wächst die Energienachfrage besonders rasch in den Nicht-OECD-Ländern, in denen der Pro-Kopf-Verbrauch derzeit noch gering ist, während die Nachfrage in den OECD-Ländern gesättigt ist. Im Jahr 2009 hat beispielsweise China die USA als größten Energienachfrager abgelöst (IEA, 2009b).

Die IEA rechnet für den Fall, dass ausschließlich bestehende und bereits jetzt geplante energiepolitische Maßnahmen durchgeführt werden (Szenario der neuen energiepolitischen Rahmenbedingungen), mit einem Anstieg der globalen Primärenergienachfrage um 1,2% jährlich, so dass im Jahr 2035 die Energienachfrage dann bereits 36% höher läge als im Jahr 2008. Dabei gehen 93% dieses erwarteten Anstiegs auf Nicht-OECD-Länder zurück, getrieben durch das schnellere Wachstum der Wirtschaftsleistung, der Industrieproduktion, der Bevölkerung und der Urbanisierung in diesen Ländern (IEA, 2010c). Allein China ist für 36% dieses erwarteten Anstiegs der Weltenergienachfrage bis 2035 verantwortlich, Indien für 18%. Der Energiebedarf der OECD-Länder steigt in diesem Szenario nur langsam, dennoch sind die USA 2035 noch immer der zweitgrößte Energieverbraucher nach China (IEA, 2010c). Ein allgemein erwarteter Trend ist die relative

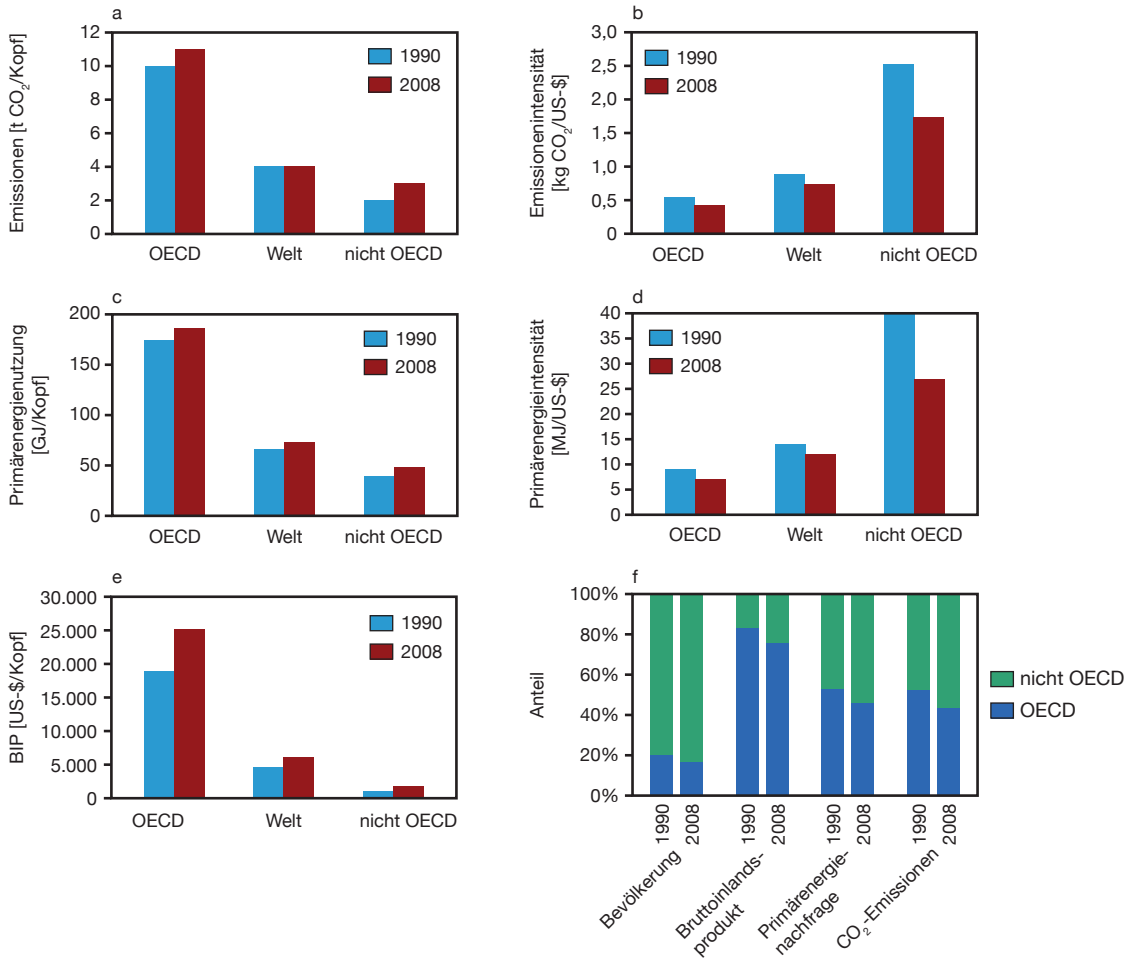


Abbildung 1.2-3
Trends wesentlicher Treiber anthropogenen Klimawandels. Angegeben sind die CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger pro Kopf (a) und bezogen auf die Wirtschaftsleistung (b), die Primärenergienutzung pro Kopf (c) und bezogen auf die Wirtschaftsleistung (d) und die Wirtschaftsleistung pro Kopf (e), jeweils getrennt nach OECD und Nicht-OECD-Ländern sowie global. Zusätzlich sind die Anteile der OECD- bzw. Nicht-OECD-Ländern an der globalen Bevölkerung, dem globalen BIP, der globalen Primärenergienachfrage sowie den globalen CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger angegeben (f). Quelle: WBGU basierend auf Daten von IEA (2010e, f) und World Bank (2011b)

Zunahme des Stromanteils an der Endenergienachfrage.

Im Baseline-Szenario des Global Energy Assessment (GEA, 2011) wird angenommen, dass sich die globale Primärenergienachfrage von ca. 470 EJ im Jahr 2010 bis 2050 mehr als verdoppeln und dann bei etwa 1.100 EJ pro Jahr liegen wird (Abb. 1.2-4).

Die Energieintensität der globalen Wirtschaft, d.h. die eingesetzte Energiemenge bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt, ist in den letzten Jahrzehnten stetig gefallen. Als verantwortliche Faktoren nennt die IEA Verbesserungen der Energieeffizienz, Wechsel der Energieträger sowie Strukturänderungen der Weltwirtschaft weg von energieintensiven Industrien. Auch hier bestehen deutliche Unterschiede zwischen den OECD und Nicht-OECD-Ländern (Abb. 1.2-3). Ohne die zwischen 1980 und 2008 erzielten Verbesserungen der Energieintensität läge die globale Energienachfrage heute um 32% höher (IEA, 2010c).

Energieproduktion

Die globale Energieversorgung beruht heute ganz überwiegend auf der Nutzung fossiler Energieträger (Abb. 1.2-4). Deren Bedeutung stieg seit Beginn der Industrialisierung stetig bis in die 1970er Jahre, in denen ihr Anteil an der globalen Primärenergieversorgung ein Maximum von 87% erreichte (Grübler, 2008a). Seitdem variiert er zwischen 84% und 86%. Die relative Bedeutung der einzelnen fossilen Energieträger änderte sich allerdings deutlich. Im Jahr 1925 dominierte Kohle die fossile Energieversorgung und trug 45% zur globalen Energieversorgung bei. Anschließend fiel ihr Anteil bis in die 1970er Jahre zunächst auf etwa 25%. Gleich-

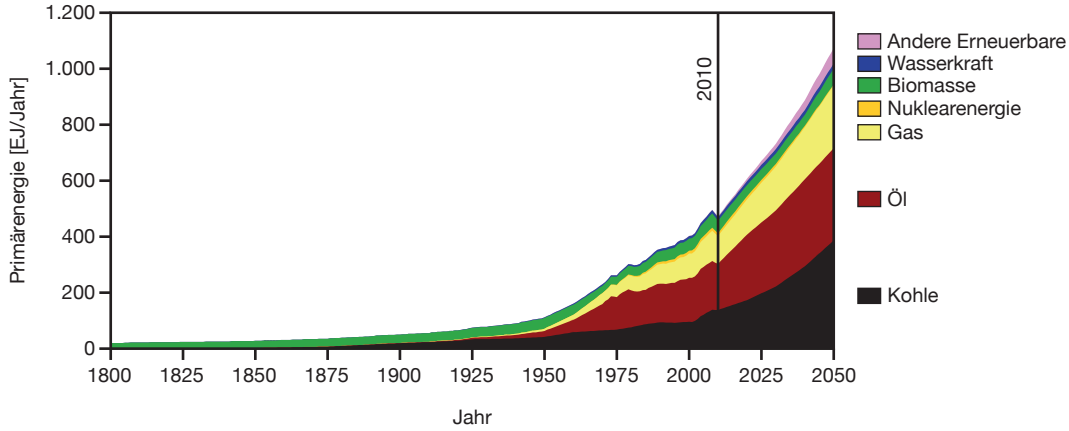


Abbildung 1.2-4
Entwicklung der globalen Primärenergienachfrage (business as usual) zwischen 1800 und 2050. Für den Zeitraum 1800–2008 ist der reale Primärenergiebedarf, ab dem Jahr 2010 der Bedarf nach dem GEA-Baseline-Szenario gezeigt. Die Emissionen, die mit einem solchen Szenario verbunden wären, würden mit einer Wahrscheinlichkeit von rund 99 % dazu führen, dass die 2 °C-Leitplanke überschritten wird. Der Temperaturanstieg würde etwa 5 °C betragen. Die hier dargestellte Entwicklung sollte daher unbedingt vermieden werden. Für den Klimaschutz muss gegenüber diesem Szenario sowohl die Primärenergienachfrage deutlich begrenzt als auch der Energiemix geändert werden (Kap. 4.6).
Quelle: WBGU nach Daten von GEA, 2011

zeitig erreichte Erdöl, der seit Mitte der 1960er Jahre dominante fossile Energieträger, mit über 46 % der Primärenergie einen Höchststand. In Folge der Ölpreissprünge in den 1970er Jahren wurde die Ressourcenbasis der Energieversorgung gezielt weiter diversifiziert, u. a. stieg der Anteil von Erdgas an der Primärenergie seitdem von weniger als 16 % auf über 22 %. Seit den frühen 2000er Jahren hat die relative Bedeutung von Kohle wieder deutlich zugenommen, insbesondere durch das rasche Wirtschaftswachstum in China und Indien. Insgesamt stieg dadurch die globale Bedeutung von Kohle als Primärenergie von rund 24 % im Jahr 2000 auf 28 % im Jahr 2008.

Kernenergie wird seit den 1950er Jahren kommerziell betrieben und ausgebaut, trägt aber erst seit den 1970er Jahren in größerem Ausmaß zur Stromversorgung bei. Die meisten Anlagen wurden zwischen 1970 und 1990 gebaut, einer Periode, in der die globale Kapazität von etwa 50 auf rund 350 GW_e erweitert wurde. Im Jahr 2008 wurden 2.731 TWh Strom bzw. 13 % der globalen Stromproduktion kerntechnisch bereitgestellt. Anfang der 1990er Jahre betrug der Beitrag von Kernkraft zur globalen Stromproduktion bereits 19 %, er ist also derzeit rückläufig. Noch ist nicht absehbar, wie stark sich die nach den Reaktorunfällen in Fukushima in vielen Staaten neu entfachte Diskussion über die Risiken der Nuklearenergie auf deren globale Nutzung auswirken wird.

Erneuerbare Energieträger wurden seit Anbeginn der Zivilisation für eine Vielzahl von Zwecken genutzt und waren bis zu Beginn der industriellen Revolution die einzige Energiequelle. Dabei handelte es sich beispielsweise um Brennholz zum Kochen, Heizen und zur Beleuchtung, Solarenergie zum Wärmen und Trocknen, Wasserkraft oder Windenergie zum Pumpen oder Bewässern. Die traditionellen Bioenergieträger sind noch heute in vielen Entwicklungsländern die primäre Energiequelle vieler Menschen, ihre Nutzung kann allerdings mit vielfältigen Gesundheits- und Umweltrisiken verbunden sein und ist keineswegs immer nachhaltig (WBGU, 2009a). So sind für das Sammeln von Feuerholz oftmals vorwiegend Frauen und Kinder zuständig, was sie in der Teilnahme an Bildungsmöglichkeiten oder anderen produktiven Tätigkeiten einschränkt. Sie sind oftmals auch überproportional von den Atemwegserkrankungen durch Partikelbelastung aus ineffizienten Herdstellen betroffen.

Moderne erneuerbare Energien haben heute global einen Anteil von 19 % an der Stromversorgung und einen Anteil von 10 % an der Wärmeerzeugung für Industrie und Gebäude (IEA, 2010c). Der Ausbau erneuerbarer Energien wird weltweit politisch unterstützt, so dass die IEA mit steigenden Anteilen rechnet. Im IEA-Szenario der „neuen energiepolitischen Rahmenbedingungen“ erreicht ihr Anteil bis 2035 global ein Drittel an der Stromversorgung sowie 16 % an der Wärmeerzeugung. Diese erwartete Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien führt zwar zu einer relativen Dekarbonisierung der Energieerzeugung, die aber keinesfalls ausreicht, um die energiebedingten Treibhausgasemissionen zu senken. Vielmehr steigen in diesem Szenario die Emissionen bis 2035 kontinuierlich weiter.

Energiebedingte Emissionen

Die anthropogenen CO_2-Emissionen (ohne Landnutzungsemissionen) stammen derzeit zu 95% aus dem Energiesektor, die verbleibenden 5% stammen aus industriellen Prozessen. Bei der Strom- und Wärmeerzeugung werden 45% dieser Emissionen verursacht, 20% gehen auf das Konto der Verkehrssysteme. Weitere 20% entstehen durch die Nutzung fossiler Energieträger bei Industrie und Bau (WRI-CAIT, 2011). Die Entwicklung der energiebedingten Emissionen läuft derzeit grundsätzlich in die falsche Richtung: Zwischen 1990 und 2000 stiegen die globalen CO_2-Emissionen um 1,1% pro Jahr, in den darauffolgenden sieben Jahren dann bereits um 3% pro Jahr (IEA, 2010a). Als wichtige Faktoren dafür nennt die IEA die zunehmende Energienachfrage in kohlebasierten Ökonomien sowie die zunehmende Kohlenutzung als Reaktion auf steigende Öl- und Gaspreise. Während die Emissionen aus der Kohlenutzung zwischen 1990 und 2000 um 0,6% pro Jahr wuchsen, stieg diese Rate auf 4,8% pro Jahr im Zeitraum 2000–2007 (IEA, 2010a). Kohle, deren Vorkommen wesentlich gleichmäßiger in der Welt verteilt sind als etwa Erdöl, wird in den meisten Ländern (wie auch in Deutschland) auch aus Gründen der strategischen Versorgungssicherheit gefördert und global mit Milliardenbeträgen subventioniert.

Energieinfrastruktur und Pfadabhängigkeiten

Besonders bedenklich ist, dass durch die lange Lebensdauer von Energieerzeugungsinfrastruktur die Investitionen, die heute im Energiesektor getätigt werden, sich über Jahrzehnte auf den Energiemix auswirken werden, der seinerseits ein bestimmender Faktor der Emissionen ist. Der Energiesektor ist damit auf frühzeitige und vorausschauende politische Weichenstellungen angewiesen, da sonst Pfadabhängigkeiten drohen, die einen angemessenen Klimaschutz unmöglich machen. Auch wenn das Wachstum der Energienachfrage überwiegend in den Nicht-OECD-Ländern stattfinden wird und die Energienachfrage insgesamt in den OECD-Ländern nur wenig steigt, müssen auch in den OECD-Ländern erhebliche Investitionen in die Energieerzeugungsinfrastruktur erfolgen, da alte Infrastruktur ersetzt werden muss. Im IEA-Szenario der „neuen energiepolitischen Rahmenbedingungen" wird etwa davon ausgegangen, dass 35% der globalen kumulierten Energieinvestitionen zwischen 2010 und 2035 in OECD-Ländern getätigt werden, obwohl deren Energienachfrage im selben Zeitraum in diesem Szenario nur um 3% wächst (IEA, 2010c). Es geht für den Klimaschutz also darum, die Investitionen in allen Teilen der Welt in die richtigen Bahnen zu lenken: Bestehende emissionsintensive Energieinfrastruktur in den OECD-Ländern muss durch emissionsarme Energieerzeugungskapazitäten ersetzt werden, während gleichzeitig die zunehmende Energienachfrage aus den Nicht-OECD-Ländern durch den Ausbau von Kapazitäten klimafreundlicher Energieformen gedeckt werden muss.

1.2.4 Urbanisierung

Trends

Auch wenn urbane Siedlungen seit vielen tausend Jahren existieren, war der städtische Bevölkerungsanteil durch Grenzen der landwirtschaftlichen Ertragssteigerungen über lange Zeit auf weniger als 5% der Bevölkerung begrenzt. Gesellschaften in China, Indien sowie im mittleren Osten führten geschichtlich die Ranglisten hoher Urbanisierungsraten an und noch 1800 war Peking vermutlich die bevölkerungsreichste Stadt der Welt (Chandler, 1987; McNeill, 2002). Seit Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts wuchs die globale urbane Bevölkerung innerhalb von wenigen Generationen von etwa 165 Mio. Personen, das entsprach damals rund 10–15% der Gesamtbevölkerung, um den Faktor 20 auf inzwischen rund 3,5 Mrd. an. Etwa die Hälfte der Weltbevölkerung lebt inzwischen in urbanen Räumen, wobei deren Abgrenzung von ländlichen Regionen nicht immer eindeutig möglich ist und in Statistiken vielerorts verschiedene Definitionen angewendet werden. Der Urbanisierungsprozess setzt sich gegenwärtig mit großer Dynamik fort und die Bevölkerung in städtischen Räumen wächst derzeit um mehr als 1 Mio. pro Woche. Die Zunahme der Landbevölkerung wird hingegen im globalen Durchschnitt voraussichtlich bereits vor 2020 stagnieren und das dann verbleibende Nettobevölkerungswachstum wird überwiegend in Städten stattfinden. Einen bedeutenden Anteil daran hat Migration. Bis 2050 wird sich die Stadtbevölkerung auf etwa 6,4 Mrd. Menschen nahezu verdoppeln, ihr globaler Anteil wird dann voraussichtlich bei 69% liegen und die globale Bevölkerung wird bis dahin 9 Mrd. überschreiten (Kasten 1.2-2; UN DESA, 2009b).

Bereits heute lebt der größte Anteil der gesamten städtischen Bevölkerung in Asien. Deren Zahl wird sich in den beiden nächsten Jahrzehnten verdoppeln, daher kommt asiatischen Städten im Transformationsprozess eine Schlüsselrolle zu. Die höchsten relativen städtischen Zuwachsraten werden allerdings gegenwärtig in afrikanischen Ländern beobachtet, was auch in der vergleichsweise niedrigen Ausgangsbasis begründet ist. Afrika ist der am wenigsten urbanisierte Kontinent, was u.a. auf die koloniale Vergangenheit und Wirtschaftsstrukturen zurückzuführen ist, die sich auf den extraktiven Sektor konzentrierten (UN-Habitat, 2010a;

Kasten 1.2-2

Die globale Bevölkerungsentwicklung bis 2050

Die Weltbevölkerung wird von 6,8 Mrd. (2009) bis Mitte des Jahrhunderts auf 9 Mrd. Menschen ansteigen (mittleres Szenario der UN DESA, 2009b; Abb. 1.2-5). Der Zuwachs findet hauptsächlich in den Entwicklungsländern statt. In den 49 am wenigsten entwickelten Ländern (LDC) wächst die Bevölkerung am stärksten. Die Hälfte des globalen Bevölkerungswachstums bis 2050 findet in neun Ländern statt: Indien, Pakistan, Nigeria, Äthiopien, USA, DR Kongo, Tansania, China und Bangladesch. Dagegen stagniert in den reicheren Ländern insgesamt die Bevölkerungszahl (teilweise auch Schrumpfung).

Die Weltbevölkerung altert, weil die Geburtenrate bis 2050 auch in den Entwicklungsländern abnimmt und die Lebenserwartung steigt. In den 49 LDC wird dieser Prozess besonders rasch ablaufen. Es wird erwartet, dass dort die durchschnittliche Kinderzahl pro Frau von heute 4,39 auf 2,42 sinkt; global sinkt dieser Wert von 2,56 auf 2,02. Parallel wird nach den Projektionen der UN global der Anteil der über 60-jährigen am schnellsten wachsen (zunächst vor allem in den Industrieländern, mit Verzögerung, dann aber besonders rasant auch in Entwicklungsländern).

Die bestehenden globalen sozioökonomischen Disparitäten werden wesentliche Treiber von internationaler Migration bleiben: Im Zeitraum 2010–2050 wird es nach den Projektionen der UN Nettozuwanderung in den USA (1,1 Mio.), Kanada (214.000), Großbritannien (174.000), Spanien (170.000), Italien (159.000), Deutschland (110.000), Australien (100.000) und Frankreich (100.000) geben. Die größten Abwanderungsbewegungen werden in Mexiko (-334.000), China (-309.000), Indien (-253.000), Philippinen (-175.000), Pakistan (-161.000), Indonesien (-156.000) und Bangladesch (-148.000) erwartet.

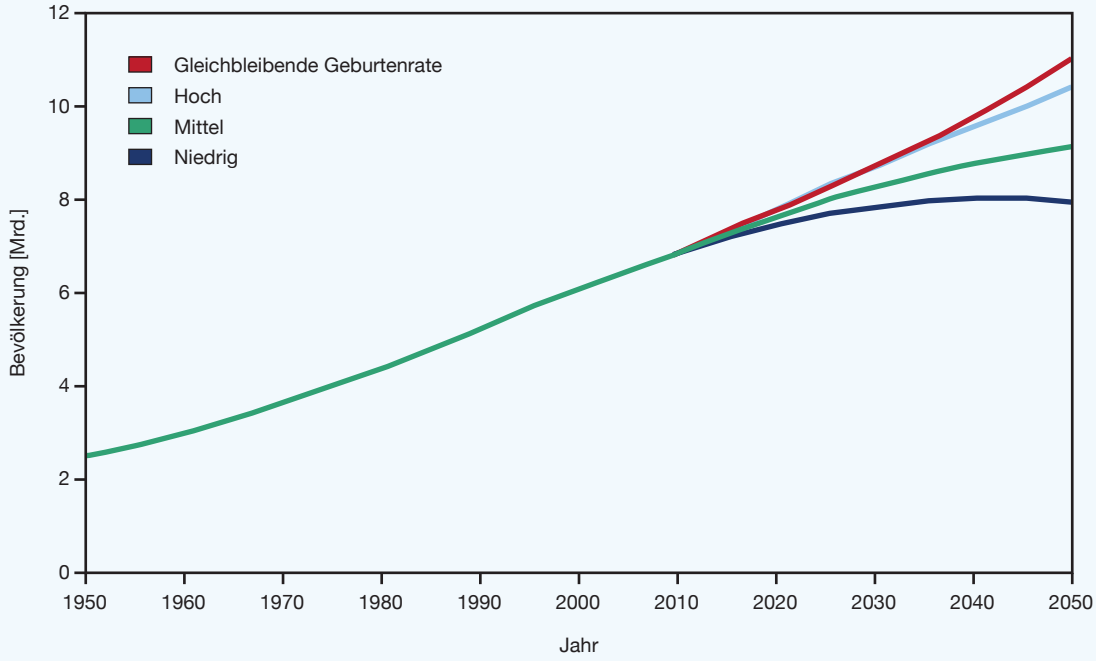


Abbildung 1.2-5
Weltbevölkerung 1950–2050. Unterschiedliche Projektionen und Varianten.
Quelle: UN DESA, 2009b

Abb. 1.2-6, 1.2-7).

Die Welt ist in den vergangenen Jahren in vielen Regionen rasch wohlhabender geworden: Im vergangenen Jahrzehnt hat sich die Zahl der Länder mit einem im Vergleich mit den OECD-Ländern doppelten Pro-Kopf-Wachstum deutlich erhöht. Die Zahl der armen Länder ist im gleichen Zeitraum deutlich gesunken (Kap. 1.2.1).

Gegenwärtig liegen von den weltweit 21 Megastädten mit mehr als 10 Mio. Einwohnern fünf in den „entwickelten" Weltregionen. In 15 Jahren werden es aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklungsfortschritte 29 Megastädte mit insgesamt etwa 470 Mio. Menschen sein, von denen dann 23 in den „weniger entwickelten" Weltregionen liegen. Der mit derzeit 1,8 Mrd. und 2025 2,4 Mrd. bedeutendste (>50 %) Anteil der städtischen Bevölkerung lebt allerdings in Siedlungen mit weniger als 500.000 Einwohnern. Die genaue Zahl dieser Siedlungen sowie deren Namen oder geographische Lage sind in offiziellen UN Statistiken nicht erfasst; hier besteht Forschungsbedarf. Weil diese Siedlungen infrastrukturell noch weniger eingeschränkt sind als die Megastädte, können sie potenziell eine bedeutende Rolle in der kosteneffektiven Klimastabilisierung spielen.

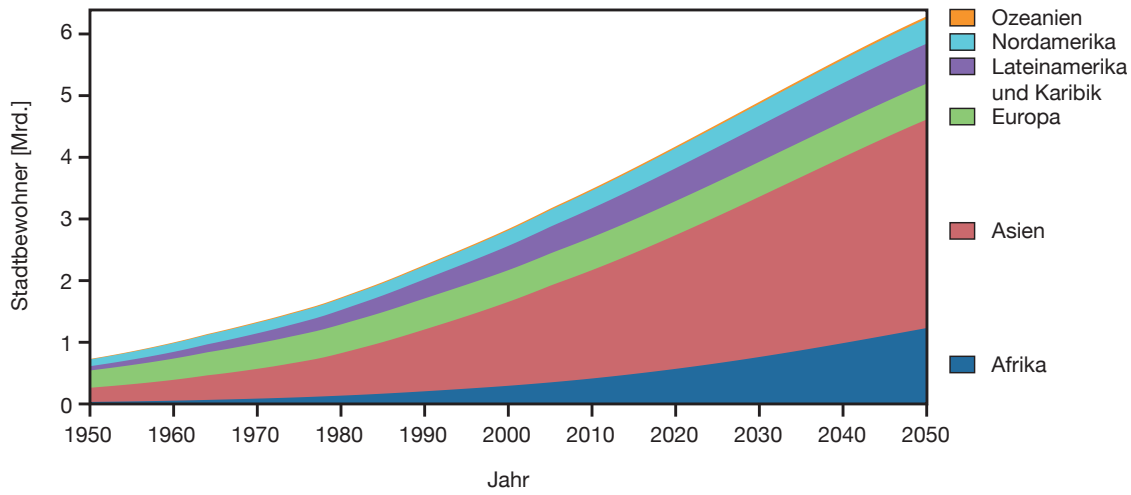


Abbildung 1.2-6
Zahl der Stadtbewohner nach Kontinent: Entwicklung bis 2050.
Quelle: UN DESA, 2010

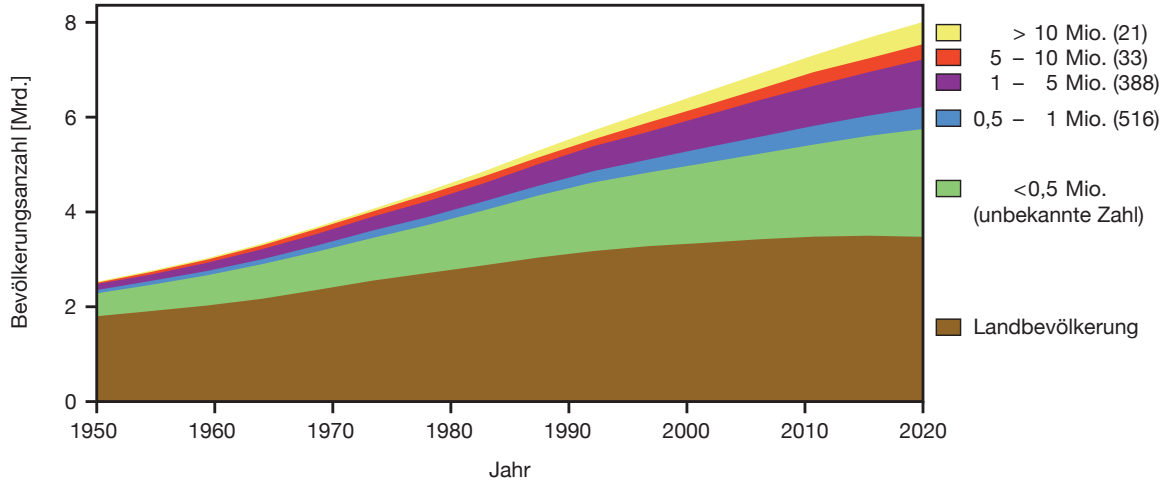


Abbildung 1.2-7
Bevölkerungszahl aufgeschlüsselt nach urbaner Siedlungsgröße sowie ländliche Bevölkerung. In Klammern ist die Zahl der Siedlungen im Jahr 2009 angeführt. Die Zahl urbaner Siedlungen mit weniger als 500.000 Einwohnern ist nicht bekannt.
Quelle: UN DESA, 2010

Die besondere Herausforderung für den Klimaschutz besteht darin, dass die Verknüpfung von rasanter Verstädterung und zunehmendem Wohlstand ohne Umlenkung in klimaverträgliche Bahnen eine erhebliche Verstärkungswirkung auf den Klimawandel entfalten kann. Der positive Trend eines zunehmenden Wohlstands bedeutet auch mehr Energie- und Ressourcenverbrauch. Aus diesem Grund kommt es jetzt darauf an, den urbanen Verdichtungsprozess vor allem in den aufstrebenden Entwicklungs- und Schwellenländern klimaverträglich zu gestalten.

Die rasante Verstädterung findet vor allem in Ländern statt, die über nur unzureichende Kapazitäten für eine geregelte Städteplanung verfügen (UN-Habitat, 2009; Abb. 1.2-6). Ein sichtbares Ergebnis sind die besonders in Städten der Entwicklungsländer stark wachsenden Elendsviertel (Slums). 62 % der Stadtbewohner in Afrika südlich der Sahara leben in Elendsvierteln, in Südasien sind es 43 % (UN-Habitat, 2009). Insgesamt leben nahezu 1 Mrd. Menschen oder fast jeder dritte Stadtbewohner in Elendssiedlungen. Diesen informellen Siedlungen fehlen häufig städtebauliche Grundstandards und jede Form von Rechtssicherheit für die Bewohner. Oft gibt es weder Stromversorgung noch einen Zugang zu sauberem Trinkwasser oder eine hygienische Müll- und Abwasserentsorgung. Slums liegen häufig in Überflutungsgebieten oder an ungesicherten Hängen, die durch Schlammlawinen bedroht

Tabelle 1.2-1
Konzentration der Städte in Küstenregionen. Gezeigt ist für verschiedene Einwohnerzahlen derjenige Anteil der Städte, der an der Küste liegt. Große Städte liegen besonders häufig in Küstenzonen.
Quelle: OECD, 2010d

	Einwohnerzahl				
Region	**<100.000 [%]**	**100.000–500.000 [%]**	**500.000–1 Mio. [%]**	**1–5 Mio. [%]**	**>5 Mio. [%]**
Afrika	9	23	39	50	40
Asien	12	24	37	45	70
Europa	17	22	37	41	58
Lateinamerika	11	25	43	38	50
Australien und Neuseeland	44	77	100	100	–
Nordamerika	9	19	29	25	80
Kleine Inselstaaten	51	61	67	100	–
Welt	13	24	38	44	65

sind. Fehlende Zufahrtsstraßen verhindern vielerorts den effektiven Zugang für Feuerwehren oder Rettungsdienste im Katastrophenfall. Für die Bewohner sind solche Siedlungen dennoch attraktiv, weil sie in oft relativ guter Erreichbarkeit der Märkte und Wirtschaftszentren der Großstädte liegen und sie ihnen so den Zugang zu Einkommensmöglichkeiten erlauben.

Nachhaltige Stadtentwicklung in den am wenigsten entwickelten Ländern muss daher wesentlich an der Verbesserung der Lebensbedingungen der Stadtbewohner ansetzen, sollte dabei aber von Anfang an mit Blick auf den Klimawandel Anpassungs- und Vermeidungsziele berücksichtigen (z.B. Wasserversorgung, Zugang zu sauberen, umweltfreundlichen und sicheren Energiequellen zur Beleuchtung und zum Kochen, Anschluss an leistungsfähige öffentliche Transportsysteme, Alternativen zu Wellblechdächern für besseren Schutz gegen Hitze, Hochwasserschutz).

Treiber und Betroffene des Klimawandels

Städte sind Zentren der Nachfrage und Standorte des produzierenden Gewerbes. Durch die damit verbundenen Emissionen sind sie wichtige Treiber des Klimawandels. Städte verbrauchen bereits etwa drei Viertel der globalen Endenergie (GEA, 2011) und verursachen möglicherweise einen höheren Anteil der energiebezogenen anthropogenen Treibhausgasemissionen. Städte spielen daher eine Schlüsselrolle im Transformationsprozess und sind Laboratorien für innovative klimafreundliche Entwicklungspfade (OECD, 2010c).

Städte sind nicht nur Treiber des Klimawandels, sie sind auch davon betroffen: Siedlungen sind besonders in Küstenzonen konzentriert und daher zunehmend von den Folgen des gestiegenen Meeresspiegels betroffen (Tab. 1.2-1; Abb. 1.2-8; Corfee-Morlot et al., 2009). Auch wenn Städte in Entwicklungsländern den Risiken eines ungebremsten Klimawandels besonders ausgesetzt sind, zeigt die Flutkatastrophe von New Orleans im Jahr 2005, dass diese Gefahren keineswegs nur auf Entwicklungsländer begrenzt sind. Ein Szenario der OECD kommt zu dem Ergebnis, dass ein Anstieg des Meeresspiegels um 50 cm bis 2070 zu einer Verdreifachung der durch Überflutungen gefährdeten Küstenbevölkerung führen würde. Gleichzeitig würde sich das Volumen der gefährdeten Sachwerte verzehnfachen. Ein Teil dieser wachsenden Risikoexposition (von 5% des BIP 2008 auf 9% des BIP im Jahr 2070) ist allerdings der Dynamik der raschen Urbanisierung selbst geschuldet. Durch Änderungen der Gletscher- und Niederschlagsmuster stehen Flussanrainerstädte durch zunehmende Flutrisiken oft vor ähnlichen Herausforderungen. Gleichzeitig haben viele Städte während der Trockenzeit auch mit knapper werdenden Trinkwasservorräten zu kämpfen.

In vielen Ballungsgebieten bilden sich im Sommer Hitzeinseln aus, was die Auswirkungen von Hitzewellen verstärkt. In Europa führte beispielsweise 2003 eine solche Sommeranomalie zu mehr als 40.000 zusätzlichen Todesfällen, vorwiegend bei kranken und älteren Personen (Robine et al., 2008). Die wachsende Nachfrage nach energiehungrigen Klimaanlagen ist ein Beispiel für sich verstärkende, potenziell fatale Kreisläufe von Anpassungshandlungen. In zahlreichen südeuropäischen Ländern hat sich dadurch z.B. die Spitzennachfrage nach Elektrizität inzwischen in die Sommermonate verlagert.

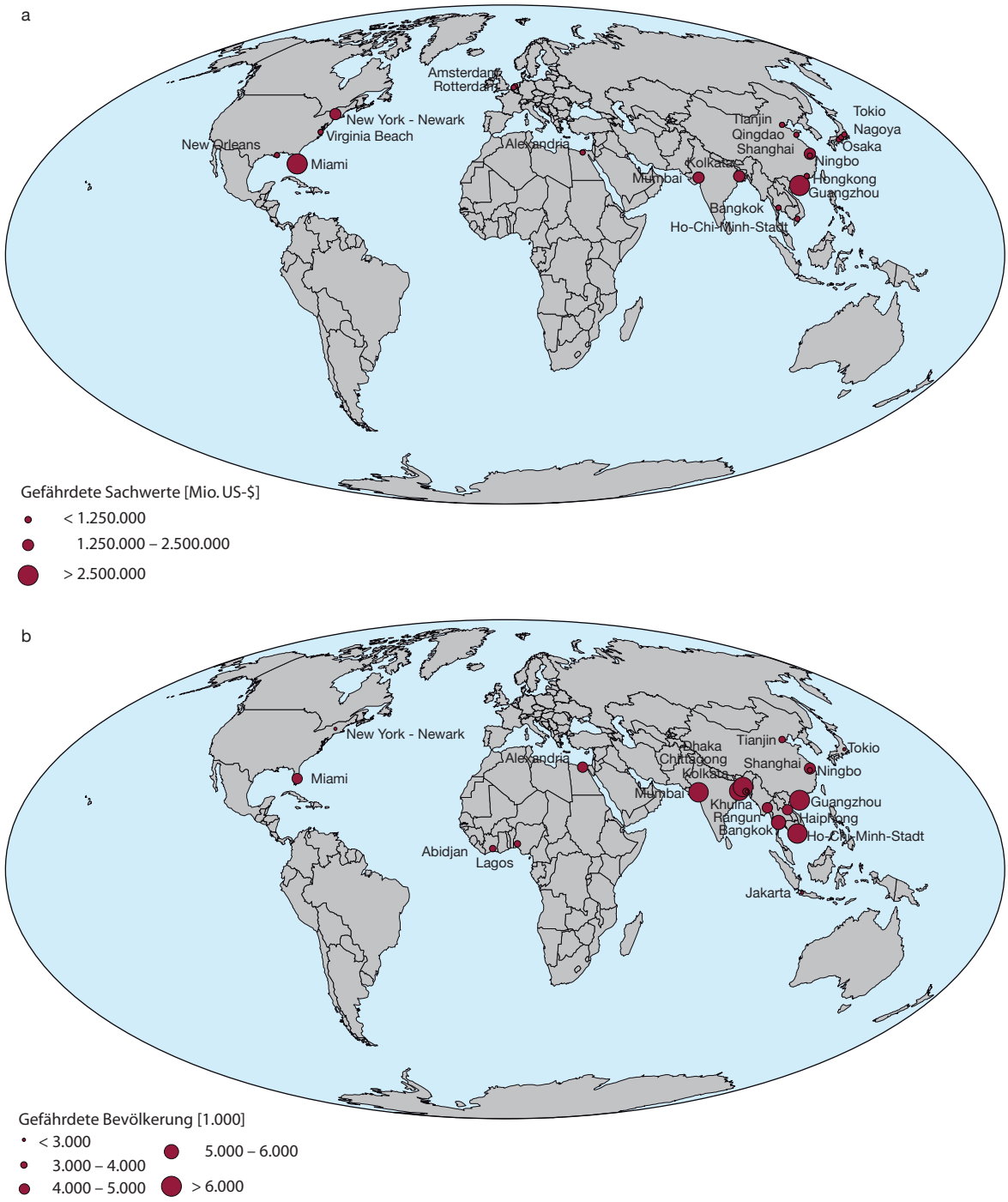


Abbildung 1.2-8
Die 20 wichtigsten Hafenstädte: Von den Risiken des Klimawandels betroffene Sachwerte (a) und Menschen (b).
Quelle: Nicholls et al., 2008

Synergiepotenziale und Skaleneffekte nutzen

Wenn die rasch fortschreitende Urbanisierung unter dem Primat der Klimaverträglichkeit erfolgt, können damit erhebliche Entwicklungschancen verbunden sein, die genutzt werden sollten: Ein verbesserter Zugang zu Bildung, Gesundheitsversorgung und Einkommensmöglichkeiten kann in urbanen Räumen wesentlich effizienter erreicht werden (World Bank, 2009b). Die große Zahl urbaner Haushalte und deren räumliche Dichte reduzieren die Kosten pro Einheit Wasser- und Stromversorgung. Auch auf Seiten des Ressourcenmanagements bieten Städte einzigartige Möglichkeiten, effiziente und integrierte urbane Systeme zu schaffen. Eine systematische sektorübergreifende Stadt- und

Regionalplanung sollte daher die Synergien zwischen klimafreundlicher Stadtentwicklung und anderen urbanen Entwicklungszielen nutzen (Corfee-Morlot et al., 2009).

Schlüsselrolle im Transformationsprozess

Städte haben eine Schlüsselrolle bei der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, da sie wesentliche CO_2-Emittenten sind. Gleichzeitig sind Städte die Laboratorien für klimaverträgliche Entwicklung. Mit Blick auf die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft gibt es eine vierfache Herausforderung: *erstens* müssen bestehende ineffiziente urbane Infrastrukturen transformiert (Industrieländer, Südamerika, bestehende Stadtstrukturen in Asien), *zweitens* müssen die derzeit in großer Geschwindigkeit neu entstehenden urbanen Räume (in Schwellenländern, insbesondere in Asien) klimafreundlich gestaltet, *drittens* muss die Armut in den urbanen Verdichtungsräumen armer Entwicklungsländer (vor allem in Afrika und Südasien) überwunden (Slumsanierung, capacity building usw.) und *viertens* muss die Fähigkeit zur Anpassung an den unvermeidlichen Klimawandel gestärkt werden. Dabei gilt es besonders die Synergien zwischen klimapolitischen Zielen und klassischen Zielen städtischer Entwicklung zu nutzen.

1.2.5 Zunehmende Konkurrenz um Landnutzung: Ernährung, Bioenergie, Wälder

Knapp ein Viertel der globalen Nettoproduktion pflanzlicher Biomasse wird bereits vom Menschen genutzt, vor allem für die Produkte aus Land- und Forstwirtschaft (Haberl et al., 2007; Abb. 1.2-9). Dieser Anteil wird voraussichtlich weiter zunehmen, denn es werden weiterhin natürliche Ökosysteme in Äcker oder Plantagen umgewandelt (wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit) und die Intensität der Produktion wird weiter gesteigert werden müssen. Ein Blick auf die derzeitigen Trends der Landnutzung zeigt, dass sich die Konflikte um nutzbares Land (und damit auch um Wasser; Kap. 1.1.2) voraussichtlich erheblich verschärfen werden (Steinfeld et al., 2006; WBGU, 2009a; IAASTD, 2009).

In den letzten Jahrzehnten hat die Zunahme der landwirtschaftlichen Produktion das Bevölkerungswachstum überkompensiert (IAASTD, 2009). Dabei hat sich die landwirtschaftlich genutzte Fläche kaum vergrößert (von 1,4 auf 1,5 Mrd. ha, 1950–2005), vielmehr wurden drastische Produktivitätszuwächse erzielt, so dass heute pro ha genutzter Fläche im Schnitt deutlich mehr geerntet werden kann. Die Intensivierung der Landwirtschaft durch Anwendung von Kunstdünger, Pflanzenschutzmitteln, neuen Sorten, Mechanisierung und nicht zuletzt Bewässerung hat diese Steigerung möglich gemacht (Grüne Revolution; Kap. 3.5.2). Daher handelt es sich bei gegenwärtigen Ernährungskrisen vor allem um ein Verteilungsproblem. Im Durchschnitt können genügend Nahrungsmittel für die Weltbevölkerung produziert werden (WBGU, 2005; FAO und IFAD, 2008). Das könnte sich ändern, denn es werden bis 2050 nicht nur etwa 2,6 Mrd. Menschen hinzukommen (FAO, 2009a; Kasten 1.2-2), sondern mit dem Wachstum der einkommensstarken urbanen Schichten in Schwellen- und Entwicklungsländern Ernährungsstile bevorzugt, die mehr tierische Produkte enthalten und damit deutlich flächen- und emissionsintensiver sind (Kap. 4.3.4). Die erwartete Verknappung schlägt sich bereits in den Preisen nieder. Nach dem bisherigen Höhepunkt der Nahrungsmittelpreise im Jahr 2008, der nicht zuletzt wegen der Geschwindigkeit des Preisanstiegs zu krisenhaften Situationen in Entwicklungsländern geführt hatte (WBGU, 2009a), haben die Preise Anfang 2011 einen neuen Höchststand erreicht (FAO, 2011; Abb. 1.2-10).

Gleichzeitig ist die einzige alternative Ressource für die Ernährung in einer tiefen Krise: Die Fischerei übernutzt regelmäßig Fischpopulationen, die Fangmengen stagnieren seit mehr als zehn Jahren, und mit Klimawandel, Versauerung und Meeresverschmutzung kommen neue Umweltwirkungen hinzu (WBGU, 2006; FAO, 2009b; UNEP, 2010b). Künftig wird es für die Fischerei immer schwieriger werden, die gegenwärtigen Fangmengen zu erzielen, da es kaum noch ungenutzte marine Regionen gibt (Swartz et al., 2010).

Der weltweite Bedarf an Nahrungsmitteln wird deutlich ansteigen (IAASTD, 2009). Dieser steigende Bedarf wird noch mehr als in der Vergangenheit durch Intensivierung der Produktion auf den bereits bewirtschafteten Flächen stattfinden müssen, denn die ungebremste Umwandlung immer weiterer natürlicher Ökosysteme (insbesondere Primärwälder, Feuchtgebiete, Savannen usw.) ist aus Klimaschutz- und Naturschutzgründen keine nachhaltige Option (Kap. 4.1.7.1; van Vuuren, 2009; Godfrey et al., 2010; CBD, 2010b). Für die Erhaltung biologischer Vielfalt sind größere und besser vernetzte Schutzflächen notwendig, auch um die Anpassung an den Klimawandel besser zu verkraften (MA, 2005a; Turner et al., 2010). Die globale Entwaldung, die vornehmlich durch die Umwandlung tropischer Wälder in landwirtschaftliche Nutzfläche angetrieben wird, ist mit 13 Mio. ha pro Jahr in den letzten 10 Jahren, gegenüber 16 Mio. pro Jahr in der vorhergehenden Dekade (1990–1999) zwar leicht gesunken, bleibt aber auf einem sehr hohen Niveau. Alleine 40% des Regenwaldbestandes im Amazonas von heutigen

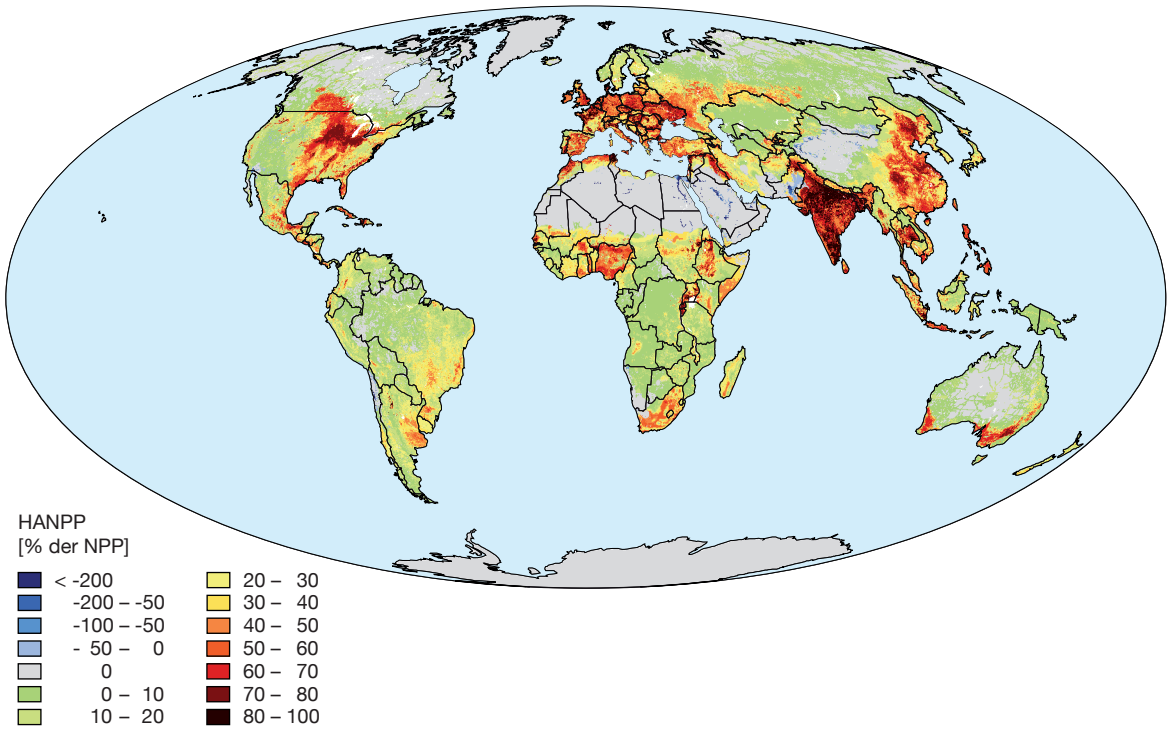


Abbildung 1.2-9
Karte der Nettoprimärproduktion (NPP), die vom Menschen genutzt oder beeinflusst wird (human appropriation of net primary production, HANPP), ohne Berücksichtigung anthropogen verursachter Feuer.
Quelle: Haberl et al., 2007

540 Mio. ha könnten bis 2050 verloren gehen, was geschätzte 117 Gt CO_2 freisetzen könnte (Soares–Filho et al., 2006; IPCC, 2007b).

Nicht zuletzt verstärkt sich durch die Notwendigkeit des Klimaschutzes und die Dekarbonisierung der Energiesysteme die Konkurrenz zwischen den Landnutzungen. Eine große Rolle spielt hierbei vor allem die Nutzung von Bioenergie, deren Produktion sich in den letzten 10 Jahren verdreifacht hat und weiter zunehmen wird (FAO, 2009a). Durch die daraus folgende neue Qualität der Kopplung von Energie- und Nahrungsmittelmärkten werden künftig politische Krisen im Energiesektor stärker auf die Nahrungsmittelpreise durchschlagen (WBGU, 2009a; Abb. 1.2-10; Kasten 4.1-4). Schnell steigende Preise für landwirtschaftliche Produkte wären für die Nachfrager nach Bioenergie oder biobasierten Rohstoffen viel leichter zu verkraften als für die fast 1 Mrd. Menschen, die von Ernährungsunsicherheit betroffen sind (FAO, 2008). Selbst bei dem vom WBGU (2009a) empfohlenen moderaten Ausbau der Bioenergieproduktion auf 100 EJ pro Jahr müsste bis 2055 die landwirtschaftliche Produktivität um 1,2–1,4 % pro Jahr steigen, vor allem in Afrika südlich der Sahara und im Nahen Osten (Lotze-Campen et al., 2009). Zudem wird der Bedarf nach stofflicher Nutzung von Biomasse zunehmen, um die bislang vor allem auf Erdöl basierende Chemieproduktion zunehmend durch biologisch produzierte Materialien zu ersetzen (BMBF, 2010b).

Dieser Wettbewerb um knappe Flächen wird durch zunehmende Gefährdungen der Produktion weiter verschärft. Weltweit werden fortschreitende Bodendegradation (Kap. 1.1.3) sowie zunehmende Wasserknappheit (Kap. 1.1.4; Rockström und Karlberg, 2010) beobachtet. Zudem werden je nach Ausprägung des Klimawandels in vielen Regionen negative Auswirkungen auf Landwirtschaft und Ernährungssicherheit erwartet; insbesondere dort, wo bereits heute Dürren, Überflutungen und Armut verbreitet sind, z.B. in Afrika südlich der Sahara (Gregory et al., 2005; IPCC, 2007b). Im Zeitraum 2000–2009 scheint sich klimabedingt die Nettoprimärproduktion der Landökosysteme bereits leicht vermindert zu haben (Zhao und Running, 2010). Für die zweite Hälfte des Jahrhunderts werden schwerwiegende Klimawirkungen auf die globalen Ernteerträge erwartet (Fischer, 2009). Zusammengenommen deuten die Trends darauf hin, dass die Transformation der globalen Landnutzung eine zentrale Herausforderung darstellt (Godfrey et al., 2010).

Es wird eine erhebliche Zunahme der landwirtschaftlichen Produktion erforderlich sein. Die Schätzungen zur Ausweitung der globalen landwirtschaftlichen Pro-

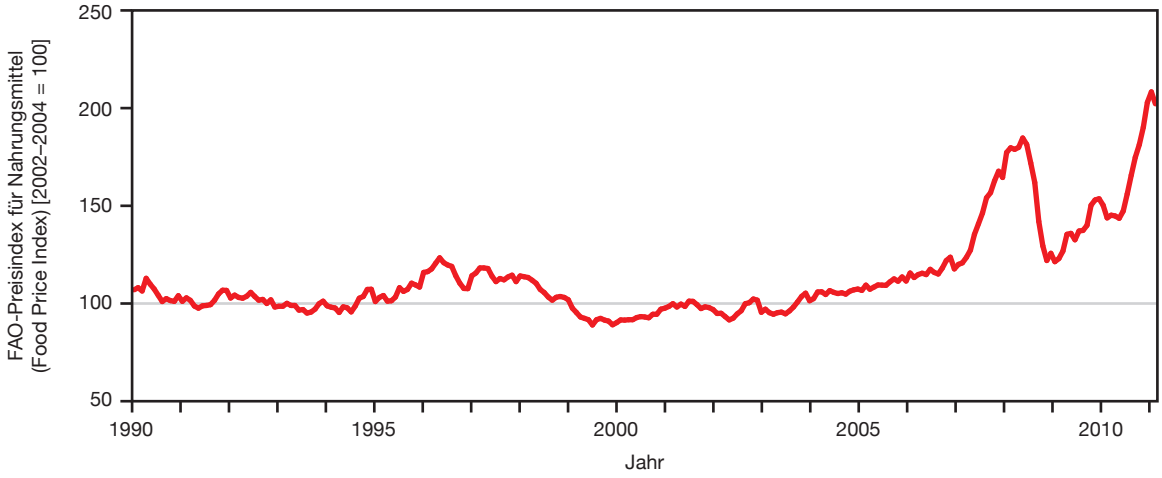


Abbildung 1.2-10
Entwicklung der Nahrungsmittelpreise 1990–2011 (FAO Food Price Index, inflationsbereinigt).
Quelle: FAO, 2011

duktion reichen bis zu einer erforderlichen Steigerung um 50% oder sogar 70% bis 2050 (IAASTD, 2009; FAO, 2009a; Bruinsma, 2009). Dazu muss zunächst der laufende Trend umgekehrt werden, denn seit etwa drei Jahrzehnten sinkt die Wachstumsrate der Weltagrarproduktion (FAO, 2003). Dementsprechend wird in den nächsten Jahrzehnten mit weiter steigenden Preisen für landwirtschaftliche Güter gerechnet (IAASTD, 2009). Es ist zu hoffen, dass dadurch Anreize entstehen, vermehrt Investitionen in diesen Sektor zu lenken, die derzeit nahe dem historischen Tiefpunkt liegen (Halweil und Nierenberg, 2011). Zu den Produktionssteigerungen muss eine bessere Nutzung der Agrarprodukte hinzukommen (Godfrey et al., 2010). So wäre die Umstellung auf eine gesündere Ernährung in Industrieländern und den schnell wachsenden Mittelschichten in Entwicklungs- und Schwellenländern gleichzeitig eine Umstellung auf verringerten Konsum tierischer Produkte. Der damit einhergehende geringere Flächenbedarf für die Ernährung würde den Druck auf die Landnutzung deutlich verringern (Kap. 4.3.4; WBGU, 2009a).

Konkurrenzen um Landnutzung werden zunehmend zu einem zentralen Thema der Nachhaltigkeit und sind ein künftiges potenzielles Konfliktfeld (GO Science, 2011; WBGU, 2009a, b). Es besteht Einigkeit über die Größe der Herausforderungen und über den erheblichen Reform- und Entwicklungsbedarf. Dem steht gegenüber, dass es noch keinen breiten wissenschaftlichen oder politischen Konsens darüber gibt, welche Strategien für eine nachhaltige Gestaltung der globalen Landnutzung am besten geeignet sind. Dies betrifft vor allem die Frage nach geeigneten Techniken der Intensivierung (z. B. das Pro und Kontra zur grünen Gentechnik und zur intensiven Anwendung von Agrarchemie), nach der Definition und dem Stellenwert von Nachhaltigkeit in der landwirtschaftlichen Produktion (z. B. Berücksichtigung des Bodenschutzes oder der biologischen Vielfalt, Zusammenhang mit ländlicher Armut und Gerechtigkeit) sowie nach den geeigneten Rahmenbedingungen und Strukturen der Produktion in den höchst unterschiedlichen Regionen (Rolle der Subventionen, industrielle Großbetriebe versus kleinbäuerliche Wirtschaft).

Als ein Symptom für die zunehmenden Landnutzungskonkurrenzen kann gewertet werden, dass in den letzten Jahren kapitalkräftige Investoren (z. B. aus Saudi Arabien oder China) zunehmend versuchen, sich den Zugang zu fruchtbaren landwirtschaftlichen Flächen in erheblichen Größenordnungen (insgesamt mehrere Mio. ha) vor allem in Afrika zu sichern, um dort mittels industrieller landwirtschaftlicher Produktion von Nahrungsmitteln oder Bioenergie und nachfolgendem Export eigene nationale Defizite zu decken bzw. Gewinne zu erzielen (FAO et al., 2009; von Braun, 2010). Grundsätzlich ist eine Zunahme von Direktinvestitionen in die Landwirtschaft von Entwicklungsländern zu begrüßen, aber diese häufig plakativ als „land grabbing" bezeichneten großskaligen Projekte können, wenn sie intransparent und ohne Partizipation der Bevölkerung ablaufen sowie die lokalen Gegebenheiten und Rechte nicht berücksichtigen, Landnutzungskonflikte anheizen und die ohnehin prekäre Lage vieler afrikanischer Kleinbauern zusätzlich belasten (von Braun und Meinzen-Dick, 2009; BMZ, 2010).

1.3 Folgerungen: Die Transformation zur Nachhaltigkeit

Die Menschheit lebt heute im Anthropozän, also dem Erdzeitalter, in dem die Einwirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt eine mit natürlichen Einflüssen vergleichbare Dimension erreicht haben (Crutzen und Stoermer, 2000). Die Megatrends des Erdsystems (Kap. 1.1) sind deshalb so bedrohlich, weil sie erhebliche Auswirkungen auf Mensch und Gesellschaft haben. Ohne das Einhalten der planetarischen Leitplanken (Kasten 1-1) werden Ressourcen oder Leistungen des Erdsystems gefährdet, die für die Menschheit von großer Bedeutung sind. So ist z.B. bei ungebremster Fortsetzung dieser Trends eine ernsthafte Beeinträchtigung der Welternährung absehbar (Kap. 1.2.5). Die Leitplanken definieren den Rahmen innerhalb dessen Entwicklung und Fortschritt auf nachhaltige Weise ablaufen können. Bei einigen Megatrends befindet sich die Menschheit auf einem Kollisionskurs mit den Leitplanken (z.B. Klimawandel: Kap. 1.1.1), bei anderen sind die Leitplanken sogar bereits überschritten (z.B. biologische Vielfalt: Kap. 1.1.2; Rockström et al., 2009b).

Gleichzeitig führen die an sich sehr positiven Entwicklungsfortschritte in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern dazu, dass ressourcenintensive Lebensstile zunehmen (Kap. 1.2). Die Idee, allen Menschen einen Lebensstil zu ermöglichen, der dem heute in Industrieländern vorherrschenden, durch fossile Energieträger geprägten Lebensstil entspricht, ist nicht realisierbar. Um nicht nachhaltige Entwicklungspfade zu vermeiden, müssten von den Entwicklungs- und Schwellenländern technologische Entwicklungsstufen übersprungen werden. Die Industrieländer sollten daher voranschreiten, die bisherigen Entwicklungspfade verlassen und zeigen, dass nachhaltige Wege beschritten werden können. Es gilt einen Lebensstil zu finden, der dem Leitbild einer nachhaltigen globalen Entwicklung entspricht. Gleichzeitig muss eine ebenfalls an den Kriterien globaler Nachhaltigkeit ausgerichtete nachholende Entwicklung der ärmeren Länder einschließlich der bislang abgekoppelten „bottom billion" ermöglicht werden.

Ein Umsteuern ist daher dringend geboten. Es muss eine Transformation zur Nachhaltigkeit stattfinden, da ansonsten die natürlichen Lebensgrundlagen der immer noch wachsenden Weltbevölkerung gefährdet und die künftigen Entwicklungschancen der Gesellschaften deutlich eingeschränkt werden (Kap. 3; Raskin et al., 2010). Angesichts des Ausmaßes, der Dynamik sowie der engen Interaktionen der Megatrends des Erdsystems und der Megatrends der globalen Wirtschaft und Gesellschaft wird deutlich, dass die Transformation zur Nachhaltigkeit eine Große Transformation werden muss. Hinsichtlich der Eingriffstiefe ist sie vergleichbar mit den beiden fundamentalen Transformationen der Weltgeschichte: der Neolithischen Revolution, also der Erfindung und Verbreitung von Ackerbau und Viehzucht, sowie der Industriellen Revolution, die den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft beschreibt. Sie muss zudem innerhalb der planetarischen Leitplanken verlaufen und innerhalb eines engen Zeitfensters mit großer Priorität vorangetrieben werden.

Hohe Priorität für den Klimaschutz als Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung

Die Analyse der Megatrends zeigt, dass dem Klimawandel eine besondere Bedeutung zukommt. Er verschärft bestehende Umweltkrisen, gleichzeitig wirken Umweltprobleme teils verschärfend auf den Klimawandel zurück, was sich verstärkende Wirkungsdynamiken auslösen kann (Kap. 1.1.6). Der anthropogene Klimawandel steht erst am Anfang seiner Entfaltung, und seine Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft werden in den kommenden Jahrzehnten zunehmen. Unterm Strich könnte ein ungebremster Klimawandel katastrophale negative Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft haben (Kap. 1.1.1; IPCC, 2007b). Die globale Temperaturerhöhung kann die Existenzgrundlage vieler Menschen insbesondere in den Entwicklungsregionen gefährden, die Anfälligkeit für Armut und soziale Verelendung erhöhen und damit nicht zuletzt die menschliche Sicherheit bedrohen. Vor allem in schwachen und fragilen Staaten mit leistungsschwachen Institutionen und Regierungssystemen dürfte durch den Klimawandel die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Umweltbedingungen überstrapaziert werden, etwa in Folge von Extremereignissen wie Dürren, Überschwemmungen oder Ernteausfällen. Es können neue Sicherheitsrisiken entstehen und zusätzliche Umweltmigration ausgelöst werden (WBGU, 2008). Der WBGU entscheidet sich aus folgenden Gründen dafür, in diesem Hauptgutachten den Schwerpunkt auf die Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft zu legen, die jedoch in den generellen Kontext nachhaltiger Entwicklung eingebettet sein muss.

- Die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke ist eine conditio sine qua non für nachhaltige Entwicklung. Wenn diese Leitplanke durchbrochen wird, können andere planetarische Grenzen ungleich schwieriger oder gar nicht mehr eingehalten werden (Kap. 1.1.6). Auch wichtige Entwicklungsziele und insbesondere die Armutsbekämpfung werden bei ungebremstem Klimawandel nicht zu erreichen sein (WBGU, 2005; Kap. 1.2.1). Bei der Transformation zur Nachhaltig-

keit kommt dem Klimaschutz also eine besondere Bedeutung zu: Klimaschutz allein kann zwar den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschheit nicht sichern, aber ohne wirksamen Klimaschutz entfallen absehbar essentielle Entwicklungsmöglichkeiten der Menschheit.

- Beim Klimaschutz drängt die Zeit ganz besonders. Innerhalb der nächsten 10 Jahre muss die Trendwende der Treibhausgasemissionen erreicht werden, damit die 2 °C-Leitplanke noch eingehalten werden kann (Kap. 1.1.1; Kasten 1.1-1). Eine drastische Beschleunigung der bereits anlaufenden Dekarbonisierung der Energiesysteme, also die Verhinderung von CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen, ist erforderlich (Kap. 4).
- Der Umfang der notwendigen Umgestaltung ist eine besonders große Herausforderung. Die Transformation zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung betrifft drei Hauptpfeiler der heutigen Weltgesellschaft, an denen die Politik ansetzen sollte: Erstens, die Energiesysteme unter Einschluss des Verkehrssektors, von denen die gesamte Wirtschaft abhängt und die derzeit wegen der hohen Entwicklungsdynamik der Schwellenländer vor einem neuen Wachstumsschub stehen. Der Energiesektor verursacht heute etwa zwei Drittel der Emissionen langlebiger Treibhausgase (Kap. 1.2.3). Zweitens, die urbanen Räume, die derzeit für drei Viertel der globalen Endenergienachfrage verantwortlich sind und deren Bevölkerung sich bis 2050 auf 6 Mrd. verdoppeln wird (Kap. 1.2.4). Drittens, die Landnutzungssysteme (Land- und Forstwirtschaft einschließlich der Waldrodungen), aus denen heute knapp ein Viertel der globalen Treibhausgasemissionen stammen (Kap. 1.2.5). Die Landnutzung muss nicht nur die Ernährung für eine weiter wachsende und anspruchsvoller werdende Weltbevölkerung sichern, sondern auch Nachfragesteigerungen wegen der zunehmenden Nutzung von Bioenergie und biobasierten Rohstoffen decken. Diese Sektoren müssen weltweit grundlegend umstrukturiert werden, um die 2 °C-Leitplanke nicht zu durchbrechen, ohne die Leistungsfähigkeit in den drei Transformationsfeldern Energiesysteme, urbane Räume und Landnutzungssysteme zu gefährden.

Der anthropogene Klimawandel ist in den letzten Jahren in der Mitte des gesellschaftlichen Diskurses angekommen. Es gibt inzwischen einen globalen politischen Konsens darüber, dass eine rasch erfolgende Erderwärmung von mehr als 2 °C die Anpassungsfähigkeit unserer Gesellschaften überfordern würde (Kap. 1.1.1; UNFCCC, 2010). Die Transformation in Richtung klimaverträglicher Gesellschaft wird zwar weithin als große Menschheitsherausforderung bezeichnet, aber sie wird nur mit wenig Ambition angegangen. In den letzten Jahren sind nicht nur die absoluten Treibhausgasemissionen immer weiter gestiegen, sondern auch die CO_2-Intensität der Energieproduktion hat entgegen dem langfristigen Trend sogar wieder zugenommen. Ohne Umsteuerung wird das noch verbleibende globale CO_2-Budget schnell aufgezehrt sein (Kasten 1.1-1). Klimaschutz und die daraus abgeleitete Notwendigkeit zur Dekarbonisierung der Energiesysteme ist also zu einem unverzichtbaren Baustein nachhaltiger Entwicklung geworden. Daher steht die „Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft" im Zentrum dieses Gutachtens.

Klimaschutz ist zwar der dringendste Schritt auf dem Weg der Transformation zur Nachhaltigkeit, aber Lösungsstrategien sind auch für die anderen Umwelt- und Entwicklungsprobleme erforderlich, zum Teil bereits skizziert und in der internationalen Diskussion oder Umsetzung. Die Maßnahmen der verschiedenen Strategien müssen allerdings untereinander abgestimmt werden, da es erhebliche Überschneidungen mit und Nebenwirkungen auf andere Nachhaltigkeitsdimensionen gibt (Kap. 1.1.6). Zum Teil ergeben sich Synergien: So ist z. B. der Schutz der Primärwälder vor Rodung für den Klimaschutz, für die Erhaltung biologischer Vielfalt und für die Lebensqualität der lokalen oder indigenen Gemeinschaften vor Ort von Vorteil (WBGU, 2000a). Andere Maßnahmen haben negative Nebenwirkungen, wie etwa die Nutzung von Bioenergie, die zwar fossile Energieträger substituieren kann, aber gleichzeitig bei unvorsichtiger Anwendung erhebliche negative Effekte auf die Ernährungssicherung, den Erhalt biologischer Vielfalt und sogar auf den Klimaschutz haben kann (Kasten 4.1-4; WBGU, 2009a).

Aus diesem Grund sollten alle Klimaschutzstrategien und -maßnahmen auf Risiken und unerwünschte Nebenwirkungen für andere Dimensionen der Nachhaltigkeit und Zukunftsverträglichkeit geprüft werden, bevor sie großskalig in Anwendung gelangen. Die extreme Vernetzung von Problemlagen und Lösungswegen verlangt nach diesem „Nachhaltigkeitscheck". Die Debatte um Zertifizierung von Bioenergie und Holzprodukten bietet Beispiele für entsprechende Lösungen. Der Nachhaltigkeitscheck sollte möglichst weit im Vorfeld strategischer Lösungsansätze mitgedacht und bereits in kleineren Pilotvorhaben vorgenommen werden. Als erste grobe Orientierung für ein solches Prüfraster können die WBGU-Leitplanken (Kasten 1-1) in Bezug auf die Umweltdimensionen sowie die Millenniumsentwicklungsziele in Bezug auf die Entwicklungsdimensionen herangezogen werden. Neben diesen Nachhaltigkeitsverträglichkeitsprüfungen sollte auch ein Langzeit-Monitoring im Sinne eines Frühwarnsystems implementiert werden, das recht-

zeitig auf bedenkliche Umweltveränderungen hinweisen kann. Zivilgesellschaftliche Partizipation sollte möglichst frühzeitig im Prozess eine Rolle spielen, um eine bessere Einschätzung der Probleme vor Ort zu bekommen, was letztlich die Legitimation verbessern und Akzeptanz erleichtern kann. Die Vorgabe eines Nachhaltigkeitschecks ist keineswegs unrealistisch, sondern vielmehr notwendig, um teure und zeitraubende technologische Sackgassen zu vermeiden.

Schlüsselfaktoren für die Transformation

Die für eine Transformation in eine klimafreundliche Gesellschaft zentralen Faktoren, die sich förderlich oder auch hemmend auf den Prozess auswirken, werden im Verlauf des Gutachtens identifiziert. Bereits in diesem Kapitel wurden einige der im Folgenden aufgelisteten Faktoren veranschaulicht, weitere werden in folgenden Kapiteln hergeleitet. Hemmend wirken sich aus:

- *Enge Zeitfenster:* Die Analyse in Kapitel 1 zeigt, dass die Transformation in einem engen Zeitfenster stattfinden muss, wenn die planetarischen Leitplanken nicht verletzt werden sollen. Dies stellt für komplexe Gesellschaften, gerade im Kontext internationaler Verhandlungssysteme, eine erhebliche Herausforderung dar (Kap. 5).
- *Rasante Urbanisierung:* Die Urbanisierungsschübe in den Entwicklungsregionen, die zu einem erheblichen Teil auf fossil basierten Wohlstandssteigerungen begründet sind, stellen eine weitere enorme Herausforderung, aber auch Chance für den Transformationsprozess dar (Kap. 1.2.4, 5.4.5.2).
- *Pfadabhängigkeiten:* Die Größe der globalen Energiesysteme, gepaart mit der Langlebigkeit der entsprechenden Infrastruktur bedingen die Trägheit von Veränderungsprozessen (Kap. 1.2.3, 4.2). Politische, institutionelle und ökonomische Pfadabhängigkeiten, Interessenstrukturen sowie Vetospieler erschweren den Übergang zur nachhaltigen Gesellschaft (Kap. 5). Ein Beispiel dafür sind die weltweiten Subventionen für fossile Energieträger im dreistelligen Milliardenbereich.
- *Günstig verfügbare Kohlevorräte:* Die Pfadabhängigkeiten werden vertieft und die Transformation wird erschwert, weil vor allem der Brennstoff Kohle in vielen, derzeit dynamisch wachsenden Schwellenländern günstig zur Verfügung steht (Kap. 4.1.2).
- *Globale Kooperationsblockaden:* Die Analyse zeigt ebenfalls, dass die bestehenden Instrumente der globalen Politikgestaltung (global governance) und die Umsetzung der dort entwickelten Strategien und Empfehlungen nicht ausreichend sind, um die komplexen globalen Umweltprobleme zu lösen (Kap. 1.1, 5.4.4). Als Defizite lassen sich zum Teil Fragmentierung bzw. mangelnde Kohärenz zwischen den verschiedenen Abkommen und Institutionen anführen, aber vor allem mangelt es an der Durchsetzbarkeit der Vereinbarungen. Die Weltgemeinschaft ist nicht gut auf die Transformation vorbereitet; dies gilt auch für die drei zentralen Transformationsfelder Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Die Weiterentwicklung des Umweltvölkerrechts und der internationalen Institutionen in Richtung einer integrierten Strategie des Umgangs mit globalen Umwelt- und Entwicklungsproblemen bleibt daher eine wichtige Herausforderung für die Zukunft (Kap. 5.4.4, 7.3.9, 7.3.10).

Im weiteren Verlauf des Gutachtens wird es zum Einen darum gehen, wie diese hemmenden Faktoren überwunden werden können und zum Anderen, welche Faktoren sich identifizieren und verstärken lassen, die sich förderlich auf die Transformation auswirken. Für die Umsetzbarkeit des Umbaus in eine klimaverträgliche Gesellschaft sind folgende Faktoren von entscheidender Bedeutung:

- *Wertewandel zur Nachhaltigkeit:* Zunächst stellt sich die Frage, ob die Bevölkerung einen derartig grundlegenden Umbau der Infrastruktur überhaupt mittragen möchte. Ist der Stellenwert des Schutzes der natürlichen Umwelt in den Werthaltungen der Menschen groß genug? Gibt es einen globalen, kulturübergreifenden Konsens für die Transformation der gegenwärtigen Wirtschaftsweise in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaschutz? Für die Politik sind diese Fragen von vorrangiger Bedeutung, um Akzeptanz und Legitimation für den Transformationsprozess einschätzen zu können. Kapitel 2 stellt diese Fragen und zeigt, dass die globale Transformation der Werthaltungen bereits begonnen hat. Kapitel 6 stellt die gesellschaftlichen Akteure der Transformation ins Zentrum und untersucht, wie sich auf Basis der veränderten Werthaltungen die Innovationen rascher ausbreiten können.
- *Technologie:* Der wichtigste Ansatzpunkt für den Klimaschutz ist das Energiesystem. Daher stellt sich vor allem die Frage, ob die technischen und nachhaltigen Potenziale klimaverträglicher Energieträger ausreichen. Die Dekarbonisierungsstrategie der Energiesysteme darf dabei nicht mit der Überwindung der Energiearmut im Konflikt stehen. Zudem ist zu fragen, ob für den Bereich Landnutzung, der ein weiterer wichtiger Emittent von Treibhausgasen ist, die Technologien für die Weichenstellung in Richtung Klimaschutz vorhanden sind. Diese Fragen der technischen Machbarkeit werden in Kapitel 4 analysiert und beantwortet.
- *Finanzierung:* Eine weitere Frage für die Umsetzung der Transformation ist, ob sie auch wirtschaftlich geleistet werden kann und wie groß die finanziellen

Herausforderungen der Transformation sind. Bei dieser Rechnung sollte nicht nur der zusätzliche Investitionsbedarf betrachtet werden, sondern es sind auch die langfristigen Einsparungen bei der Verwendung erneuerbarer Energien durch vermiedene Brennstoffkosten und die Vermeidung der immensen Kosten eines gefährlichen Klimawandels gegenüber zu stellen. Diesen Fragen widmet sich das Kapitel 4.5 „Finanzierung der Transformation in eine klimafreundliche Gesellschaft".

- *Steuerungsinstrumente:* Neben der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit stellt sich die Frage nach der gesellschaftlichen Umsetzbarkeit der Transformation. Sind die politischen, ökonomischen und rechtlichen Steuerungsinstrumente vorhanden um die Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass die Dekarbonisierung der Energiesysteme gefördert wird? Sind Instrumente einsetzbar, um den Klimaschutz auch in den beiden anderen Transformationsfeldern Urbanisierung und Landnutzung zu einer zentralen Richtschnur zu machen? In Kapitel 5 „Gestaltung der Transformation" werden diese Fragen behandelt.

Gegründet auf die Gesamtanalyse kommt der WBGU zu der Botschaft, dass die Transformation zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft nicht nur notwendig, sondern auch machbar ist. Sie hat in einigen Sektoren, Regionen und Ländern bereits begonnen.

Werte im Wandel: Eine globale Transformation der Werthaltungen hat bereits begonnen

2

2.1 Werte und Wertewandel

Eine grundlegende und rasche Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft im globalen Maßstab, wie sie die Krise des Erdsystems und der Weltgesellschaft erfordert, wäre gegen die Dispositionen und vorherrschenden Werthaltungen der Menschen weder durchsetzbar noch wünschenswert. Der Grund für Letzteres: Wenn man etwa in gefährlichem Klimawandel oder Artensterben nicht nur unerwünschte Veränderungen der natürlichen Lebensgrundlagen sieht, sondern vor allem eine mögliche massive Einschränkung individueller Freiheitsspielräume und weltgesellschaftlicher Entwicklungsoptionen, dann kann man keine Lösungen anstreben, die eben diese Spielräume und Optionen autoritär beschneiden (Leggewie, 2010). Für das Gelingen einer Transformation in Richtung Nachhaltigkeit ist deswegen erstens eine ausreichende Verbreitung entsprechender Einstellungen und Präferenzen unabdingbare Voraussetzung (Raskin et al., 2002; Leiserowitz et al., 2006). Eine effektive und zugleich demokratisch legitime Umwelt- und Klimapolitik muss „die Menschen mitnehmen", also den angestrebten Wandel für große Mehrheiten annehmbar machen (Akzeptanz), sich Zustimmung verschaffen (Legitimation) und ihnen Teilhabe ermöglichen (Partizipation). Diese soziale und politische Mobilisierung kann zweitens nicht (allein) auf Minimierungs- und Verzichtsziele setzen, die in der Regel Zukunftsängste und Verlustaversionen auslösen. Sie muss im Einklang stehen mit Vorstellungen eines guten und gelungenen Lebens, die wiederum weit verbreitet und attraktiv sind. Transformationsstrategien zur Abwendung von Krisen des Erdsystems sollten (und können) die Verwirklichung von Zielen auf die Tagesordnung setzen, die Menschen weltweit in großer Zahl ohnehin anstreben, und Entscheidungen unterstützen, die nach Abwägung aller Vor- und Nachteile „ohne Bedauern" getroffen werden können (No-regret-Strategien). Im Folgenden argumentiert der WBGU, dass die notwendige Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, die Gegenstand dieses Gutachtens ist, in der Bevölkerung vieler Länder weltweit bereits ausgeprägten Einstellungen und Werthaltungen (Kasten 2.1-1) entspricht und daher im Sinne einer Steigerung der subjektiven Lebenszufriedenheit großer Bevölkerungskreise positiv bewertet werden kann.

Werte sind stets kulturell und sozial kontextgebunden und werden in pluralistischen Gesellschaften, vor dem Hintergrund praktischer Problemstellungen und Dilemmata, strittig „ausgehandelt". Wertekonflikte sind ebenso normal wie Verteilungskonflikte und befördern, sofern sie friedlich ausgetragen und einvernehmlich gelöst werden, sozialen Wandel und kulturelle Innovation (Dahrendorf, 1957). Jedes Nachdenken über Entwicklungsfortschritte und Transformationschancen heutiger Gesellschaften muss an empirisch vorfindbaren Werten und Einstellungen in der Weltgesellschaft ansetzen. Dabei tauchen viele Fragen auf, etwa: Was sind und wie stark unterscheiden sich Werthaltungen in reichen und armen Regionen der Welt? Wie entwickelt sich, wiederum regionalspezifisch, das Verhältnis zwischen Zielsetzungen (zunehmenden) materiellen Wohlstands und postmateriellen Idealen der Selbstentfaltung und der Rücksichtnahme auf die natürliche Umwelt? Welcher Stellenwert wird dem Wachstum nationaler Volkswirtschaften und der Weltwirtschaft im Verhältnis zum Umwelt- und Klimaschutz beigemessen?

Seit Beginn der Neuzeit haben sich auf individuelle Nutzenmaximierung ausgelegte Haltungen und Kalküle durchgesetzt. Mit dem Aufkommen der industriellen Massenproduktion wurde „gutes Leben" zunehmend mit materiellem Wohlstand gleichgesetzt. Im Zuge der „Großen Transformation" (Polanyi, 1944) hat sich eine weitgehende Entbettung der Ökonomie aus ihren sozialen und lebensweltlichen Bezügen vollzogen. Diese funktionale Ausdifferenzierung des Wirtschaftssystems hat ihm eine Autonomie verliehen, die bis dahin ungeahnte Produktivitätszuwächse ermöglicht hat; sie hat aber auch dazu geführt, dass die Gesellschaftsordnung insgesamt einer Ökonomisierung unterlag (Schimank, 2009). Davon kann man (erst) sprechen, wenn die Funktionsprinzipien der Wirtschaft über ihre

Kasten 2.1-1

Werte, Werthaltungen und Einstellungen

Weder in der Psychologie noch in der Soziologie oder den Politikwissenschaften werden die Begriffe „Werte", „Werthaltungen" und „Einstellungen" einheitlich verwendet (Häcker und Stapf, 1994). Überwiegend wird davon ausgegangen, dass den Einstellungen Werte zugrunde liegen und die Einstellungen das Verhalten der Menschen beeinflussen, auch wenn die Forschung (Eckes und Six, 1994) von keinem besonders starken Zusammenhang zwischen Einstellungen und Verhalten ausgeht. In diesem Gutachten verwendet der WBGU diese Begriffe wie folgt:

1. *Werte und Werthaltungen:* Nach Kluckhohn (1951) handelt es sich bei Werten um geteilte Auffassungen vom Wünschenswerten. Der Begriff der Werte bezieht sich also auf etwas soziokulturell Gewordenes, das unabhängig von einzelnen Individuen existiert (gesellschaftliche oder kulturelle Werte). Im Unterschied dazu wird der Begriff der Werthaltungen vielfach verwendet, um die persönlichen Werte, die subjektiven Konzepte des Wünschens und Wertens, zu bezeichnen. Werthaltungen oder Wertorientierungen beschreiben also die relativ stabilen Präferenzen bzgl. verschiedener Werte bei einzelnen Personen (Häcker und Stapf, 1994).
2. *Einstellungen:* Im Gegensatz zu eher abstrakten Werten und Werthaltungen richten sich Einstellungen auf bestimmte Objekte, Personen(gruppen), Ideen und Ideologien oder spezifische Situationen (Häcker und Stapf, 1994). Einstellungen stellen Bewertungen und Handlungstendenzen gegenüber Einstellungsobjekten von mittlerer zeitlicher Stabilität dar und stehen damit zwischen Werthaltungen und den kurzfristigen Intentionen.
3. *Meinungen:* Sie gelten als verbaler Ausdruck von Einstellungen und Werten (Rokeach, 1968). Für die Messung von Einstellungen werden zur Sicherung der Reliabilität in der Regel mehrere Items, also sorgfältig ausgewählte Fragen und Aussagen, die als Indikatoren für bestimmte Einstellungen stehen, zur Bewertung des gleichen Einstellungsobjektes abgefragt.

Systemgrenzen hinaus in sämtliche andere Teilsysteme (wie Politik, Kultur, Familie usw.) ausstrahlen und somit rationale Kosten-Nutzen-Kalküle zum handlungsprägenden Deutungsmuster der Gesellschaft insgesamt werden. Diese Ausrichtung der individuellen und kollektiven Einstellungen und Präferenzen hat sich auf die Selbstbeschreibung und -beobachtung entwickelter Industriegesellschaften ebenso prägend ausgewirkt wie auf die Implementierung sozial-ökonomischer Modernisierung in den meisten Entwicklungsgesellschaften des Südens. Mit dieser Generalisierung (bzw. Engführung) sind Aspekte des „guten Lebens" und einer nachhaltigen Entwicklung zurückgedrängt worden.

Doch zeichnet sich heute in zahlreichen Ländern in breiten Teilen der Gesellschaft ein Umdenken ab, wie hier nur ein Schlaglicht aus Deutschland belegen soll: Laut einer im Herbst 2010 veröffentlichten Umfrage des Emnid-Instituts im Auftrag der Bertelsmann-Stiftung werden wachstums- und kapitalismusskeptische Ansichten von großen Teilen der deutschen Bevölkerung geteilt: Nur noch ein Drittel der Bürger glaubt daran, dass das Wachstum automatisch auch ihre private Lebensqualität steigern wird. Immaterielle Werte wie soziale Gerechtigkeit oder Umweltschutz werden für so wichtig erachtet, dass sie die Haltung der Deutschen zum Wirtschaftssystem beeinflussen; so halten 88% der Befragten das derzeitige System nicht für geeignet, den Schutz der Umwelt und den sorgsamen Umgang mit den Ressourcen sowie den sozialen Ausgleich in der Gesellschaft genügend zu berücksichtigen. Die Mehrheit wünscht eine „neue Wirtschaftsordnung" und hat wenig Vertrauen in die Widerstandsfähigkeit und Krisenfestigkeit rein marktwirtschaftlicher Systeme. Vor allem jüngere Deutsche vertrauen nicht in die Selbstheilungskräfte des Marktes und reklamieren die stärkere Vereinbarkeit von Wirtschaftswachstum und Umweltschutz. Die Umfrage belegt, dass postmaterielles Denken in Deutschland nicht einer kleinen Schicht Wohlhabender und Gebildeter vorbehalten ist. Als Quellen persönlicher Lebensqualität gelten für den überwiegenden Teil der Befragten Gesundheit, soziale Beziehungen und Umweltbedingungen, die mit Abstand für wichtiger gehalten werden als „Geld und Besitz zu mehren" (Abb. 2.1-1). Der Aussage „Wohlstand ist für mich weniger wichtig als Umweltschutz und der Abbau von Schulden" stimmten 75% der Befragten mit Hochschulreife und 69% der Befragten mit Hauptschulabschluss zu (Bertelsmann-Stiftung, 2010).

Die zunehmend skeptische Sichtweise auf Performanz und Externalitäten des gegenwärtigen Wirtschaftssystems beruht nicht zuletzt auf der Einsicht in die Schadensbilanz eines auf kurzfristigen Nutzen und Gewinn ausgelegten Wirtschaftens (Kap. 1.1), aber auch auf der Verbesserung der materiellen Versorgungslage in früher weniger begüterten Milieus, die Platz schafft für alternative, postmaterielle Wertorientierungen und Lebensstile. Diese sind aus der ökologischen (oder grünen) Nische herausgetreten und prägen – wie im Folgenden gezeigt wird – mittlerweile zunehmend das Verständnis auch in wirtschaftlich weniger entwickelten Regionen.

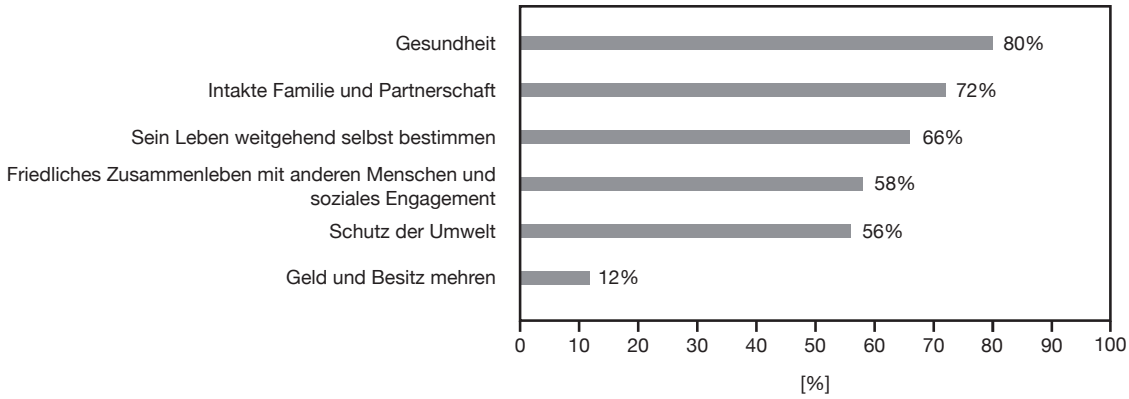


Abbildung 2.1-1
Was den Bürgern für ihre Lebensqualität wichtig ist; Angaben zur Lebensqualität (in %, Mehrfachnennungen möglich) aus der repräsentativen Telefonumfrage (N = 1.001) des Emnid-Instituts im Auftrag der Bertelsmann-Stiftung in Deutschland.
Quelle: Bertelsmann-Stiftung, 2010

2.2 Wertewandel und Umweltbewusstsein

2.2.1 Die Theorie des Wertewandels: Eine Erklärung der Zunahme postmaterieller Werthaltungen seit dem zweiten Weltkrieg

Erklären lässt sich diese „stille Revolution" (Inglehart, 1977) – das allmähliche Vordringen von Werthaltungen, die sich u.a. an Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten orientieren – mit einer Theorie des Wertewandels (Inglehart, 1977, 1998), gemäß der vor allem nach dem zweiten Weltkrieg ein intergenerationelles Vordringen postmaterieller Einstellungen feststellbar ist. In der von Inglehart zugrunde gelegten Dichotomie wird den materiellen Bedürfnissen neben der Deckung physiologischer Bedürfnisse, auch das Streben nach wirtschaftlicher Stabilität und Wachstum, Preisstabilität wie nach „Ruhe und Ordnung" in Staat und Gesellschaft zugeordnet – insgesamt also das Streben nach physischer Sicherheit (Inglehart, 1998). Zu den postmateriellen Bedürfnissen zählen demgegenüber Bereiche der Selbstverwirklichung, die im Ausleben geistiger, schöpferischer und ästhetischer Bedürfnisse liegen, ferner das Bedürfnis nach Mitwirkung in Staat und Gesellschaft sowie die Wertschätzung von Meinungsfreiheit und Toleranz. Beide Wertesphären sind, wie die internationale Debatte über den Wertewandel ergeben hat, keine Gegensätze (Klages, 2001). Vielmehr sind sie auf einem Kontinuum und in Richtung einer Wertesynthese angeordnet. Der Wandel der Werte ist nämlich keine unabhängige Entwicklung. Er korreliert mit einem steigenden Einkommens- und Bildungsniveau der Postmaterialisten, denen es aufgrund ihrer materiellen Ausstattung und ihres Zeitbudgets möglich ist, freie Zeit mit Partnern, Familie und Freunden zu verbringen, sich der Muße und dem Genuss von Kunst und Kultur hinzugeben und sich in diesen Zusammenhängen als Personen anerkannt und wertgeschätzt zu fühlen. Konnte der postmaterielle Wertewandel in den Industriegesellschaften nach dem zweiten Weltkrieg zunächst nur hypothetisch formuliert werden, gelang es Inglehart et al. mit Hilfe der Daten des World Values Survey (WVS), die Theorie des Wertewandels empirisch zu fundieren (Inglehart, 2008; Kasten 2.2-1).

Inglehart et al. konstatieren für die vergangenen 25 Jahre eine globale, besonders in wohlhabenden und „sicheren" Gesellschaften wirksame, Verschiebungen vom Zwang (constraint) – also dem Vorhandensein und der Betonung von normativen Axiomen oder Sachzwängen – hin zur effektiven Ausweitung von Wahlmöglichkeiten, welche die individuelle Handlungsautonomie befördern und mit entsprechenden (postmateriellen) Werthaltungen in Zusammenhang stehen (Inglehart, 2008; Inglehart et al., 2008). Interessant im Hinblick auf einen globalen Transformationsprozess ist, dass sich dieser Trend auf Basis der WVS-Daten nicht nur im „reichen Westen" (Europas und Nordamerikas) beobachten lässt, sondern – wenn auch auf unterschiedlichem Niveau – in fünf unterschiedlichen Kulturräumen (konfuzianischer Kulturraum, protestantisches und katholisches Europa, angelsächsische sowie hispanische Welt; Inglehart et al., 2003; Welzel, 2006). Damit ist nicht gesagt, dass bestimmte materielle Werte vollständig aus dem Wertebewusstsein der Menschen verschwinden bzw. bereits verschwunden sind und ebenso wenig, dass sie das konkrete Verhalten von Individuen und Gruppen nicht weiter bestimmen können; dargestellt wird vielmehr die Verschiebung auf einem Kontinuum.

Kasten 2.2-1

Ronald Inglehart und das World Values Survey

Der US-amerikanische Politikwissenschaftler Ronald Inglehart gilt in Bezug auf Publikations- und Zitationszahlen als einflussreichster Forscher auf dem Gebiet des Wertewandels (Rössel, 2006). Neben seinen theoretischen Arbeiten hat Inglehart auch die Erforschung des Wertewandels durch den World Values Survey (WVS), dessen Exekutivkommitee er vorsitzt, maßgeblich geprägt. Beim WVS handelt es sich um einen der umfangreichsten und empirisch validesten Datensätze, der Rückschlüsse auf die weltweit vorzufindenden Einstellungen und Werthaltungen der Menschen ermöglicht. Das WVS ist eine fortlaufende empirische Untersuchung, die von einem internationalen Netzwerk von Forschungseinrichtungen und Forschenden durchgeführt wird und in der seit 1981 in mittlerweile fünf Erhebungswellen weltweit mehr als 330.000 Personen befragt worden sind; gegenwärtig läuft die 6. Erhebungswelle. Aufbauend auf dem European Values Survey (EVS) startete die Untersuchung 1981 in 20 überwiegend westeuropäischen Staaten. In den vergangenen fast 30 Jahren sind insgesamt in 97 Ländern aus allen Kulturkreisen und Weltregionen Daten erhoben worden, in denen insgesamt mehr als 88 % der Weltbevölkerung leben (Abb. 2.2-1). Entsprechend umfangreich ist das Spektrum der untersuchten Länder: In langjährigen Demokratien sind ebenso Personen befragt worden wie in eher autoritär geprägten Gesellschaften des ehemaligen Ostblocks, in einigen der reichsten Nationen der Erde ebenso wie in Ländern, in denen das durchschnittliche Jahreseinkommen bei weniger als 300 US-$ pro Person liegt (Inglehart, 2003). Damit ist der WVS einer der wenigen Datensätze, der die Mehrheit der Weltbevölkerung langfristig abdeckt und es erlaubt, Aussagen über Trends von Einstellungen und Werthaltungen innerhalb der Weltgesellschaft zu treffen.

Im Rahmen des WVS wird pro Land jeweils eine möglichst repräsentative Stichprobe von 1.000–3.500 Personen im Alter von 18–85 Jahren in standardisierten Interviews persönlich befragt (Face-to-face-Interviews). Für die Erhebung der Daten werden führende Sozialwissenschaftler des jeweiligen Landes als Kooperationspartner rekrutiert. So soll gewährleistet werden, dass nationale und kulturelle Besonderheiten der jeweiligen Untersuchungsländer berücksichtigt und die Fragebögen entsprechend modifiziert werden. Die Fragebögen werden dabei in jede Landessprache übersetzt, die von mindestens 15 % der Bevölkerung gesprochen werden. Das WVS ist eine der wenigen Untersuchungen, die sowohl multinational als auch im Zeitverlauf Daten erhebt. Mit dem WVS wurde für das Feld des Wertewandels eine empirische Datengrundlage geschaffen, die als einzigartig gilt (Rössel, 2006).

Im WVS werden neben soziodemographischen Daten auch Einstellungen und Positionen zu einem breiten Spektrum von Themen erfasst. Dazu zählen u. a. die Bereiche Arbeit, Familie, Politik und Gesellschaft oder Religion und Moral. Die WBGU-Analyse beschränkt sich überwiegend auf die Darstellung von Ergebnissen aus dem Fragekomplex „Umwelt“.

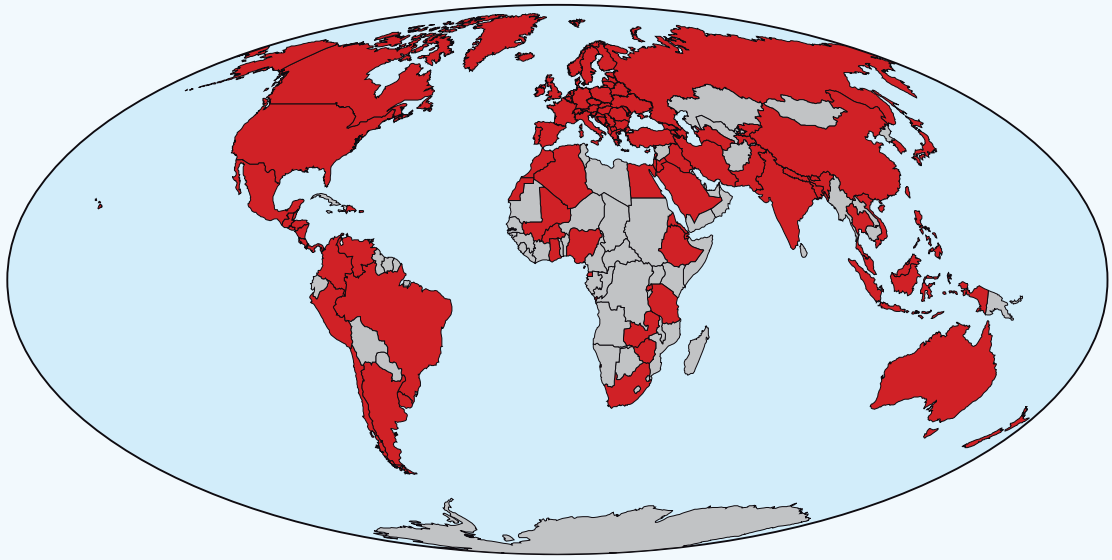


Abbildung 2.2-1
Im World Values Survey erfasste Länder und Personen.
Rot: 97 Länder, in denen bis zum Jahr 2007 Personen im Rahmen des WVS befragt worden sind.
Quelle: WVS, 2010

Welle	Jahre	Länder	Bevölkerung	Befragte
1	1981–1984	20	4,7 Mrd.	25.000
2	1989–1993	42	5,3 Mrd.	61.000
3	1994–1998	52	5,7 Mrd.	75.000
4	1999–2004	67	6,1 Mrd.	96.000
5	2005–2008	57	6,7 Mrd.	> 77.000

2.2.2
Einstellungen zur Umwelt und Nachhaltigkeit in verschiedenen Ländern und Weltregionen

Inglehart sieht das Aufkommen und Erstarken neuer sozialer Bewegungen – wie der Umwelt-, Friedens- oder Homosexuellenbewegung – als Ausdruck eines breiteren kulturellen Wertewandels (Inglehart, 2008). Ebenso wie die Wertschätzung von Toleranz ist die Sorge um die natürliche Umwelt Bestandteil eines postmateriellen Einstellungsmusters, das mit der Ausbreitung von Selbstentfaltungswerten korrespondiert. Die Geschichte der Umweltbewegung in den westlichen Industriestaaten hat gezeigt, dass neben einem Wertewandel in Richtung postmaterieller Haltungen vor allem die direkte und wahrnehmbare Betroffenheit durch Umweltverschmutzung und -schäden die Entstehung eines Umweltbewusstseins fördert (Hünenmörder, 2004).

Unabhängig davon, worauf die jeweiligen Entwicklungen genau zurückzuführen sind, dokumentieren die Ergebnisse des WVS eindrücklich den Stellenwert, der Nachhaltigkeitsaspekten heute in der öffentlichen Meinung in zahlreichen Ländern der Welt zukommt. Umweltprobleme, darunter prominent der Klimawandel, zählen in der Bevölkerung mittlerweile zu den wichtigen politischen Themen – und dies nicht nur in den Ländern des vergleichsweise reichen Nordens, sondern auch in zahlreichen Entwicklungs- und Schwellenländern. Die Ergebnisse der 5. Erhebungswelle des WVS (2005–2008) zeigen, dass trotz anhaltender öffentlichkeitswirksamer Verharmlosungen durch sogenannte Klimaskeptiker insgesamt 89,3 % der befragten Personen in 49 Ländern (N = 62.684) die globale Erderwärmung als ernstes oder sehr ernstes Problem erachten. Dieses sowie die nachfolgend präsentierten Ergebnisse basieren auf dem Datensatz des WVS (2009). Selbst in Ländern mit einer vergleichsweise großen klimaskeptischen Öffentlichkeit – wie den USA, Südafrika oder China – sieht die große Mehrheit der Befragten den Klimawandel als ein ernstes oder sehr ernstes Problem an (Abb. 2.2-2).

Nicht nur den Klimawandel, sondern auch den Verlust der Tier- und Pflanzenvielfalt sieht eine ähnliche große Anzahl von Befragten (90,9 %; N = 64.573) als ernst oder sehr ernst an. Obgleich materielle Werthaltungen, also die Bevorzugung physischer und sozioökonomischer Sicherheit, in zahlreichen Ländern weiterhin wichtig sind – und sie entsprechend der Theorie des Wertewandels in den materiell weniger wohlhabenden und krisengeschüttelten Gesellschaften zumeist dominieren (Inglehart, 2008) – finden verschiedene Frageitems, die den Stellenwert von Umweltschutz zu erheben suchen, in fast allen in der Studie berücksichtig-

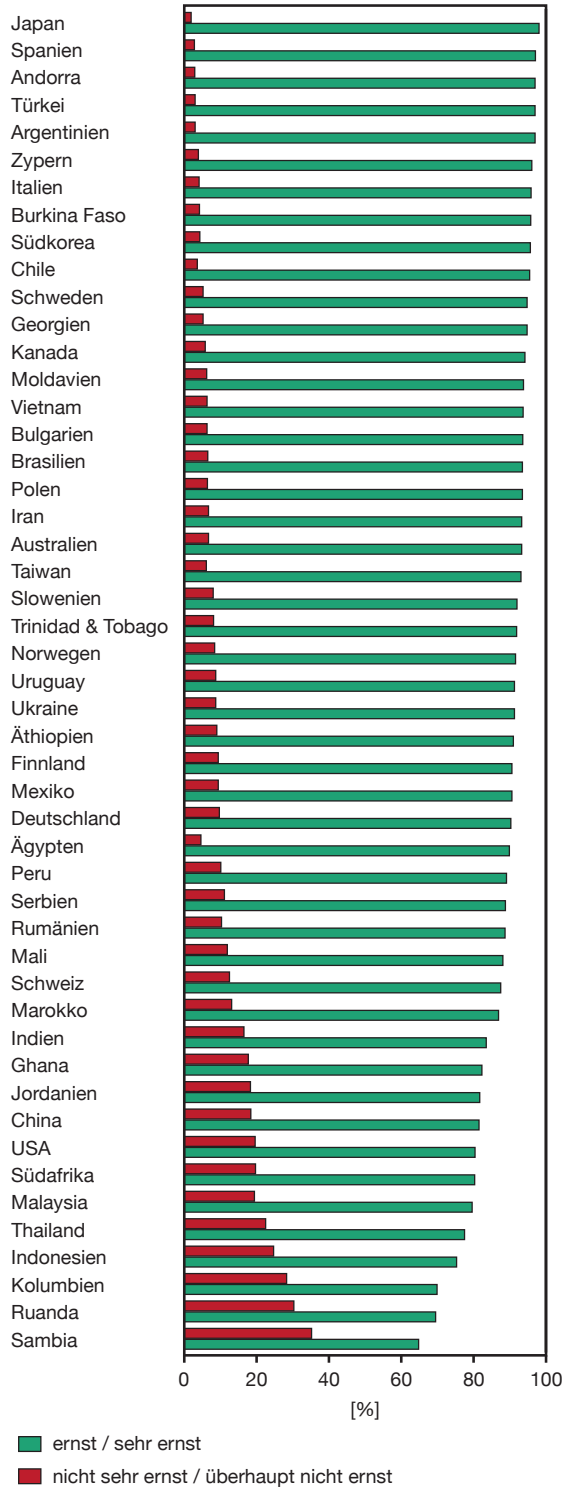


Abbildung 2.2-2
Wie ernst ist der Klimawandel als globales Umweltproblem? Ergebnisse der 5. Erhebungswelle (2005–2008) des World Values Survey aus 49 Ländern (N = 62.684). Befragte hatten die Möglichkeit, mit „sehr ernst“, „ernst“, „nicht sehr ernst“, „überhaupt nicht ernst“ und „weiß nicht“ zu antworten. Zur Methode siehe Kasten 2.2-1.
Quelle: WVS, 2009 (eigene Berechnungen)

ten Ländern hohe Zustimmungswerte. So spricht sich die Mehrheit der Befragten (54,6 %; N = 73.461) dafür aus, dass „dem Umweltschutz mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte, auch wenn dadurch das Wirtschaftswachstum sinkt und Arbeitsplätze verloren gehen".

Die Aufschlüsselung der Daten nach Ländern zeigt, dass zwar insbesondere in den reichen OECD-Staaten (wie Norwegen, Kanada, Australien oder der Schweiz) Umweltschutz im Vergleich zu Wirtschaftsinteressen der Vorrang gegeben wird, dass aber auch bei den Bevölkerungen einer ganzen Reihe von Entwicklungs- und Schwellenländern in Südamerika (wie Kolumbien, Argentinien oder Chile) und Asien (wie China oder Vietnam) diese Präferenz erkennbar wird (Abb. 2.2-3).

Obgleich das gesellschaftliche Umweltbewusstsein zum Teil starken Schwankungen unterliegt und nicht losgelöst von den jeweiligen sozialen und ökonomischen Kontexten betrachtet werden kann (Hünenmörder, 2004), zeigen die Zustimmungswerte im Zeitverlauf der 3. Erhebungswelle (1995–1998), 4. Erhebungswelle (1999–2002) und 5. Erhebungswelle (2005–2008) des WVS, dass die Bevorzugung von Umweltschutz gegenüber Wirtschaftswachstum und der Schaffung von Arbeitsplätzen in den untersuchten Ländern insgesamt relativ stabil ist. Die Ergebnisse der fünften WVS-Erhebungswelle (2005–2008) zeigen weiter, dass eine Mehrheit der Befragten (57,3 %; N = 68.123) bereit wäre, mehr Steuern zu zahlen, wenn die zusätzlichen Staatseinnahmen für Umweltschutz verwendet würden und dass eine Mehrheit der Befragten bereit ist, für den Schutz der natürlichen Umwelt grundsätzlich auch finanzielle Einbußen in Kauf zu nehmen: So wären 65,8 % der Befragten (N = 68.123) „bereit, auf einen Teil des eigenen Einkommens zu verzichten, wenn das Geld zur Bekämpfung der Umweltverschmutzung verwendet würde."

Andere Untersuchungen liefern ähnliche Ergebnisse wie das WVS. Ein Beispiel hierfür stellt die sogenannte Greendex-Studie dar, die durch das Meinungsforschungsinstitut GlobeScan in Auftrag von National Geographic durchgeführt wird (National Geographic Society, 2009a). Die Greendex-Studie ist methodisch weniger anspruchsvoll als das WVS. Sie erhebt keinen Anspruch auf Repräsentativität, umfasst bislang lediglich 17 Länder, unter denen sich kein afrikanischer Staat befindet, und die Untersuchungsteilnehmer werden telefonisch befragt. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass in den untersuchten Schwellenländern im Durchschnitt nicht nur ein nachhaltigerer Lebensstil vorherrscht, was auch durch das vergleichsweise geringere materielle Wohlstandsniveau und den geringeren Ressourcenverbrauch erklärbar ist, sondern in Ländern wie Südkorea, Mexiko und Brasilien, aber auch in

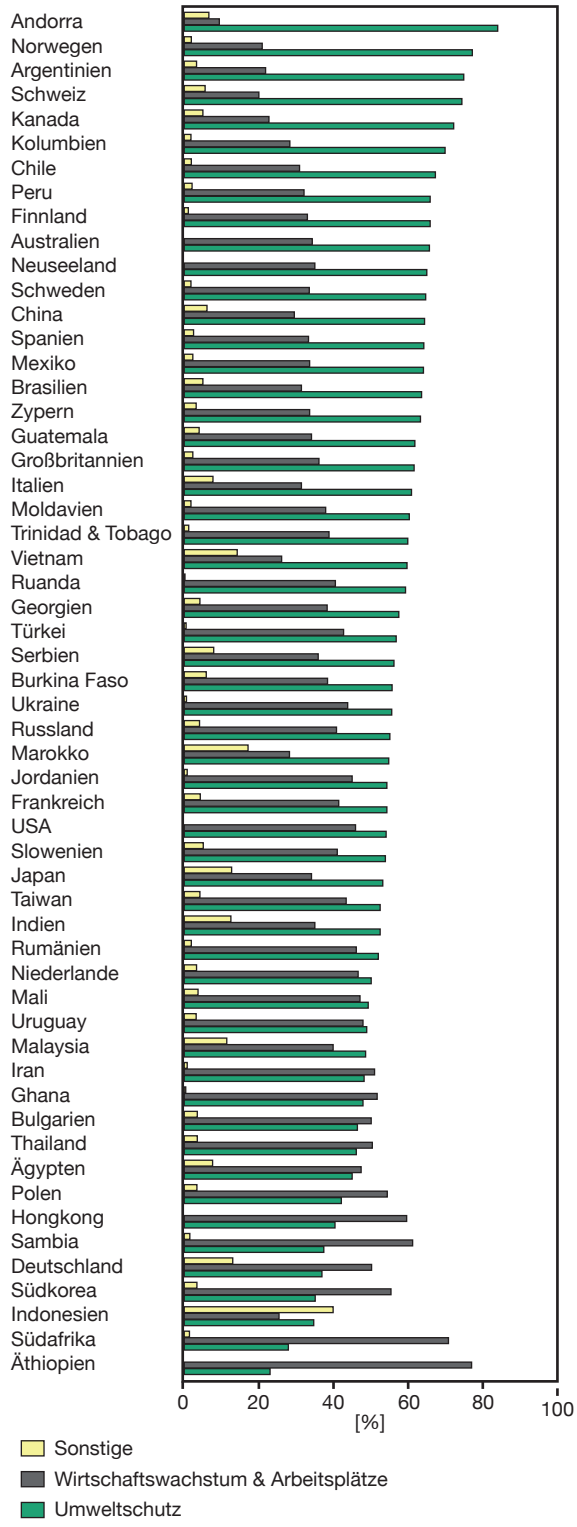


Abbildung 2.2-3
Was ist wichtiger: Umweltschutz oder Wirtschaftswachstum und die Schaffung von Arbeitsplätzen? Ergebnisse der 5. Erhebungswelle (2005–2008) des World Values Survey aus 56 Ländern (N = 73.461). Zur Methode siehe Kasten 2.2-1. Quelle: WVS, 2009 (eigene Berechnungen)

Indien oder China die Sensibilität gegenüber Umweltfragen stärker ausgeprägt ist als in einigen frühindustrialisierten OECD-Staaten (National Geographic Society, 2009b). In Bezug auf den Klimawandel kommt die Studie des Danish Board of Technology (2009) „World Wide Views on Global Warming" mit 4.000 Befragten aus insgesamt 38 Ländern zu analogen Ergebnissen wie das WVS: In allen Ländern und Weltregionen sieht eine große Mehrheit der Befragten in der globalen Erwärmung ein dringendes Problem und befürwortet ambitionierte Maßnahmen zum Klimaschutz (Danish Board of Technology, 2009).

In den vergangenen Jahren ist aber auch eine Reihe von Studien erschienen, die Vorbehalte gegenüber klima- und umweltpolitischen Maßnahmen in der Bevölkerung messen. Die Befunde von Meinungsumfragungen unterliegen grundsätzlich „konjunkturellen Trends" in der Medienberichterstattung. Aus der empirischen Sozialforschung ist zusätzlich bekannt, dass das Antwortverhalten der Befragten stark vom genauen Wortlaut der Fragen abhängt, was die Aussagekraft eines Vergleichs von Studien, die mit unterschiedlichen Items operieren, stark einschränkt. In der jüngeren Vergangenheit wird in öffentlichen Debatten auf Meinungsumfragen in den USA und Europa verwiesen, die angeblich belegen, dass die Skepsis gegenüber den Ergebnissen der Klimawissenschaften bezüglich der menschlichen Ursachen der globalen Erwärmung zunehme und die Unterstützung für Klimaschutzmaßnahmen in der Bevölkerung zurück gehe (Eurobarometer, 2009; Pew Research Center, 2009; BBC, 2010; Gallup, 2010). Methodisch ist insbesondere bezüglich der BBC- und Gallup-Studien anzumerken, dass die in den Untersuchungen verwendeten Fragen uneindeutig formuliert sind und eher die Befragtenwahrnehmung der öffentlichen Debatten zu den Ursachen des Klimawandels erhoben wird als die Meinung der Untersuchungsteilnehmer selbst (Krosnick, 2010). In der Berichterstattung und öffentlichen Diskussion der Untersuchungen findet zudem kaum oder gar keine Beachtung, dass trotz eines Rückgangs der Zustimmungswerte zu einzelnen Frage-Items auch in diesen Erhebungen eine große Mehrheit der Befragten den Klimawandel weiterhin als ernstes bzw. sehr ernstes Problem ansieht und/oder auch politische Maßnahmen zum Klimaschutz befürwortet (Eurobarometer, 2009; Pew Research Center, 2009; BBC, 2010). Aktuelle repräsentative Untersuchungen, in welchen die Frage-Items eindeutig formuliert sind, kommen zu dem Ergebnis, dass selbst in den USA Mehrheiten von mehr als 70 % der Befragten die globale Erwärmung als menschenverursacht ansehen und politische Maßnahmen zum Klimaschutz befürworten (Stanford University, 2010). Dies sind Zustimmungswerte und Trends, die sich in diesem Ausmaß kaum für ein anderes Politikfeld (wie Migration oder Wirtschafts- und Soziapolitik) finden lassen (Krosnick, 2010). Selbst wenn eine nachhaltigkeitsorientierte Politik in zahlreichen Ländern Zustimmung findet, bleiben jedoch Bedenken und konfligierende Ziele in der Bevölkerung bestehen, denen die Umwelt- und Klimaschutzpolitik gerecht werden muss (Kap. 2.4).

2.2.3 Offenheit für Innovation und Einstellungen gegenüber neuen Technologien, Wissenschaft und erneuerbaren Energien

Für das Gelingen jedweder Transformation in klimaverträgliche und nachhaltige Gesellschaften sind die Entwicklung neuer Technologien sowie die zeitnahe und breitflächige Diffusion technischer und sozialer Innovationen von zentraler Bedeutung. Es ist zu erwarten, dass eine hohe Zustimmung zu postmateriellen Werten gerade dann unter Druck gerät, wenn Klima- und Umweltschutz nicht nur abstrakt postuliert, sondern in konkrete politische Vorhaben, etwa in Infrastrukturprojekte umgesetzt werden. Die großflächige Einführung erneuerbarer Energien und die Verbesserung der Energieeffizienz (Kap. 4.6) greift in die Alltagspraxis zahlreicher Menschen in zentralen Lebensbereichen ein, wie zum Beispiel Wohnen oder Mobilität (Kap. 4.3.2, 4.3.3). Eine gewisse Offenheit gegenüber technischen Erfindungen und Anwendungen ist daher Voraussetzung für den Erfolg einer Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. Im WVS findet sich dazu eine Reihe von Items, die das Verhältnis der Menschen zu Technologie und Wissenschaft erheben. Die Ergebnisse der Untersuchung legen nahe, dass in vielen Ländern technologische Entwicklung und wissenschaftlicher Fortschritt überwiegend positiv gesehen werden. So gaben im Rahmen der 5. Erhebungswelle (2005–2008) 69 % der befragten Personen (N = 77.460) an, dass sie es als positiv erachten, wenn in der nahen Zukunft der Entwicklung neuer Technologien ein größerer Stellenwert zukommt. Insgesamt 77,5 % der Befragten (N = 62.718) erhoffen sich durch Wissenschaft und Technologie mehr Möglichkeiten für die nächste Generation.

Andere Studien zeigen zudem, dass große Teile der Bevölkerung in verschiedenen Ländern und Weltregionen insbesondere den Ausbau und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien befürworten (vergleichbare Items zählen bislang nicht zum Fragekatalog des WVS). Die soziale Akzeptanz von erneuerbaren Energien (insbesondere von Solar- und Windenergie) liegt weit über dem Zustimmungsniveau für fossile und nukleare Energieträger. Dies wird exemplarisch für die EU

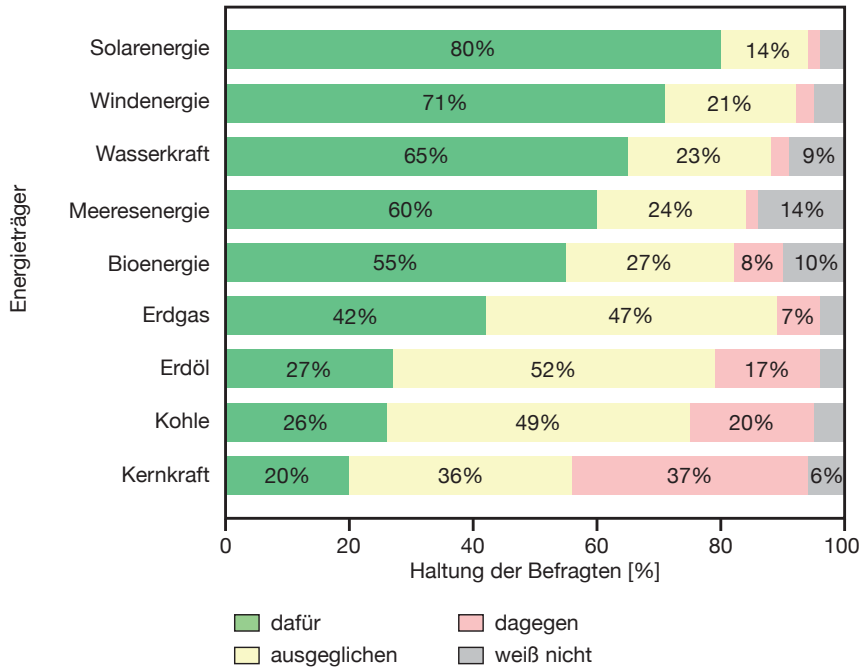


Abbildung 2.2-4
Akzeptanz verschiedener Energieträger in der Europäischen Union (EU 25; Angaben in %). Befragte hatten die Möglichkeit, auf einer Skala von 1–7 (1 = stark dagegen und 7 = stark dafür) ihre Haltung zum Ausdruck zu bringen. Dabei sind die Kodes 1–2 als „dagegen", 3–5 als „ausgeglichen" und 6–7 als „dafür" gewertet worden. Quelle: Eurobarometer, 2007 (eigene Übersetzung)

mit Daten aus dem Eurobarometer in Abbildung 2.2-4 deutlich.

Die Untersuchungen für den EU-Raum sagen auch, dass „nur" oder „immerhin" – je nach Standpunkt des Betrachters – 40 % der Europäer bereit wären, für Energie aus erneuerbaren Quellen mehr zu bezahlen, während 54 % dies ablehnen (Eurobarometer, 2006). Großen Zuspruch in der Bevölkerung erfahren erneuerbare Energien prinzipiell auch in den USA (Environics, 2007; Leiserowitz et al., 2010). Für Entwicklungs- und Schwellenländern wie Indien ist ebenfalls eine große soziale Akzeptanz erneuerbarer Energiequellen dokumentiert (Iniyan et al., 2001).

Trotz der Zustimmung, derer sich erneuerbare Energien in allgemeinen Umfragen erfreuen, haben Erfahrungen in der Praxis gezeigt, dass sich lokal – beispielsweise bei der Installation von Windenergieanlagen – auch Protest formieren kann (Woods, 2003; Wüstenhagen et al., 2007). Solche Widerstände haben ihre Ursache z.T. in Stör- und Stresseffekten bei den Anwohnern aufgrund von Geräuschen oder Lichtmarkierungen von Windenergieanlagen (BMU, 2010a). Andere Untersuchungen berichten auch über Ablehnungstendenzen in der Bevölkerung aus ästhetischen Gründen (Faiers und Neame, 2006; Sidiras und Koukios, 2004) oder verweisen auf das sogenannte NIMBY-Phänomen (Ecologic, 2007). NIMBY ist das englischsprachige Akronym für „Not In My Backyard" und wird zur Bezeichnung des in verschiedenen Bereichen zu beobachtenden sozialen Phänomens verwendet, etwas im eigenen Wohn- und Lebensbereich abzulehnen, was generell befürwortet wird.

Manche Studien (Jobert et al., 2007; Schweizer-Ries, 2010) zeigen aber auch, dass bei Berücksichtigung verschiedener institutioneller und territorialer Faktoren sowie durch die Einbindung der Anwohner in Planungsprozesse vor Ort eine hohe soziale Akzeptanz von Windenergieprojekten oder für den Bau von Stromtrassen bei den Betroffenen erreicht werden kann. Dänemark, wo die Akzeptanz von Windenergie (wie generell erneuerbarer Energien) besonders hoch ist, zeichnet sich beispielsweise dadurch aus, dass Bürger oder Bürgerkooperativen einen großen Anteil der installierten Windenergieanlagen besitzen und somit direkt von der Produktion von Windstrom profitieren (Tranaes, 2006). Auch Fallstudien aus England zeigen, dass finanzielle Beteiligung bzw. genossenschaftlicher Besitz die Akzeptanz von Erneuerbare-Energien-Projekten stark erhöhen (Ison, 2010).

Als erstes Fazit bleibt festzuhalten, dass eine Vielzahl von Indizien nahelegen, dass in großen Teilen der Bevölkerung in den verschiedenen Weltregionen Werthaltungen vorliegen, die dem Schutz der natürlichen Umwelt sowie Nachhaltigkeitsaspekten einen zentralen Stellenwert einräumen. Ungeachtet seiner absoluten Stärke und konjunkturunabhängigen Persistenz ging dieser Wertewandel in vielen OECD- und Schwellenländern mit der Gründung grüner Bewegungen und Parteien einher. Auf staatlicher und überstaatlicher Ebene sind in vielen Ländern Umweltressorts eingeführt worden und Nachhaltigkeitsfragen wurden als Querschnittsaufgaben von Politik und Verwaltungen verankert. Politische und zivilgesellschaftliche Akteure haben eine breitere Legitimationsbasis für ökologische

Politiken bekommen. Eine rein auf wirtschaftliche Leistungsfähigkeit ausgerichtete Politik scheint hingegen deutlich an Attraktivität und Plausibilität verloren zu haben.

2.3 Die Indikatorendebatte als Ausdruck des Wertewandels

Die aktuell wieder entfachte Debatte über Alternativen zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) als Wohlfahrtsindikator kann ebenfalls als Ausdruck des beschriebenen Wertewandels angesehen werden. Eine Diskussion, die zunächst innerhalb der „ökologischen Nischen" der Gesellschaft geführt wurde, ist zu einem Anliegen von Regierungen und der EU-Kommission geworden: Seit dem Jahr 2007 sind verschiedene Initiativen zur Messung von nationaler Wohlfahrt und von sozialem Fortschritt von den Vereinten Nationen, der OECD (Istanbul World Forum „Measuring and Fostering the Progress of Societies"), der Europäischen Union (Beyond GDP) sowie von Eurostat und zuletzt vom französischen Staatspräsidenten Sarkozy (Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress) initiiert worden. Im November 2010 wurde aufgrund eines gemeinsamen Antrags von CDU/CSU, SPD, FDP und Grünen auch im Deutschen Bundestag eine Enquête-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft" eingerichtet, deren Initiatoren zum Ausdruck brachten, dass man die Bewertung humaner Entwicklung und subjektiver Lebenszufriedenheit von Wachstumsindikatoren entkoppeln müsse.

Den parlamentarischen und Regierungsinitiativen ist gemeinsam, dass sie den Indikator BIP bzw. BIP pro Kopf als unangemessen erachten, um nationale Wohlfahrt, sozialen Fortschritt und Aspekte der nachhaltigen Entwicklung adäquat abzubilden (Kasten 2.3-1). Dabei ist die Debatte zu Alternativen zum Indikator BIP keineswegs neu. Seit den 1970er Jahren und der Studie des Club of Rome „Die Grenzen des Wachstums" (Meadows et al., 1972) wird sowohl in der Wissenschaft als auch in der Politik darüber diskutiert, wie man Wohlfahrt, menschliche Entwicklung, sozialen Fortschritt und natürliche Umweltveränderungen adäquat messen kann. Hintergrund hierzu bilden u.a. mannigfaltige Debatten über Lebensqualität, Humanisierung der Arbeitswelt und Sozialindikatoren als Grundlagen wohlfahrtsstaatlicher Planung und Entwicklungszusammenarbeit. Denjenigen, die das BIP pro Kopf als Wohlfahrtsindikator verwenden, war und ist zumeist klar, dass dieser Indikator bestenfalls eine sehr grobe Abschätzung der Wohlfahrtssituation in Ländern geben kann. Schließlich ist das BIP bzw. BIP pro Kopf ausschließlich ein Maß für auf Märkten und in monetären Größen abgewickelten wirtschaftlichen Aktivitäten. Bei der Berechnung des BIP werden nur Flussgrößen und keine Bestandsgrößen einbezogen, was keine Aussagen über die Nachhaltigkeit des Wirtschaftens zulässt. Ausgaben etwa für die Beseitigung von Umweltschäden führen zu einem höheren BIP pro Kopf, obgleich sie nur der Wiederherstellung des Status quo dienen. Güter und Dienstleistungen, die keine Marktpreise besitzen oder real getauscht werden, wie z.B. Ökosystemleistungen, Hausarbeit, ehrenamtliche Tätigkeiten oder Subsistenzwirtschaft, werden im BIP nicht erfasst. Auch die Qualität des Bildungs- oder Gesundheitssystems wird im BIP pro Kopf nicht abgebildet, nur die entsprechenden Input-Kosten finden Eingang ins BIP. Außerdem erlaubt das BIP pro Kopf keine Aussage zur Einkommensverteilung innerhalb einer Volkswirtschaft (Stiglitz et al., 2009b), obwohl die Gleichheit oder Ungleichheit der Einkommensverteilung als wohlfahrtsrelevant anzusehen ist (Wilkinson und Willet, 2009).

Das BIP pro Kopf ist also weder vorgesehen noch geeignet für die Messung von Wohlfahrt oder Nachhaltigkeit (Nordhaus und Tobin, 1973; Stiglitz et al., 2009b). Dies gilt erst recht für die Messung des subjektiven Wohlergehens von Menschen: Die Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft führt keineswegs automatisch zu einer Steigerung des subjektiven Wohlergehens (subjective well-being). Ein steigendes BIP pro Kopf führt nicht zwingend zu individuellen Einkommenssteigerungen und steigende individuelle Einkommen erhöhen – zumindest ab der Gewährleistung eines bestimmten materiellen Versorgungsniveaus – das subjektive Wohlbefinden nicht zusätzlich (Easterlin, 1974; Layard, 2005; Leiserowitz et al., 2006; Inglehart et al., 2008; Frey und Stutzer, 2009; Stiglitz et al., 2009a). Auch langfristig besteht offenbar kein eindeutig positiver Zusammenhang zwischen Einkommenssteigerungen und subjektivem Glücksempfinden (Stiglitz et al., 2009a). Einzelne Untersuchungen zeigen allerdings, dass ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen Realeinkommen und subjektivem Wohlbefinden existieren kann, und zwar sowohl für ärmere als auch für reichere Länder (Stevenson und Wolfers, 2008; Deaton, 2008; Eckersley, 2009). Tendenziell ist ein höheres BIP gerade auch für diejenigen Bereiche förderlich, welche üblicherweise einen positiven Einfluss auf das individuelle Wohlbefinden ausüben, wie z.B. Bildung, Gesundheit und Sicherheit. Weiter kann bei einem zunehmenden BIP die Arbeitslosigkeit tendenziell leichter reduziert werden. Nicht arbeitslos zu sein scheint einen stark positiven Einfluss auf das subjektive Wohlbefinden zu

haben (Clark und Oswald, 1994; Oswald, 1997).

Die aktuelle Indikatorendebatte zeigt einerseits, dass über das BIP pro Kopf hinausgehende Maße für Wohlfahrt und Nachhaltigkeit notwendig sind. Sie werden von großen Teilen der Politik und der Zivilgesellschaft gewünscht. Eine wachsende Zahl von Politikern und Bürgern hinterfragt eine monokausale Ausrichtung politischer Entscheidungen am wirtschaftlichen Wachstum (gemessen durch das BIP). Angesichts drängender ökologischer, ökonomischer und sozialer Probleme ist eine Umorientierung zu „qualitativem" Wachstum (orientiert an einem umfassenderen Wohlfahrts- bzw. Nachhaltigkeitskonzept) auch als Zielgröße der Politik überfällig (Kasten 2.3-1).

Kasten 2.3-1

Alternative Konzepte zur Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsmessung

Eine Vielzahl alternativer Indikatoren für die Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsmessung sind seit den 1970er Jahren entwickelt und erprobt worden (Tab. 2.3-1). Einige Konzepte wie z. B. der Genuine Progress Indicator (GPI) gehen dabei weiterhin vom BIP als Grundlage aus und modifizieren es, indem ökologische und soziale Einflussfaktoren auf die Wohlfahrt (z. B. Umweltdegradation, Freiwilligenarbeit) monetarisiert und hinzugerechnet bzw. abgezogen werden.

Andere Ansätze nehmen das BIP nicht mehr als Ausgangspunkt, sondern fassen verschiedene monetäre und nicht-monetäre Faktoren in einem Index zusammen (zusammengesetzte Indizes). Beispiele hierfür sind etwa der Human Development Index (HDI) des Entwicklungsprogramms der Vereinten Nationen und der Index of Economic Wellbeing (IEWB). Der HDI etwa setzt sich aus Teilindikatoren für die Bereiche Gesundheit, Bildung und materieller Lebensstandard zusammen. Darüber hinaus gibt es verschiedene Ansätze, welche explizit nicht nur die gegenwärtige Wohlfahrt messen, sondern die Nachhaltigkeit des Wirtschaftens bewerten. Von diesen fokussieren einige allein auf ökologische Nachhaltigkeit, andere beziehen weitere Nachhaltigkeitsdimensionen mit ein.

Ein weiterer Ansatz ist der vom Himalaya-Staat Bhutan konzipierte Index „Gross National Happiness" (Bruttosozialglück). Dieses bemisst die Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft nicht allein an den für BIP relevanten Größen. Vielmehr werden verschiedene andere Größen wie „psychisches Wohlbefinden", „Gesundheit", „gutes Regieren" oder „biologische Vielfalt" mit herangezogen (Adler, 2009). Bei der Nachhaltigkeitsmessung gibt es zudem Ansätze wie die umweltökonomische Gesamtrechnung, die als Modifikation des BIP angesehen werden können. Die verschiedenen Nachhaltigkeitsaspekte werden hier separat vom BIP ausgewiesen. Auch der KfW-Nachhaltigkeitsindikator oder die Nachhaltigkeitsindikatoren der deutschen Bundesregierung gehören in diese Kategorie. Auf europäischer Ebene findet man entsprechend die Sustainable Development Indicators von Eurostat.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über einige der vorgeschlagenen Konzepte und ordnet zu, welche Nachhaltigkeitsdimensionen diese beinhalten.

Tabelle 2.3-1
Übersicht über Konzepte zur Wohlfahrts- und Nachhaltigkeitsmessung (* Index enthält subjektive Indikatoren).
Quelle: WBGU

Art des Messkonzepts	Bezeichnung des Index/Indikators	Ökonomische Dimension	Soziale Dimension	Ökologische Dimension
Erweiterungen des BIP: monetarisierte Indikatoren/Indizes	Measure of Economic Welfare	x	x	x
	Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW)	x	x	x
	Genuine Progress Indicator (GPI)	x	x	x
	Full Cost of Goods and Services (FCGS)	x		x
	National Welfare Index (NWI)	x	x	x
Erweiterungen des BIP: Umweltökonomische Gesamtrechnung/ Satellitensysteme	Umweltökonomische Gesamtrechnung/ UN System of Environmental and Economic Accounting (SEEA)	x		x
Nicht monetarisierte Indikatoren/Indizes	Ecological Footprint			x
	Living Planet Index			x
Zusammengesetzte Indikatoren/ Indizes (Integration monetarisierter und nicht monetarisierter Größen)	Human Development Index (HDI)	x	x	
	Index of Economic Wellbeing	x	x	x
	Happy Planet Index*		x	x
	KfW Nachhaltigkeitsindikator	x	x	x
	Sustainable Development Indicators (Eurostat)	x	x	x
	Index of Economic Freedom	x	x	
	Environmental Sustainability Index (ESI)/ Environmental Performance Index (EPI)	x		x
	Gross National Happiness* (Bhutan)	x	x	x
	Canadian Index of Wellbeing* (CIW)			
	Corruption Perception Index (CPI)		x	
	National Accounts of Well-being*		x	

Kasten 2.3-2

Empfehlungen der Stiglitz-Sen-Fitoussi-Kommission zur Weiterentwicklung der statistischen Berichterstattung

In ihrem Bericht identifiziert die Stiglitz-Sen-Fitoussi Kommission (Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress) acht Dimensionen der Lebensqualität: materieller Wohlstand, Gesundheit, Bildung, persönliche Aktivitäten/Erwerbsarbeit, politische Partizipation und Regierungsführung, soziale Beziehungen, Umweltbedingungen und existenzielle (physische und ökonomische) Unsicherheit. Diese sollten in der Messung des sozialen Fortschritts berücksichtigt werden. Zusammengefasst lauten die weiteren wichtigsten Empfehlungen der Kommission gemäß Abschlussbericht vom September 2009 zudem wie folgt (Braakmann, 2009; Michaelis, 2009; Stiglitz et al., 2009b):

- Für längerfristige und internationale Vergleiche sollte anstelle des Bruttoinlandsproduktes das Nettoinlandsprodukt, das Nettonationaleinkommen oder das verfügbare Einkommen herangezogen werden, da das Bruttoinlandsprodukt bzw. -nationaleinkommen noch Abschreibungen (Wertverluste) enthält und nicht den tatsächlichen Konsum und die realen Haushaltseinkommen widerspiegelt.
- Zudem sollte die Messung generell von der aggregierten Ebene auf die Ebene der Haushalte ausgeweitet werden, da sich das aggregierte Nationaleinkommen teilweise stark vom durchschnittlichen realen Haushaltseinkommen unterscheidet.
- Das verfügbare Einkommen und der Konsum sollten nach dem sogenannten Verbrauchskonzept angegeben werden, das individualisierbare staatliche Leistungen (u.a. Bildungs- und Gesundheitsleistungen) einbezieht, welche den individuellen Konsum erhöhen.
- Nicht nur quantitative Veränderungen in der Wirtschaftsleistung, sondern auch qualitative Veränderungen (u.a. verbesserte Dienstleistungen, qualitativ hochwertigere Produkte) sollten bei der Erfassung der wirtschaftlichen Aktivität berücksichtigt werden.
- Die Teilhabe der gesellschaftlichen Gruppen am Wirtschaftswachstum ist sichtbar zu machen, indem Daten zur Einkommens- und Vermögensverteilung nach Haushaltsgruppen veröffentlicht werden und Ungleichheiten zwischen Gesellschaftsgruppen, Geschlechtern und Generationen explizit erfasst werden.
- Unentgeltliche Leistungen wie Heimarbeit, Subsistenzwirtschaft und Freiwilligenarbeit sollten in die Messung der Wohlfahrt einbezogen werden, ebenso der Wert von Freizeit.
- Die Messung von Nachhaltigkeit sollte separat zur Erfassung gegenwärtiger Wohlfahrt stattfinden, da es sich um ein eigenständiges Konzept handelt; dazu soll ein multidimensionales Indikatorenset (dashboard) definiert werden.
- Zur Beurteilung von Nachhaltigkeit sollten Vermögen und Verbindlichkeiten gegenübergestellt werden sowie Natur-, Sozial- und Humankapital bilanziert werden, um Änderungen der Bestände aufzuzeigen.
- Zur Abbildung ökologischer Nachhaltigkeit sollten (nichtmonetarisierte) physische Indikatoren hinzugezogen werden.
- Auch Indikatoren zum subjektiven Wohlergehen der Bewohner eines Landes sollten erhoben werden, darunter sowohl Indikatoren für materiellen Wohlstand als auch für immaterielle Aspekte der Lebensqualität.
- In diesem Zusammenhang sollten auch subjektive Indikatoren wie Glück und Lebenszufriedenheit in den offiziellen Statistiken erhoben werden.
- Die statistischen Ämter sollten die Weiterentwicklung zusammengesetzter Indizes ermöglichen, indem sie die entsprechenden Daten und Methoden bereitstellen.

Welche Indikatoren und Indizes anstelle bzw. in Ergänzung des BIP ausgewiesen werden sollten ist letztlich eine politische Frage. Denn neben Aspekten wie Datenverfügbarkeit und Datenqualität, hängt die Frage, welche Wohlfahrtsindikatoren von als Messgröße für erfolgreiche Politik herangezogen werden sollten, vor allem davon ab, auf welche wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Ziele die entsprechenden Politiken ausgerichtet sein sollen. Erst dann kann entschieden werden, mit welcher Art von Indikator (monetär oder nicht-monetär, objektiv oder subjektiv, d.h. persönliche Einschätzungen von Individuen, Einzelindikator, zusammengesetzter Indikator oder Indikatorenset) diese am besten erfasst werden können und die jeweilige Zielerreichung gemessen werden kann. Zur Weiterentwicklung der statistischen Berichterstattung hat die von Präsident Sarkozy eingesetzte Stiglitz-Sen-Fitoussi-Kommission einige Vorschläge gemacht (Kasten 2.3-2).

2.4 Die Kluft zwischen Einstellungen und Verhalten

Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus der „BIP-Skepsis“, der in Umfragen gemessenen Zustimmung zu Umwelt- und Nachhaltigkeitspositionen sowie den weltweit vorliegenden entsprechenden Werthaltungen ziehen? Zunächst wird deutlich, dass eine Transformation zu einer nachhaltigeren Gesellschaft offensichtlich von nicht unerheblichen Teilen der Weltgesellschaft begrüßt würde. Es scheint einen relativ breiten, kulturübergreifenden Konsens zu geben, die vorherrschende Wirtschaftsweise in übergeordnete Ziele von Nachhaltigkeit, Umwelt- und Klimaschutz oder generell in Aspekte eines fürsorglicheren Umgangs mit Ressourcen einzubetten. Anders gesagt: Wer Nachhaltigkeitsziele befürwortet, schwimmt nicht (mehr) gegen den Strom. Dieser Befund ist keine triviale Randnotiz für eine Untersuchung, die sich mit den Voraussetzungen und Möglichkeiten einer globalen Transforma-

tion beschäftigt. Er zeigt vielmehr, dass in Teilen der Bevölkerung das Ziel einer solchen Transformation erwünscht ist. Politische Optionen, die an postmateriellen Werthaltungen und Nachhaltigkeitsorientierungen anknüpfen, stehen nicht im Widerspruch zu den Mehrheiten reicher und sich industrialisierender Gesellschaften und sind auch in Schwellenländern, die noch stärker auf Anschluss, d.h. auf Mehrung und Verbreitung des materiellen Wohlstands setzen, unter meinungsführenden Gruppen verbreitet.

Die Feststellung, dass weltweit viele Menschen eine ausgeprägte Sensibilität gegenüber Umweltfragen aufweisen und in Umfragen die Bereitschaft zeigen, für eine nachhaltigere Wirtschafts- und Lebensweise einzutreten und technologische Neuerungen zu akzeptieren, bedeutet allerdings nicht, dass auch schon eine breite tatsächliche Abkehr von nicht nachhaltigen Praktiken stattgefunden hätte und konkrete umweltpolitische Reformen wie etwa die Einführung oder Erhöhung von Ökosteuern oder die Einführung von Umweltstandards von den Bürgern uneingeschränkte Zustimmung erfahren. Bei solchen Reformen müssen regelmäßig erhebliche politische Widerstände überwunden werden (OECD, 2001; Thalmann, 2004) und es ist durchaus keine Seltenheit, dass sich Personen in Umfragen einerseits für ambitionierten Klimaschutz aussprechen und gleichzeitig höhere Preise für Strom und Kraftstoff aus fossilen Energieträgern ablehnen (Leiserowitz et al., 2006). Was kann zu dieser Kluft zwischen Einstellungen und Handlungen führen?

Einer der zentralen Gründe dafür, wieso Menschen nicht (immer) das tun, was ihnen – nach eigenen Angaben – wichtig ist, liegt darin, dass Werthaltungen oft abstrakte Konzepte sind, die einem hypothetischen Bereich des Lebens zugerechnet werden. Entsprechende Umfragen werden daher nicht unter Einbezug aller tatsächlich erwartbarer Konsequenzen wahrgenommen und Fragen werden entsprechend hypothetisch beantwortet. Generell haben soziologische und sozialpsychologische Forschungen gezeigt, dass die Wahrnehmung von Problemen nicht zwangsläufig zu „richtigem", beispielsweise umweltgerechtem Handeln führt (Diekmann und Preisendörfer, 1991; Kuckartz, 2010), bzw. zwischen Einstellungen und Verhalten nur eine schwache Beziehung besteht (Eckes und Six, 1994).

Hürden (barriers; Leiserowitz et al., 2006) für die Umsetzung von Werthaltungen in Verhalten bestehen sowohl auf der individuellen als auch auf der sozialen bzw. strukturellen Ebene. Eine tatsächliche Verhaltensänderung bedarf einer materiellen und kognitiven Grundlage. Auch muss ein passender sozioökonomischer und gesetzlicher Rahmen gegeben sein. So scheitert häufig etwa die Absicht, den umweltfreundlichen öffentlichen Personennahverkehr für berufliche und private Zwecke zu nutzen an einer Status-quo-Orientierung, aber auch an mangelnden Informationsgrundlagen, (vermeintlichen) Kostennachteilen (monetärer und nicht-monetärer Art) sowie an falschen fiskalischen Anreizen und fehlender Infrastruktur. Die unter Kapitel 2.2 vorgestellten relativ stabilen Trends zu einer eher hohen Sensibilität für Umweltfragen dürfen also nicht darüber hinwegtäuschen, dass andere, mitunter zuwiderlaufende Werte und Rahmenbedingungen tatsächliche Entscheidungen mit beeinflussen.

Aus der Wahlforschung ist bekannt, dass neben Persönlichkeitsfaktoren – zu denen beispielsweise die in Sozialisationsprozessen erworbenen Einstellungen zählen – auch strukturelle Determinanten (wie die Gesellschaftsstruktur, Milieuzugehörigkeit oder das politische System) und kurzfristig-situative Einflüsse (wie Kandidatensympathien, Sachfragen, der Verlauf des Wahlkampfs) für Wahlentscheidungen ausschlaggebend sind (Schultze, 2003; Broschek und Schultze, 2006). So unterschiedliche Bereiche wie die Diffusionsforschung, ethnologische Studien und einschlägige Erfahrungen aus der Entwicklungszusammenarbeit zeigen, dass – jenseits rationaler Nutzenkalküle – der kulturellen Praxis der Menschen eine herausragende Bedeutung bei der tatsächlichen Einführung neuer Ideen, Technologien oder Verhaltensmuster zukommt (Rogers, 2003). So kann die Einführung einfacher und scheinbar plausibler Praktiken scheitern, wenn diese mit vorhandenen kulturellen Werten oder Normen kollidieren (Rogers, 2003). Das jeweilige kulturelle Normengefüge entscheidet nicht nur darüber, ob neue soziale Alltagspraktiken in einer bestimmten sozialen Gruppe übernommen werden, sondern auch darüber, wie die jeweilige Adoption erfolgt.

Unterschiedliche Normen und Dispositionen finden sich nicht nur in verschiedenen Gesellschaften und kulturellen Zonen, sondern auch differenziert nach sozialen Milieus innerhalb von Gesellschaften. Untersuchungen auf Basis der repräsentativen Lebensweltforschung des Sinus-Instituts (heute: Sinus Sociovision) zeigen, dass bestimmte Milieus der alltäglichen Lebensführung für Fragen der Nachhaltigkeit (bislang) kaum oder gar nicht zu gewinnen sind. Umgekehrt machen die Untersuchungen aber auch deutlich, dass die Potenziale für nachhaltiges Verhalten in den ökologisch affinen Milieus erheblich sind und noch lange nicht ausgeschöpft werden (Kleinhückelkotten, 2006). Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang ferner, dass das Segment der ökologisch affinen Bürgerinnen und Bürger in den vergangenen Jahren eine erstaunliche Ausweitung erfahren hat (Wippermann, 2009). Barrieren, die es bestimmten Individuen oder Milieus erschweren, sich nachhaltig zu entscheiden, sind zudem vor allem in der

fehlenden Langfristorientierung, in der Verlustaversion sowie generell in Pfadabhängigkeiten zu sehen.

2.4.1 Fehlende Langfristorientierung und Verlustaversion

Die Transformation von Gesellschaften in Richtung einer klimaverträglichen Wirtschaftsweise kann nur gelingen, wenn die beteiligten Akteure, insbesondere die Konsumenten und Konsumentinnen sowie Wählerinnen und Wähler ihre Entscheidungen so treffen, dass auch Kosten und Nutzen künftiger Generationen angemessen berücksichtigt werden. Häufig sind solche langfristig ausgerichteten Entscheidungen kurzfristig mit höheren Kosten verbunden als ausschließlich kurzfristig ausgerichtete Entscheidungen. So werden etwa nach wie vor relativ wenige energieeffiziente Haushaltsgeräte nachgefragt, da sie im Zeitpunkt der Anschaffung eher teuer sind. Auf mittlere und längere Sicht gleichen sie aber mit geringeren laufenden Kosten den höheren Kaufpreis mehr als aus. Ähnliches gilt für Investitionen in Gebäudedämmung und die Umrüstung von Heizungen, die Anschaffung von Automobilen und dergleichen. Bei all diesen Entscheidungen stehen in ihrer Höhe unsichere und daher schwer greifbare, erst in der Zukunft anfallende Nutzen relativ hohen Kosten zum Zeitpunkt der Anschaffung gegenüber. Die Tatsache, dass viele Individuen gerade in unsicheren Entscheidungssituationen durch Verlustaversion gekennzeichnet sind (Kahneman und Tversky, 1979; Paech, 2005), verstärkt den Effekt, vor allem die kurzfristigen Effekte zu sehen. Bei der geschilderten Zeitstruktur des Anfalls von Kosten und Nutzen, bleiben dann kurzfristig teurere, langfristig aber günstigere Optionen häufig „auf der Strecke“.

Die Ursachen für die mangelnde Langfristorientierung bzw. die Verlustaversion einzelner Entscheidungsträger sind vielfältig. Eine besonders wichtige Rolle spielen subjektive Faktoren wie mangelndes Wissen und Unsicherheit über den Handlungsdruck. Je höher die Unsicherheit ist, desto stärker werden die Entscheidenden künftige Gewinne abdiskontieren, weshalb Langfristprojekte schwerer zu realisieren sind. Da typischerweise Verluste einen sehr stark negativen, Gewinne jedoch einen viel kleineren positiven Einfluss auf den Nutzen von Individuen haben, werden Konsumenten versuchen, Handlungen zu unterlassen, bei denen ihnen (große) Verluste möglich erscheinen (Kahneman und Tversky, 1979). Je später die Nutzen einer Handlung auftreten und je früher die Kosten – die typische Verteilung der Kosten und Nutzen von Transformationshandlungen über die Zeit hin –, desto größer wird die Verlustgefahr eingeschätzt und desto weniger ist damit zu rechnen, dass individuelle Akteure sich für solche Handlungsmöglichkeiten begeistern und einsetzen werden. Kurzfristig orientiertes Handeln und das Vermeiden von Verlusten sind im übrigen um so stärker verbreitet, je niedriger die verfügbaren Einkommen bzw. der Lebensstandard der Entscheidenden sind (Lorenzoni et al., 2007).

Will man diejenigen Barrieren für Verhaltensänderungen überwinden, die aus der fehlenden Langfristorientierung sowie aus der Verlustaversion resultieren, besteht u.a. die Möglichkeit, auf sogenannte „Nudges“ zurückzugreifen. Nudges (sanfte Schubser), d.h. Anstöße für erwünschte Verhaltensänderungen, stehen im Zentrum einer aktuellen internationalen Diskussion um Strategien des sogenannten „libertären Paternalismus“ (Thaler und Sunstein, 2008). Zu den prominenten Beispielen solcher Nudges zählen Default-Optionen, welche aus einer paternalistischen Perspektive „gute“ Lösungen als Standards vorgeben, aber stets die Option beinhalten, eine Alternative zu wählen (opt out). Beim zeitlichen Auseinanderfallen von Kosten und Nutzen einer Handlung können Nudges für Individuen hilfreich sein, ihre Entscheidungen so zu treffen, dass sich ihr Nutzen langfristig optimiert (für Beispiele siehe Kasten 5.2-5).

2.4.2 Pfadabhängigkeiten

Für die Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft in Richtung Nachhaltigkeit stellt auch die Pfadabhängigkeit von Politik, Wirtschaft und Technologien eine wichtige Hürde dar (Liebowitz und Marjolis, 1995; Pierson, 2004). Ein bestehendes Gefüge an Institutionen (Normen, Verträge, Verhandlungs- und Entscheidungsmodi usw.), aber auch an Technologien und Infrastrukturen, kann tiefgehende gesellschaftliche Veränderungen behindern. Bereits vorhandene Technologien, Infrastrukturen und soziokulturelle Muster können solche Lock-in-Effekte erzeugen, welche das Verhalten und die Entwicklungspotenziale über mehrere Investitionszyklen einschränken (Freeman, 1992).

Im 20. Jahrhundert ist in den OECD-Staaten eine umfassende High-carbon-Infrastruktur aufgebaut worden, die auf der massiven und selbstverstärkenden Anwendung fossiler Energieträger beruht. Durch verschiedene ökonomische und soziale Institutionen sind spezifische Entwicklungspfade vorgegeben und damit Neuentwicklungen blockiert (Urry, 2010). Pfadabhängige Prozesse und Entwicklungen führen in Politik und Wirtschaft häufig dazu, dass sich Fehler verfestigen und Lerneffekte ausbleiben. Individuelle und politische

Entscheidungsträger sowie die Öffentlichkeit orientieren sich an Krisenbewältigungsroutinen, die für vergangene Problemfälle entwickelt wurden. Das Verharren in alten Denk- und Handlungsmustern kann dazu führen, dass ein „objektiver" Veränderungsdruck lediglich zu einer Modifikation und nicht zur Transformation des Status quo führt, so dass die Ablösung des fossil-nuklearen durch ein nachhaltiges Energiesystem weiter verschleppt wird.

2.5 Auf dem Weg zu einer gemeinsamen globalen Transformationsvision?

Die in diesem Gutachten skizzierte Transformation ist darauf angewiesen, dass sie in breitem Umfang (und dies auch in Gesellschaften mit bisher geringerem materiellem Entwicklungsniveau) zustimmungsfähig ist. Der WBGU hat anhand globaler Wertewandelstudien plausibel machen können, dass postmaterialistische Werthaltungen nicht nur in reicheren Ländern auf einen breiten und in den letzten Jahrzehnten wachsenden Konsens stoßen, wobei kein Automatismus für die Umsetzung von solchen Wertepräferenzen und Handlungsdispositionen in entsprechendes Verhalten vorliegt und in der Regel eine weite Kluft zwischen Bewusstsein und Handeln besteht. Wenn Menschen ihre Zustimmung zu politischen Normen und Zielen aber nicht allein oder vorrangig an tatsächlichen Handlungen ausrichten, sondern auch an mentalen Dispositionen und Projektionen, dann ist das Vorhandensein einer hohen Zustimmungsfähigkeit zu Positionen stärkeren Umwelt- und Klimaschutzes nicht trivial. Die Begründung für die in diesem Gutachten skizzierten transformativen Maßnahmen und Regelungen, die tief in Gewohnheiten und Selbstverständlichkeiten einschneiden könnten, sind für politische und wirtschaftliche Entscheidende leichter, wenn sie nicht als bloße Verzichte dargestellt werden, sondern zumindest teilweise mit Präferenzen und Wünschen übereinstimmen, die in der Weltbevölkerung ohnehin ausgeprägt sind.

Mit der Verbreitung von Umweltbewusstsein und postmateriellen Haltungen in zahlreichen Ländern und Weltregionen ist eine wichtige Voraussetzung für eine Transformation zur Nachhaltigkeit gegeben. Personen und Einrichtungen, die im Einvernehmen mit einem Großteil ihrer Werte agieren, kommt dabei als sogenannte Change Agents oder Pioniere des Wandels (Kap. 6.2) großes strategisches Gewicht zu. Sie bezeugen, dass eine Transformation zur Nachhaltigkeit möglich ist und gesellschaftliche Spielräume für die Umsetzung der entsprechenden Werte und Positionen in konkrete Handlungen existieren. Personen, die Nachhaltigkeitsdispositionen teilen, bei denen aber in Bezug auf ihr konkretes Verhalten andere und konträre Kriterien ausschlaggebend sind, könnten so motiviert werden, sich für ein nachhaltiges Wirtschaften einzusetzen und eigene Verhaltensweisen und Konsummuster in dieser Richtung zu verändern.

So wäre die Transformation nicht allein durch die „planetary boundaries" begründbar, sondern auch mit den „open frontiers" der menschlichen Existenz. Ständig werden alternative Lebensentwürfe und unternehmerische Visionen neu entwickelt und beispielsweise als Leitbilder des „guten Lebens" formuliert. Derartige Leitbilder scheinen eine solide Basis in den Alltagspräferenzen von Menschen zu haben (Graham, 2010).

In allen Kulturen wurden und werden im Übrigen überzeugende, auf Universalisierung angelegte Aspekte und Dimensionen „guten Lebens" und des Glücks dargelegt, und zwar nicht als Durchschnittswerte subjektiver menschlicher Präferenzen und Befindlichkeiten, sondern als bewertende Kategorien bestimmter lebensweltlicher Kontexte und Wahlsituationen. In der praktischen, auf die Nikomachische Ethik des Aristoteles zurückgehenden Philosophie, war das Gute (Eu zén, „gut leben") an sich und nicht im Bezug auf ein anderes Gut erstrebenswert – alle anderen Güter sollten im Bezug auf das Gute erstrebenswert sein. Auch in der heutigen praktischen Philosophie, die sich nur noch partiell auf die antike Ethiklehre bezieht, ist gutes Leben kein Zustand, sondern eine Handlung, ein von Vernunft und Gefühl geleitetes Tätigsein. Es beruht nicht einzig oder vornehmlich auf einer großen Zahl materieller Güter, auf Annehmlichkeiten oder Genüssen, sondern auf der Erfüllung von Menschlichkeit in einem umfassenden, für Mitmenschen und Umwelt zuträglichen Sinn. Dazu gehört die Entfaltung des Selbst, d.h. der einer Person gegebenen Möglichkeiten, ebenso wie der Gemeinsinn, die Übernahme von Verantwortung für das allgemeine Wohl sowie eine Reihe von Gerechtigkeitsprinzipien. „Gutes Leben" ist in aller Regel von der Erfüllung bestimmter Grundbedürfnisse abhängig, auch vom Vorhandensein individueller Spielräume und Optionen, die durch materielle Standards abgesichert sein müssen. Darüber hinaus spielen – transkulturell – immaterielle Faktoren beim „pursuit of happiness" eine Rolle, wie die Anerkennung durch Andere, die Einbettung in Gemeinschaften und Netzwerke verschiedener, vor allem familiärer Art, aber auch die Erfüllung ästhetischer und hedonistischer Genüsse. Jede Transformationsstrategie, die plausibel machen kann, dass vorgeschlagene bzw. verordnete Veränderungen mit diesen immateriellen Zielsetzungen vereinbar sind, also die subjektive Lebenszufriedenheit nicht nur nicht trüben müssen, sondern sogar erhöhen können, ist Erfolg versprechender als eine Strategie, die allein aus äußeren

Zwängen Minderungen verordnet und damit Problemverdrängung und Verlustaversion auslöst.

Aus liberaler Sicht droht jeder Versuch, „gutes Leben" (im Sinne von Aristoteles) normativ den jeweiligen individuellen Bedürfnissen entgegenzuhalten, in autoritäre Bevormundung abzurutschen. Moderne Gesellschaften verstehen sich als „multioptional" (Gross, 2005), wobei sie die Bedürfnisbefriedigung der Individuen empirisch und normativ in den Vordergrund rücken. Grenzen individuellen Strebens nach Glück bestehen demnach lediglich in der Vermeidung kausal zurechenbarer Schädigungen Anderer. Umweltschäden der Vergangenheit können entsprechend dieser Argumentation diskontiert und durch Wohlfahrtssteigerungen der Zukunft kompensiert werden. Vor dem Hintergrund der in Kapitel 1 aufgezeigten Risiken des globalen Klimawandels, des Verlustes biologischer Vielfalt sowie der multiplen Krisen der Weltgesellschaft stellt sich jedoch zunehmend die Frage, ob eine solche Fokussierung die individuellen Freiheiten heute und in Zukunft lebender Generationen tatsächlich noch schützt. Es mehren sich Stimmen, die nach der Entwicklung liberaler Grundrechte (18. Jahrhundert), politischer Partizipationsrechte (19. Jahrhundert) und sozialer Rechte (20. Jahrhundert) die Rechtsentwicklung am Übergang zu einer neuen Rechtsform sehen: hin zu den ökologischen Grundrechten (Marshall, 1992; Menke und Pollmann, 2007). Das Bewusstsein der Grenzen des Wachstums leitet den Blick somit nicht allein auf natürliche Grenzen von Ressourcen, Belastungen, Emissionen usw., sondern auch auf die möglichen Folgen unbegrenzten Wachstums für die individuelle Freiheit künftiger Generationen. Selbstbeschränkungen heute, etwa bei der Quantität und Herkunft von Konsumgütern und Dienstleistungen, sichern künftige Handlungschancen, die bei längerem Zuwarten mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr gegeben sein werden. Bei genauerer Betrachtung ergibt sich also, dass heute auf den ersten Blick als Verzicht wahrgenommene Beschränkungen dazu führen können, dass diese künftig lebende Individuen und Gesellschaften entlasten, ohne heutigen Generationen übermäßige Einschränkungen und Kosten aufzuerlegen.

Selbstbeschränkung zur Vermeidung von gefährlichem Klimawandel und anderer Schädigungen des Erdsystems ist keine ideengeschichtliche Revolution. Menschen sind, wie derzeit die Beispiele des Rauchverbots und der Schuldenbremse zeigen, sehr wohl fähig, die Vehemenz ihrer spontanen Wünsche erster Ordnung (die kurzfristigen Präferenzen) durch Wünsche zweiter Ordnung (Wünsche, die sich auf Wünsche beziehen) zu zähmen (Frankfurt, 2001; Schaal und Ritzi, 2008) und dafür Kooperationen einzugehen (Tomasello, 2009). Damit legen sie eine vorsorgende Einstellung gegenüber möglichen Vorlieben bzw. der Entwicklung dieser Vorlieben in der Zukunft an den Tag. Diese Problematik verweist auf historische Transformationen, deren Strukturmuster im folgenden Kapitel herausgearbeitet werden.

Die Große Transformation: Ein heuristisches Konzept

3

Der WBGU begreift den anstehenden Wandel in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zur Bewältigung der in Kapitel 1 beschriebenen Herausforderungen als eine „Große Transformation". Die zentralen Anforderungen, die sich an diese umfassende Transformation stellen, ergeben sich aus den Grenzen des Erdsystems, die einen Umbau der nationalen Ökonomien und der Weltwirtschaft innerhalb dies*f*er Grenzen erzwingen, um eine irreversible Schädigung der Weltökosysteme und deren Auswirkungen auf die Menschheit zu vermeiden.

Produktion, Konsummuster und Lebensstile müssen so verändert werden, dass Treibhausgasemissionen im Verlauf der kommenden Dekaden auf ein Minimum reduziert (Dekarbonisierung der Energiesysteme und Gestaltung klimaverträglicher Gesellschaften), essentielle Ressourcenknappheiten (vor allem Land, Wasser, strategische mineralische Ressourcen) durch signifikante Ressourceneffizienzsteigerungen minimiert und abrupte Veränderungen im Erdsystem (Kipppunkte) durch Wirtschafts- und Entwicklungsstrategien, welche die Leitplanken des Erdsystems (planetary boundaries) berücksichtigen, vermieden werden können.

Ein solcher Umbau wird ohne ein bisher unerreichtes Niveau an weltweiter Kooperation, die Weiterentwicklung der normativen Infrastrukturen innerhalb des internationalen Systems, neue Wohlfahrtskonzepte, Technologiesprünge, vielfältige institutionelle Innovationen und veränderungsfähige Reformallianzen nicht gelingen. Der WBGU sieht in der Geschichte der Menschheit nur zwei große Transformationen, Veränderungsschübe oder Phasen der Zivilisation, die vergleichbar wären mit der Großen Transformation, die nun stattfinden muss: die Neolithische Revolution, die den Übergang von der Jäger- und Sammlergesellschaft zur Agrargesellschaft darstellte (Winkler, 2009; Kasten 3-1) sowie die Industrielle Revolution, die schon der ungarische Ökonom Karl Polanyi (1944) als „Great Transformation" beschrieben hat (Kasten 3.2-1).

Eine umfassende Theorie zur Erfassung der Komplexität großer Transformationen liegt bisher nicht vor. Ein Transformationskonzept ist jedoch notwendig, um diesen tiefgreifenden Wandel angemessen zu beschreiben, analytisch zu durchdringen und eine Systematik zu entwickeln, die es erlaubt, die Prozesse und Dynamiken, Handlungsebenen, Treiber von Veränderungen und Akteurskonstellationen der Großen Transformation sichtbar zu machen. Nur so können tragfähige politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Transformationsstrategien für den Übergang zu einer dekarbonisierten und ressourceneffizienten (Welt-)Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt werden.

Wie kann man eine große Transformation beschreiben und wie ist sie beeinflussbar? Wichtig ist zunächst, dass die Große Transformation über Veränderungen mittlerer Reichweite hinausreicht (Kap. 3.5), die durch unterschiedliche Theorien thematisiert werden:

Die Theorie der „langen Wellen wirtschaftlichen Wandels" beschreibt „Kondratieff-Zyklen", die durch Basisinnovationen angetrieben werden (Kondratieff, 1926; Mensch, 1975; Freeman und Louçã, 2001; Perez, 2002). Die Beobachtung ist in diesem Kontext, dass in einem Rhythmus von 40–60 Jahren zentrale Innovationen zu gravierenden Veränderungen in der Wirtschaft führen und transformative Investitionsschübe auslösen (1780–1850 Dampfmaschine, mechanischer Webstuhl, Kohle, Eisen; 1840–1890 Eisenbahn, Stahlproduktion, Agrartechniken; 1890–1940 Elektrizität, Chemie, Automobil, Massenproduktion; 1940–1990 Elektrotechnik, Petrochemie, Computer, Flugzeug bzw. Raketen; 1990 ff. Informations- und Kommunikationstechnologien). Die Große Transformation, die in eine Weltwirtschaft und -gesellschaft führt, die innerhalb der Grenzen des Erdsystems Wohlstand, Stabilität und Demokratie sichern kann, ist offensichtlich ebenfalls auf Basisinnovationen angewiesen, die klimaverträgliches und ressourceneffizientes Wirtschaften ermöglichen. Aber sie geht noch über die Zeithorizonte der Kondratieff-Zyklen hinaus, indem sie auf die Ablösung der Epoche des bisherigen Industrialismus abzielt. Sie umfasst zudem gesellschaftliche, kulturelle und politische Veränderungsprozesse, die nicht nur technologischer Natur oder technologisch determiniert sind.

In der evolutorischen Ökonomik wird in Anlehnung an die Idee grundlegender Innovationen zwischen

Kasten 3-1

Die Neolithische Revolution

Die Neolithische Revolution bezeichnet das Aufkommen und die Ausbreitung sesshafter Gesellschaften während der Jungsteinzeit. Nachdem die Menschheit zuvor ausschließlich in Jäger- und Sammlergemeinschaften gelebt hatte, erlernte sie zwischen 10.000 und 5.000 vor v. Chr. in verschiedenen Erdteilen unabhängig voneinander Vieh- und Ackerwirtschaft sowie die Möglichkeiten der Vorratshaltung. Dadurch wurden die Voraussetzungen zur Sesshaftigkeit geschaffen (Sieferle, 2010; Abb. 3.2-1, 3.2-2).

Die grundlegenden Eigenschaften agrarischer Zivilisationen ähneln sich weltweit sehr. Dies spricht für konvergente evolutionäre Entwicklungsprozesse, in denen zielgerichtete Steuerung keine große Rolle gespielt haben kann. Vielmehr lassen die systemischen Bedingungen landwirtschaftlicher Produktionsweisen, trotz aller erreichten sozio-technologischen Fortschritte, nur geringe Spielräume für Sonderentwicklungen und unterschiedliche Ausprägungen agrarischer Gesellschaften zu (Sieferle, 2010). Erlernte eine Gesellschaft die ersten Schritte des Ackerbaus, wie etwa die regelmäßige Ernte wilder Pflanzen, waren die nächsten Schritte, etwa das gezielte Aussäen, vorgezeichnet.

Obwohl es sich bei der Neolithischen Revolution um einen evolutionären Epochenwandel handelt, hat sie die zivilisatorischen Grundlagen der Menschheit und die Welt als Ganzes nachhaltig verändert. Aus ökonomischer Perspektive hatten Sesshaftigkeit und Landwirtschaft vorher ungeahnten materiellen Wohlstand und Wirtschaftswachstum zur Folge. Besonders sichtbar wurde dies in der Entwicklung agrarischer Hochkulturen (Weisdorf, 2005).

Die Sesshaftigkeit, verbunden mit Ackerbau und Vorratshaltung, ermöglichte gegenüber dem Status quo ante die Entstehung wesentlich komplexerer und ausdifferenzierterer Gesellschaften. Wirtschaftshistoriker betonen, dass eine frühe Übernahme agrarischer Produktions- und Lebensweisen zu solch fundamentalen Unterschieden im Bezug auf technologische Entwicklung und soziale Organisation geführt haben, dass sie bis heute zu einem bestimmten Grad die Wirtschaftsleistung von Staaten bestimmen. Darüber hinaus gibt es Indizien dafür, dass hierfür weniger die historische Dauer von agrarischer Produktion ausschlaggebend ist als vielmehr der jeweilige Entwicklungsgrad einer agrarischen Tradition und die daraus übernommenen technologischen und sozialen Fähigkeiten (Putterman, 2008).

Mit dem Wirtschaftswachstum landwirtschaftlicher Gesellschaften nimmt auch deren Energiebedarf sowie die Eingriffstiefe in die natürliche Umwelt zu, da Agrargesellschaften ihre Umwelt wesentlich stärker und systematischer bearbeiten und transformieren als Jäger und Sammler (Haberl, 2006). Hauptenergiequelle der Agrargesellschaft ist die Biomasse, die stärker und kontrollierter in Anspruch genommen wird als zuvor (Abb. 3.2-1). Zudem wird ein wesentlich größerer Teil der Nettoprimärproduktion von Biomasse als Nahrung und Futter sowie Bau- und Feuerholz genutzt. Zwar entnehmen auch Jäger und Sammler Biomasse aus ihrer Umwelt, nutzen diese aber vergleichsweise unsystematisch, unmodifiziert und in geringeren Mengen.

Warum jagen und sammeln durch Sesshaftigkeit und Landwirtschaft abgelöst wurden ist umstritten, da frühgeschichtliches Wissen bruchstückhaft und spekulativ ist. Alle Erklärungsversuche gehen davon aus, dass die klimatischen Änderungen am Ende der Eiszeit eine entscheidende Rolle gespielt haben. Unklar ist allerdings, ob diese zu einer Verschlechterung des Umweltzustands und damit verbundenen Ressourcenknappheiten oder umgekehrt zu einer Verbesserung des Umweltzustands und einem Überangebot an Nahrungsmitteln geführt haben.

Im ersten Fall wäre, vereinfacht gesagt, mangelnde Beute der wichtigste Treiber für die Entwicklung der Landwirtschaft gewesen. Im zweiten Fall wäre es ein Überangebot an Beute, das die Sesshaftwerdung, die Domestizierung von Tieren und komplexere Organisationsgrade, wie etwa den systematischen Anbau wilder Gerste, überhaupt ermöglichte. Eine dritte Theorie vermutet, dass eine erste Erwärmung eine jagende Sesshaftigkeit ermöglichte und ein plötzlicher klimatischer Kälteeinbruch die sesshaften Jäger zur Landwirtschaft zwang. Ein vierter Ansatz sucht eine Erklärung nicht in der relativen Verbesserung oder Verschlechterung der Umweltbedingungen durch klimatische Änderungen, sondern in der Verstetigung der Umweltbedingungen im Anschluss an das klimatisch volatile Pleistozän. Während Jäger und Sammler sich Klimaschwankungen flexibel anpassen konnten, ließ die Kontinuität der klimatischen Bedingungen auch relativ unflexible, dabei aber langfristig produktivere Lebensformen wie den Ackerbau zu.

Unabhängig von den spezifischen Ursachen ermöglichten Sesshaftigkeit und Ackerbau eine historisch nicht gekannte Beschleunigung kultureller, sozialer, technologischer und wirtschaftlicher Entwicklung. So führte der Wegfall des Zwangs zur ständigen Anpassung an wechselnde klimatische Bedingungen zu neuen Anpassungszwängen und koevolutionären Prozessen innerhalb der Landwirtschaft (z. B. das Aufkommen von Parasiten) und Siedlungsgesellschaften (z. B. den Konkurrenzdruck durch Feinde sowie soziale Schichtung). Dabei führte die Lösung eines Problems in der Regel zu unvorhergesehen neuen Problemen, die erneut Handlungsdruck schafften und somit Innovation und Entwicklung förderten (Sieferle, 2010).

inkrementellen und radikalen Innovationen sowie der Veränderung techno-ökonomischer Paradigmen unterschieden (Freeman, 1996). Aus diesen Ansätzen lässt sich viel für die Große Transformation lernen, denn der Übergang zu einer klimaverträglichen und ressourceneffizienten Wirtschaft muss offensichtlich mit radikalen Innovationen einhergehen, die breite Teile von Wirtschaft und Gesellschaft beeinflussen und zu einer Veränderung des „High-carbon-Paradigmas“ führen. Doch wie bei der Theorie der langen Wellen (Kondratieff) gilt auch hier, dass die Innovationstheorien sich eher mit Veränderungen mittlerer zeitlicher Reichweite beschäftigen.

Zudem geht die Komplexität der Großen Transformation weit über im Kern technologische Veränderungen hinaus, mit denen sich ein Teil der evolutorischen Ökonomik beschäftigt. Die am schwierigsten zu induzierenden Veränderungen der Großen Transformation

sind jenseits der Technologien angesiedelt – etwa die Veränderung von Lebensstilen, eine globale Kooperationsrevolution, die Überwindung von Politikblockaden sowie ein verantwortungsvoller Umgang mit generationenübergreifenden Langfristveränderungen (Kap. 5, 6). Technologien können helfen, diese Herausforderungen eines umfassenden ökonomischen und gesellschaftlichen Wandels zu vereinfachen. Sie sind jedoch nicht *der* Schlüssel oder gar der einzige Schlüssel zur Großen Transformation.

Auch die Transformationstheorien, die sich mit dem Übergang der sozialistischen Länder in Richtung Marktwirtschaft und Demokratie beschäftigen, erfassen, wie die Innovationstheorien und die Theorie langer Wellen, einige wichtige Dimensionen der Großen Transformation (Merkel, 2010). Immerhin geht es bei diesen Ansätzen darum, den weitreichenden Umbau von Ökonomien und Gesellschaft zu verstehen sowie entsprechende Transformationsstrategien zu entwickeln. Der entscheidende Unterschied zwischen diesen Transformationen und dem Übergang zu einer Weltwirtschaft in den Grenzen des Erdsystems besteht darin, dass sich die ehemals sozialistischen Länder im Übergang zur Marktwirtschaft an existierenden Leitbildern und Modellen westlicher Länder orientiert haben.

Für die Große Transformation zur Nachhaltigkeit dagegen gibt es keine etablierten Vorbilder. Die Verbindung von Wohlstand, Dekarbonisierung, radikaler Ressourceneffizienz und Demokratie ist eine historische Herausforderung, der sich alle Länder gleichermaßen stellen müssen und von der gerade die wohlhabenden Staaten – was ihre Treibhausgasemissionen und ihren Ressourcenverbrauch angeht – besonders weit entfernt sind. Es gibt derzeit weltweit kein einziges Modellland für klimaverträgliches Wirtschaften (Low-carbon-Modellland), an dem sich Reformprozesse in anderen Ländern orientieren könnten. Zudem konzentrierten sich die Transformationstheorien zum Übergang von sozialistischen zu westlichen Gesellschaften auf nationale Systeme, während die Große Transformation des 21. Jahrhunderts sowohl Veränderungen in nationalen Gesellschaften als auch insbesondere Prozesse globalen Wandels umfassen muss.

Existierende Transformationstheorien können durchaus Elemente und Strukturmerkmale zu einem heuristischen Konzept zur Analyse der Großen Transformation beitragen, sind jedoch nicht darauf ausgelegt, den epochalen Umbruch zu beschreiben, der aus Sicht des WBGU notwendig wäre, um Erdsystemstabilität, breitenwirksamen Wohlstand und Demokratie langfristig zu sichern.

3.1 Zentrale Charakteristika der Großen Transformation

Grin et al. (2010) leisten mit ihren Arbeiten zu „long term transformative change to sustainabilty“ wichtige Beiträge zu einem besseren Verständnis von Veränderungsprozessen, die der WBGU als Große Transformation bezeichnet. Der Ansatz von Grin et al. (2010) rekurriert auf oben skizzierte Transformationskonzepte und -theorien, insbesondere aus der evolutorischen Ökonomik und der Innovationsforschung, aber auch aus den Geschichtswissenschaften, und erweitert diese in Richtung eines umfassenderen Wandels zur nachhaltigen Entwicklung. Grin et al. (2010) sprechen von „transition“, wenn sie Prozesse umfassenden Wandels analysieren und von „transformations“ als Phasen innerhalb der „transition“. In den Sozialwissenschaften werden die deutschen Begriffe „Transition“ und „Transformation“ in der Regel synonym gebraucht, um weitreichende Prozesse gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Wandels zu beschreiben (Nohlen, 2005). Der WBGU verwendet in dieser Studie den Begriff der „Transformation“, nicht zuletzt in Anlehnung an Karl Polanyis (1944) „Great Transformation“, um umfassenden Wandel zu beschreiben.

Historische Phasen umfassenden wirtschaftlichen, technologischen, kulturellen und politischen Wandels, die nicht nur Nischen und Sektoren betreffen, sondern in denen Gesellschaften insgesamt transformiert werden, können in Anlehnung an Giddens (1984), Bourdieu (1977) und Braudel (1958) als Prozesse verstanden werden, in denen „wechselnde Praktiken, struktureller Wandel und exogene Tendenzen parallel zueinander auftreten und gegebenenfalls interagieren, so dass nicht-inkrementelle Veränderungen in Praktiken und Strukturen entstehen“ (Grin et al., 2010). Dabei übernehmen die Autoren von dem Wirtschaftshistoriker Braudel (1958) die Erkenntnis, dass tiefgreifender Wandel auf Veränderungsprozessen basiert, die unterschiedlichen Zeitlogiken und Geschwindigkeiten folgen. Geographische, geologische, aber auch soziale und mentale Strukturen verändern sich nur sehr langsam (structural history); ökonomische Strukturen, Akteurs- und Machtkonstellationen, die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen können sich im Rhythmus von Jahren und wenigen Dekaden verändern (conjunctural history); spezielle Momente und Ereignisse der Geschichte (der 11. September 2001, Beginn und Ende des II. Weltkrieges; Weltwirtschaftskrise 1929/30 bzw. 2007–2009), können zu Kursänderungen, Schocks, lang anhaltenden Krisen oder auch Gelegenheitsfenstern (windows of opportunity) für Veränderung führen

(eventful history). Große Transformationen sind also keine linearen Prozesse oder Ergebnisse intentionalen Handelns mächtiger Akteure, sondern Folge von ineinander greifenden Dynamiken, die sich auf unterschiedlichen Zeitskalen abspielen, aber sich zu einer Richtung des Wandels verdichten (z. B. im Umbruch von Agrargesellschaften zu Industriegesellschaften, Kasten 3.2-1, Abb. 3.2-1, 3.2-2).

Zur Analyse von Interaktionen zwischen Teilsystemen greifen Grin et al. (2010) auf das Konzept der Koevolution zurück. „Wirtschaftliche, kulturelle, technologische, ökologische und institutionelle Subsysteme entwickeln sich unter wechselseitiger Beeinflussung auf vielfältige Weise weiter und können sich gegenseitig stärken, um gemeinsam einen Übergang (mit)zubestimmen. (…)… wir sprechen von Ko-Evolution, wenn die Interaktion der sozialen Subsysteme die Dynamik der einzelnen Subsysteme beeinflusst und zu einem irreversiblen Muster des Wandels führt." Auf dieser Grundlage arbeiten die Autoren ein Bündel allgemeiner Charakteristika großer Veränderungsprozesse heraus, um Komplexität zu reduzieren:

- Große Veränderungsprozesse verlaufen koevolutionär, setzen eine Vielzahl von Veränderungen in unterschiedlichen sozio-technischen (Sub-)Systemen voraus und finden auf lokalen, nationalen und globalen Handlungsebenen statt.
- Sie beinhalten sowohl die Entwicklung von (Nischen-)Innovationen als auch deren Selektion durch Nutzer und ihre gesellschaftliche Verankerung über Märkte, Regulierungen, Infrastrukturen und neue gesellschaftliche Leitbilder.
- Sie werden von einer großen Zahl an Akteuren aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Konsumenten beeinflusst.
- Sie sind letztendlich radikale Prozesse hinsichtlich ihrer Auswirkung und Reichweite, vollziehen sich jedoch unter Umständen langsam über mehrere Jahrzehnte.

Folgt man diesen Charakteristika, dann haben große Transformationen kein eindeutiges Zentrum, von dem sie ausgehen und sie sind schwer steuerbar. In der Tat waren die beiden bisherigen Zivilisationsschübe der Menschheit (Neolithische und Industrielle Revolution; Kasten 3-1, 3.2-1), die der WBGU als große Transformationen einstuft, keine gesteuerten Prozesse, sondern Ergebnisse evolutionären Wandels. Eine zentrale und historisch neue Herausforderung im großen Übergang zur klimaverträglichen und ressourceneffizienten Weltwirtschaft, in der die Grenzen des Erdsystems eingehalten werden, besteht also darin, diesen komplexen Prozess zu gestalten (Messner, 1997). Der anstehende Wandel muss auf der Grundlage von Erkenntnissen und Einsichten aus der Wissenschaft bezüglich der Risiken einer Fortsetzung des fossilen und ressourcenintensiven Entwicklungspfades angestoßen und politisch gestaltet werden, um den historischen Normalfall, nämlich eine Richtungsänderung infolge von Krisen und Schocks, zu vermeiden. Im Fall der Klimakrise könnte der historische Normalfall zu irreversiblen und unabsehbaren Folgen für die Menschheit führen (WBGU, 2009b). Die Klima- und Naturwissenschaften sind in der Lage, die zukünftigen Auswirkungen der globalen Erwärmung auf Wasserverfügbarkeit, Landdegradation oder auch den Meeresspiegelanstieg zu modellieren. Insofern steht den Gesellschaften für Entscheidungen in der Gegenwart nicht nur ein „Labor der Vergangenheit" (die Geschichte), sondern auch ein „Labor der Zukunft" zur Verfügung. Die Menschheit muss lernen „aus der Zukunft zu lernen" (Kap. 8).

Das Transformationskonzept von Grin et al. (2010), aber auch andere sozialwissenschaftliche Theorien gesellschaftlichen Wandels (Braudel, 1958; Messner, 1997; Mayntz, 2009; Fischer, 2010; Ostrom, 2010) verweisen allerdings darauf, dass selbst komplexe Transformationen nicht nur durch unüberschaubare Eigendynamiken von Prozessen und Strukturen im Sinne einer Koevolution als selbstgesteuerter Prozess zustande kommen, sondern auch durch identifizierbare Akteurskonstellationen beeinflusst werden. Akteurskonstellationen, die über ausreichend Macht, Ressourcen, Kreativität sowie Innovations- und Reformbereitschaft verfügen, um etablierte Blockadekräfte zu überwinden, können wirksame Treiber des Wandels sein oder eigendynamische Prozesse des Wandels kanalisieren, bündeln und gestalten. Wie groß ihre Gestaltungsspielräume sind, ergibt sich aus der Gesamtkonstellation, in der die Akteure handeln. Im Folgenden wird gezeigt, dass die Gestaltungschancen im derzeitigen Umbruch zu einer nachhaltigen Weltwirtschaft durchaus günstig ausfallen.

Um Erfolg zu haben, müssen „Pioniere des Wandels" in jedem Fall („jenseits" ihrer Macht und ihres Reformwillens) die Grenzen des etablierten Gesellschaftskonzeptes (in diesem Fall einer weitgehend auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhende Wirtschaftsweise oder high carbon economy) plausibel aufzeigen können und über (attraktive) Leitbilder (Narrative) verfügen, an denen sich der gesellschaftliche Wandel ausrichten kann. Diese Studie will einen Beitrag zu einem solchen Narrativ der Großen Transformation zur Nachhaltigkeit leisten.

Neuere Forschungsarbeiten der Verhaltensökonomie (Akerlof und Shiller, 2009), der evolutionären Anthropologie (Dunbar, 2010), der politischen Ökonomie (Ostrom und Walker, 2003) oder auch des „Akteursorientierten Institutionalismus" (Mayntz, 2002) verweisen übereinstimmend auf die herausragende

Bedeutung von breit geteilten Narrativen für die Handlungsorientierung von Akteuren. Narrative reduzieren Komplexität, schaffen Orientierung für aktuelle und zukunftsorientierte Handlungsstrategien, sind Grundlage der Kooperation zwischen Akteuren und fördern Erwartungssicherheit. Das vorherrschende Narrativ der vergangenen zweihundert Jahre war über alle Wirtschaftssysteme hinweg ein Wohlstandsmodell, das auf der unbegrenzten Verfügbarkeit fossiler Energieträger und anderer Ressourcen basierte. Nun bedarf es einer neuen Geschichte zur Weiterentwicklung der menschlichen Zivilisation sowie dessen, was unter „Modernisierung“ und „Entwicklung“ verstanden wird. Das ist leichter gesagt als getan. Denn John Maynard Keynes (1883–1946) hat wohl richtig gelegen, als er vermutete: „Die Schwierigkeit ist nicht, neue Ideen zu finden, sondern den alten zu entkommen“.

Ohne veränderte Narrative, Leitbilder oder Metaerzählungen, die die Zukunft von Wirtschaft und Gesellschaft neu beschreiben, kann es keine gestaltete Große Transformation geben. Hiermit sind zwei wichtige Elemente der Gestaltung des Übergangs zur nachhaltigen Weltwirtschaft genannt (Pioniere des Wandels und Narrative), die später wieder aufgegriffen werden (Kap. 4, 5, 6).

3.2 Die „Verwandlungen der Welt im 19. und 21. Jahrhundert“: Vier zentrale Arenen der Transformation

Der Historiker Osterhammel (2009) beschreibt in seiner 1.500-seitigen Abhandlung über die „Verwandlung der Welt – Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts“ die große Transformation, die zur industriellen Gesellschaft geführt hat. Dabei betrachtet er einen Zeitraum von 1770 bis ins 20. Jahrhundert hinein. Statt von Transformation spricht er über die Phase des Umbruchs von den Agrar- zu den Industriegesellschaften, die er in den „fünf oder sechs Jahrzehnten um 1800 herum“ beobachtet und als „Schwellenjahrzehnte“, „Epochenwandel“, „Sattelzeit“ oder „Wendezeit“ bezeichnet (Osterhammel, 2009). Interessant ist, dass die Charakteristika des Epochenwandels hier ähnlich wie bei Grin et al. (2010) beschrieben werden. Auch Osterhammel kommt zu dem Ergebnis, dass große Epochenwechsel, die zur „Verwandlung der Welt“ führen, mehrere Dekaden andauern. In diesen Phasen der „Übergänge“ und „Zäsuren“ überlagern und verdichten sich ökonomische, kulturelle, soziale, aber auch ökologische Prozesse unterschiedlicher Tempi (Braudel, 1958) zu transformativen Dynamiken, beeinflusst durch eine Vielzahl von Akteursgruppen, die mit durchaus unterschiedlichen Intentionen letztlich eine spezifische Richtung des Wandels befördern (Osterhammel, 2009).

In der Geschichte gibt es also keine zeitlich eindeutig bestimmbaren Kipppunkte der Entwicklung, die einen Epochenwechsel einläuten. Historische Schübe und umfassende Transformationen ergeben sich vielmehr durch „Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen. Diese können kontinuierlich oder diskontinuierlich verlaufen, additiv oder kumulativ, reversibel oder irreversibel, mit stetigem oder wechselndem Tempo“ (Osterhammel, 2009). Erst in der Ex post-Betrachtung wird deutlich, ob ein epochaler Wandel, in diesem Fall von der Epoche der Agrargesellschaften hin zur Epoche der Industriegesellschaften (Kasten 3.2-1), stattgefunden hat.

Die Nichtlinearität weitreichender gesellschaftlicher Transformationen zeigt sich insbesondere im Wechselspiel ideengeschichtlicher und realpolitischer Veränderungen. Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass große Ideen und neue gesellschaftliche Leitbilder beachtliche Zeit brauchen, um sich in großen Veränderungen in den Gesellschaften niederzuschlagen. John Locke (1632–1704) stritt seit der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts für Erkenntnis und Vernunft. René Descartes (1596–1650) begründete den französischen Rationalismus, auf den Voltaire (1694–1778) und Rousseau (1712–1778) aufbauten. Kant verfasste 1784 seinen berühmten Aufsatz „Was ist Aufklärung?“, in dem er den „Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit“ einforderte. Während die Aufklärer für Freiheit, Vernunft und „das Wohl des Menschengeschlechts“ eintraten und demokratische Gesellschaften „vordachten“, waren ihre Gesellschaften noch durch eine hier eher katholisch und dort eher evangelisch geprägte Gegenaufklärung dominiert und damit weit von den neuen Idealen der Aufklärung entfernt. Und auch die Aufklärer selbst blieben in Teilbereichen ihres Denkens erstaunlich lange der Tradition der Unfreiheit verpflichtet. Nur eine Minderheit der großen europäischen Aufklärer, zu der Adam Smith und Rousseau gehörten, protestierte gegen die von allen Kolonialmächten praktizierte Sklaverei und den transatlantischen Sklavenhandel, der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts seinen Höhepunkt erreichte. Zum „Menschengeschlecht“, für dessen Freiheit die Aufklärer eintraten, zählte zunächst nur ein Teil der Menschheit (Winkler, 2009; Kap. 3.5.1).

Osterhammels Rekonstruktion der Verwandlung der Welt im 19. Jahrhundert verdeutlich darüber hinaus, dass vier Arenen der Transformation von übergeordneter Bedeutung für den Epochenwandel zur Industriegesellschaft waren. Diese Arenen der Transformation des letzten großen Epochenwandels sind auch für die Große Transformation im 21. Jahrhundert von zentra-

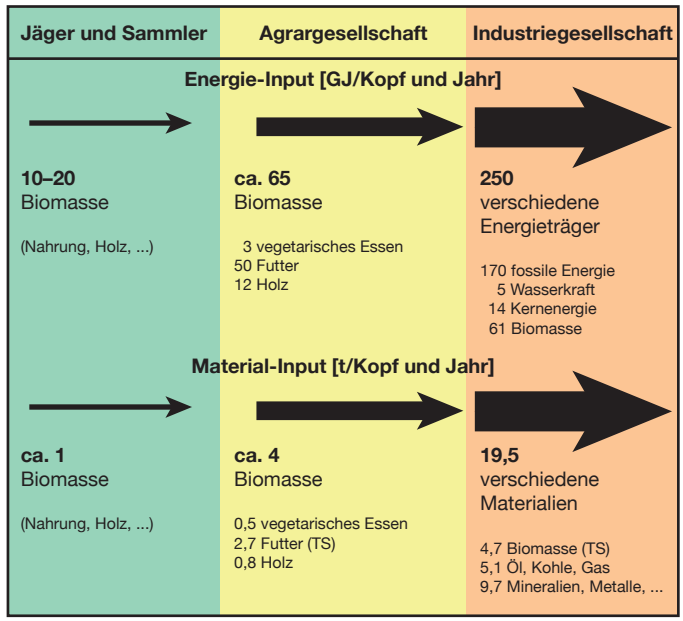


Abbildung 3.2-1
Zunahme des Energieeinsatzes in Gigajoule (GJ) pro Kopf und Jahr und des Materialeinsatzes in t pro Kopf und Jahr im Zuge der Neolithischen und Industriellen Revolution in Industrieländern (geschätzt). TS = Tonnage als Trockensubstanz angegeben. Quelle: nach Fischer-Kowalski und Haberl, 1997

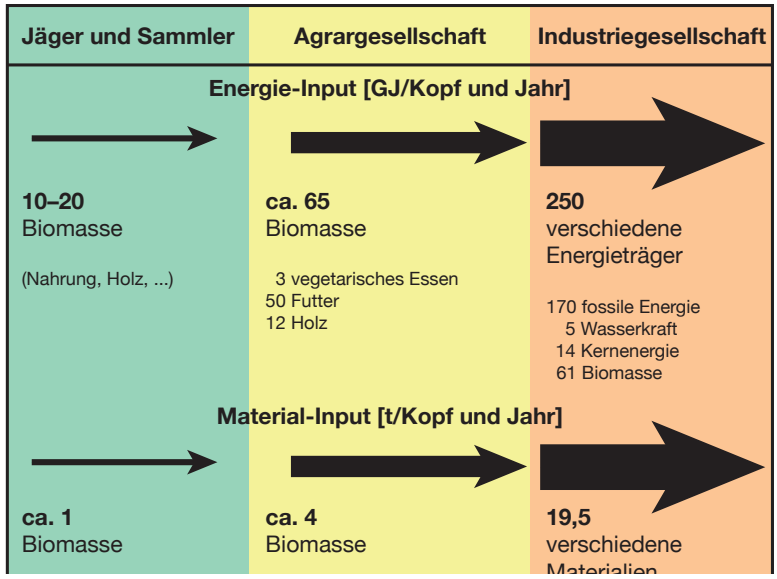


Abbildung 3.2-2
Entwicklung der Weltbevölkerung im Zuge der Übergänge von der Jäger- und Sammlergesellschaft zur Agrar- und zur Industriegesellschaft von etwa 1 Mio. Menschen bis zu mehreren Milliarden. Quelle: Kates, 1996

ler Bedeutung. Der letzte große Zivilisationsschub zur Industriegesellschaft basierte auf der Überlagerung und Verdichtung von weitreichenden Veränderungsprozessen in Bezug auf:

- die Energiebasis von Wirtschaft und Gesellschaft,
- die Bedeutung von Zeit in Wirtschaft und Gesellschaft,
- Kommunikations-, Wissens- und Logistikinfrastrukturen,
- Machttransformation und gesellschaftlichen Wandel.

Eine Skizze der Erkenntnisse von Osterhammel zur Verwandlung der Welt im 19. Jahrhundert hilft, die aktuellen Transformationsprozesse besser zu verstehen.

Die Energietransformation im 19. Jahrhundert als Grundlage der Industriellen Revolution

Jedes Wirtschaften erfordert Energiezufuhr. Fehlender Zugang zu bezahlbarer Energie ist einer der gefährlichsten Engpässe, die Gesellschaften durchleben können. Die Industrialisierung war vor allem ein Wechsel des Energieregimes (Sieferle et al., 2006; Abb. 3.2-1). Bis Ende des 18. Jahrhunderts basierten die vorindustriellen Gesellschaften auf wenigen Energiequellen jenseits menschlicher Arbeitskraft. Wasser, Wind, Feuerholz, Torf und Arbeitstiere begrenzten die Leistungs- und Expansionsfähigkeit der Ökonomien (Abb. 3.2-1). Es bestand stets die Sorge, dass die Verfügbarkeit von

Energie nicht mit dem Bevölkerungswachstum Schritt halten könnte. Die „Malthus-Debatte“, angestoßen durch dessen „Essay on the Principle of Population“ (Malthus, 1798), war ein Ausdruck dieser Befürchtungen und hat sich in das historische Gedächtnis ganzer Generationen eingeprägt (Abb. 3.2-2).

Um 1780 waren alle Gesellschaften weltweit auf die Nutzung von Energie aus Biomasse angewiesen. Gut ein Jahrhundert später, zu Beginn des 20. Jahrhunderts, zerfiel die Welt in die kleine Gruppe der industrialisierten Länder, in denen der Ausbau von Infrastrukturen zur Nutzung fossiler Energieträger gelungen war, und der Mehrheit der Staaten, die weiterhin mit herkömmlichen Energiequellen auskommen musste. Der Wechsel des Energieregimes in den sich industrialisierenden Ländern erfolgte nicht abrupt. Das „Zeitalter der fossilen Brennstoffe“ (Osterhammel, 2009) begann um etwa 1820. In dieser Phase beschleunigte sich zugleich das Wachstum der Einkommen pro Kopf, das zuvor lange stagniert hatte. Die Substitution menschlicher und tierischer Muskelkraft sowie von Holz und Torf durch fossil gespeicherte Energie (Kohle) revolutionierte die Wirtschaft (Kasten 3.2-1).

Die Kohle setzte Dampfmaschinen, Schiffe und Eisenbahnen in Bewegung und katapultierte die sich industrialisierenden Gesellschaften in ein Zeitalter der Vernetzung, der Beschleunigung und der nationalen Integration. Noch Mitte des 19. Jahrhunderts lieferte die Kohle selbst in Europa nur einen kleinen, aber stetig steigenden Anteil genutzter Energie. Die Geschichte des Erdöls begann 1859 mit ersten kommerziellen Erdölbohrungen in Pennsylvania. Es dauerte etwa sieben Dekaden bis die mineralischen Kraftstoffe (Kohle und Öl) die Biomasse als Energieträger in der Weltwirtschaft an Bedeutung übertrafen, auch wenn die Mehrheit der Weltbevölkerung am Ende des 19. Jahrhunderts noch immer auf herkömmliche Energieträger angewiesen blieb. Japan stellt einen interessanten Fall nachholender, lernender, kopierender und beschleunigter fossiler Entwicklung dar. Noch 1860 hatte Japan einen energietechnischen Rückstand von vielen Dekaden gegenüber Großbritannien. Bis etwa 1900 war dieser Rückstand vollständig aufgeholt.

Die Durchsetzung des fossilen Energieregimes (insbesondere in Großbritannien, Deutschland und den USA) seit den 1880er Jahren ging mit einer zweiten Generation industrieller Innovationen einher, die auf den neuen Energieträgern aufbauten: Elektrizität (Glühlampe, Elektromotoren, Kraftwerkstechnologien), Chemie und das Automobil. Die Energierevolution setzte also einen komplexen, eigenständigen Innovationszyklus in Gang. Parallel dazu kam es zu anderen Innovationen, wie die Rundfunkübertragung (1895) und den Kinematographen (1895).

Der Übergang in das „Jahrhundert der fossilen Energie“ war nicht nur ein Prozess ökonomisch-technischer Transformation. Energie wurde zu einem „kulturellen Leitmotiv“ (Osterhammel, 2009). Wissenschaft und Industrie rückten näher zusammen, das Zeitalter der industriellen Großforschung begann (Kasten 3.2-1, 3.6-1). In den Wissenschaftsorganisationen wurde die „Methode des Erfindens erfunden“ (Alfred North Whitehead; nach Osterhammel, 2009). Unternehmerisch erfolgreiche Erfinder wie Werner Siemens, der 1866 das dynamoelektrische Prinzip entdeckte, und Thomas Alva Edison, der sich mit Stromerzeugung und -verteilung beschäftigte, prägten die Gründerzeit. Die fossilen Energieträger schufen ein neues Weltbild, denn sie befreiten den Menschen von den Elementargewalten, insbesondere in Gestalt des Feuers, sie entfesselten (über die Dampfmaschine) bis dahin nicht vorstellbare Kräfte und Wirkungsmöglichkeiten, erhöhten die Produktivität menschlicher Arbeit in der entstehenden Industrie sowie in der Landwirtschaft und sie eröffneten (über die Eisenbahn) Prozesse der Beschleunigung und der geographischen Vernetzung.

Diese Veränderungen fanden auch in den Wirtschaftswissenschaften ihren Niederschlag. Karl Marx beschrieb Mitte des 19. Jahrhunderts den Industrialismus und Kapitalismus als neue Gesellschaftsformationen und John Stuart Mill fasste 1848 in seinen „Principles of Political Economy“ die vielfältigen Ansätze der klassischen Politischen Ökonomie in einer umfassenden Synthese zusammen, die Grundlage für die Analyse einer Wirtschaft wurde, in der die Industrie die Landwirtschaft als Leitsektor ablöste. Auch in Kunst und Philosophie drückten sich diese Veränderungen aus. Um 1830 ging in Europa die Hochzeit des philosophischen Idealismus und der romantischen Strömungen in der deutschen, französischen und englischen Literatur zu Ende. In der europäischen Malerei begann der Übergang zum Realismus.

Die fossile Transformation führte im Verlauf der ersten Dekaden des 19. Jahrhunderts in die Epoche des Industrialismus und veränderte die Kräfteverhältnisse in der Welt dramatisch. Bis in das 17. Jahrhundert koexistierten und konkurrierten unterschiedliche Imperien, ohne dass sich klare Überlegenheitsstrukturen herausbildeten. Die europäischen Kolonialmächte (wie Spanien, England, Niederlande), China, das Osmanische Reich und Indien bewegten sich in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft auf Augenhöhe. Die fossile Revolution rückte den Westen in das Zentrum der neu entstehenden industriellen Weltwirtschaft.

Kasten 3.2-1

Die Industrielle Revolution

Die Industrielle Revolution ist ein komplexer Prozess des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umbaus vorindustrieller Gesellschaften, der sich zunächst auf der britischen Hauptinsel vollzog (Osterhammel, 2009). Von England ausgehend fanden weitere Industrialisierungsprozesse im Verlauf des 19. Jahrhunderts auf dem europäischen Kontinent (Belgien, Schweiz, Frankreich, Deutschland, Russland, Italien) sowie in Nordamerika und Japan statt. In China und Indien sowie in Argentinien, Chile, Brasilien und Mexiko wurden die notwendigen Voraussetzungen für eine Industrialisierung politisch nicht entwickelt (Osterhammel, 2009). Nach der Interpretation Sieferles (2010) nahm die Industrielle Revolution ihren Ausgang in Großbritannien, weil Europa im Vergleich zu Asien eine weniger ausgereifte Agrargesellschaft war und die einzelnen europäischen Länder in starkem politischen Wettbewerb standen. Im Zuge der Industriellen Revolution und der Industrialisierung wurde je nach Ressourcenausstattung des Landes das Energiesystem sowie die Energiequelle umgestellt.

Energie wurde zum zentralen Leitmotiv des 19. Jahrhunderts. In allen sich industrialisierenden Ländern wurden nach und nach Biomasse sowie tierische und menschliche Arbeitskraft durch fossile Energieträger in Kombination mit neuen Technologien (Dampfmaschine, Eisenbahn, Auto, Traktor) ersetzt. Zuerst kam in erster Linie Kohle, später auch Öl und Gas sowie Wasserkraft und Elektrizität zum Einsatz (Osterhammel, 2009; Sieferle, 2010). Weil an Stelle von Futtermitteln vermehrt Nahrungsmittel angebaut werden konnten und weniger Forst bewirtschaftet werden musste, wurden landwirtschaftliche Kapazitäten frei. Der Umbau der Wirtschaft und des Energiesystems war ein längerer evolutionärer Prozess, der mit dem Wandel vorhandener Institutionen und der Arbeitsorganisation einherging. Für die Ausbreitung der Industrialisierung waren zudem Kommunikation, Technologietransfer, einschließlich nicht lizenzierter Imitation und Industriespionage und internationaler Handel bedeutsam.

Großbritannien verfügte im Gegensatz zu den Nachzüglern in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts über besondere Ausgangsbedingungen, die die Industrialisierung begünstigten: einen vereinigten Staat sowie kohärente, zentralisierte Politik, inneren Frieden, kurze und preiswerte Transportwege sowie aufgrund der Kolonien reichlich verfügbare natürliche Ressourcen und ein großes Wirtschaftsgebiet. Erfahrung in der Feinmechanik und der Werkzeugmacherei, das Interesse an Innovationen sowie einer weit verbreiteten unternehmerischen Einstellung und einer liberaler Wirtschaftsordnung waren der Industriellen Revolution ebenfalls zuträglich (Meyerhoff und Petschow, 1996; Berg, 2008; Holst und Fischer, 2008; Otto, 2008; Osterhammel, 2009; Sieferle, 2010).

Außerdem hatte es im Vorfeld der Industriellen Revolution einige Veränderungen in Großbritannien gegeben, die das Privateigentum stärkten – z.B. die Einführung des Patentrechtes – sowie innovative Agrartechniken förderten und Arbeitskräfte freisetzten (Otto, 2008). Bereits im 18. Jahrhundert lag in Großbritannien das Wirtschaftswachstum über dem Bevölkerungswachstum, was zur Bildung einer Mittelschicht ebenso beitrug wie zu einer Binnennachfrage nach Gütern des gehobenen Bedarfs. Durch die später mechanisierte Massenproduktion konnten diese Produkte preiswert produziert und verkauft werden (Osterhammel, 2009; Sieferle, 2010). Außerdem bildete sich eine Wissenselite heraus und es gab von Seiten der Vermögenden eine hohe Bereitschaft, Kapital für neue Ideen und Technologien zur Verfügung zu stellen (Sieferle, 2010). Mit der Industrialisierung entwickelten sich zudem Städte, die die Diffusion sozio-technischer Neuerungen sowie Innovationsprozesse begünstigten. Gleichzeitig entstand das Bewusstsein, in einer neuen Epoche zu leben, was die Bereitschaft zu Innovationen und Experimenten zusätzlich förderte.

In Kontinentaleuropa (speziell Belgien, Schweiz, Frankreich, Deutschland, Russland), in Nordamerika und in Japan waren die englischen Voraussetzungen nicht oder nur eingeschränkt gegeben, wurden aber im 19. Jahrhundert durch eine starke Intervention der sich herausbildenden Staaten nach und nach geschaffen. Jedes Land ging damit seinen eigenen Entwicklungsweg. Gleichzeitig gab es in diesen Ländern einzelne Akteure wie Unternehmer, Wissenschaftler, Berater oder Politiker, die, von der Entwicklung Englands inspiriert, eine vergleichbare Industrialisierung und Wirtschaftsordnung anstrebten (Meyerhoff und Petschow, 1996; Bischoff, 2008; Osterhammel, 2009).

Deutschland hat beispielsweise nach der Reichsgründung 1871 eine schnelle nachholende Industrialisierung durch staatliche Steuerung vollzogen (Kasten 3.2-2). Diese beinhaltete die Schaffung neuer Institutionen, z.B. technischer Hochschulen, und die Abschaffung anderer, z.B. der Zünfte. So konnte Deutschland in der Schwerindustrie, dem Maschinenbau und der Chemikalienproduktion England schnell überflügeln. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts trugen Länder wie Deutschland und die USA mit eigenen Erfindungen und eigenen Wegen der Arbeitsorganisation sowie ihren internationalen Handelsaktivitäten maßgeblich zur globalen Ausbreitung der Industrialisierung bei (Osterhammel, 2009).

Die Industrielle Revolution und Verbreitung der Industrialisierung ist auch deshalb so bedeutend, weil sie es der Menschheit erstmals ermöglichte, sich von der Energiebasis und Ressource Land zu emanzipieren und die Produktivität zu steigern (Sieferle, 2010). Die Industrialisierung schaffte die Voraussetzungen für langfristiges Wirtschaftswachstum, um das sowohl die Geschwindigkeit technologischen Wandels als auch die Konjunktur zyklisch schwanken (Osterhammel, 2009). Notwendige Bedingungen waren eine rechtsstaatliche Ordnung, Landreformen, Investitionen in Humankapital, gut ausgebildete Arbeitskräfte, Zugang zu natürlichen Ressourcen, Investitionskapital und evolutionäre Offenheit, die sich in einem gemeinsamen Weltbild der neuen Wissenselite und dem sich herausbildenden Unternehmertum widerspiegelte (Osterhammel, 2009; Sieferle, 2010). Erstmalig gelang es, einen begonnenen Innovationsschub dauerhaft aufrecht zu erhalten.

Die Industrielle Revolution zeigt, dass Pionierprozesse politischer Rahmenbedingungen bedürfen. Zu den Pionierprozessen zählen Investitionen, innovative Akteure und ein gemeinsames Leit- oder Weltbild. Zu den geeigneten Rahmenbedingungen gehören eine liberale Wirtschaftsordnung sowie die institutionalisierte Zusammenarbeit von Staat, Unternehmen und Wissenschaft. Industrialisierung ist aber keinesfalls der einzige Weg zu wirtschaftlichem Wachstum. Länder wie etwa die Niederlande, Kanada, Australien oder Argentinien haben ihrerseits neue Technologien und Arbeitsorganisationen übernommen und sich ohne nennenswerte Industrialisierung von Agrargesellschaften zu modernen Gewerbe- und Dienstleistungsgesellschaften entwickelt (Osterhammel, 2009).

Das neue Zeitregime des Industrialismus

Der Industrialismus ging einher mit und basierte auf einer Revolution der Bedeutung von „Zeit“ und ihrer Vereinheitlichung. Am Anfang des 19. Jahrhunderts fand man in keinem Land der Welt eine Synchronisierung von Zeitsignalen über Stadtgrenzen hinweg. Am Ende des Jahrhunderts einigten sich 25 Staaten auf der Meridiankonferenz von 1884 in Washington auf die Weltzeit. Die „Zeitreform“ (Osterhammel, 2009) war die Grundlage für die Vereinheitlichung von Fahrplänen der Eisenbahn und der Schifffahrt, später des Flugverkehrs, des internationalen Handels, des Austausches zwischen Unternehmen. Im fossilen Zeitalter veränderte sich damit der Lebensrhythmus und die Zeitvorstellung der Menschen grundlegend. Durch die Elektrifizierung war der Tag nicht mehr durch den Auf- und Untergang der Sonne begrenzt. Durch die technische Möglichkeit der Gleichstellung von Uhren entstand das Zeitalter der Fahrpläne, Zeittaktungen und der Beschleunigung von Arbeitsabläufen. Es klingt trivial, die Beschleunigung von Abläufen und Mobilität als ein Charakteristikum der großen industriellen Transformation zu benennen, aber „es ist schwer, den erfahrungsgeschichtlichen Einschnitt zu überschätzen, den es bedeutete, sich erstmals schneller und verlässlicher als ein Pferd bewegen zu können und zu Wasser von der Gunst des Windes unabhängig zu sein“ (Osterhammel, 2009). Im Zusammenspiel mit der Aufklärung und der Verbesserung der hygienischen Bedingungen, und damit der gesteigerten Lebenserwartung, gewannen die Gegenwart und die Zukunft für die Menschen an Bedeutung – der Industrialismus eröffnete also Zeithorizonte. Die industrielle Moderne wurde zu einem Aufbruch in die Zukunft.

Entstehung vernetzter Infrastrukturen

Die Vernetzungen geographischer Räume und die grundlegenden Infrastrukturen des industriellen Zeitalters entstanden in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. 1883 entwarf Friedrich List ein Eisenbahnschienennetz, was einen wagemutigen Blick in die Zukunft darstellte, denn vor 1850 konnte man in keinem Land der Erde von einem Eisenbahnnetz sprechen. Seit den 1870er Jahren war es möglich, nördlich des Äquators mit dampfgetriebenen Verkehrsmitteln um die Welt zu reisen, ohne Pferde, Kamele, Träger oder eigene Muskelkraft einsetzen zu müssen – auch wenn von den neuen Möglichkeiten nur wenige Menschen Gebrauch machen konnten, wie Jules Verne in seinen „80 Tagen um die Welt“ anschaulich erzählte (1872).

Im dritten Quartal des 19. Jahrhunderts setzte auch die Verkabelung der Welt ein, die erstmals die Kommunikation über weite Strecken ermöglichte. Das Telegramm war über viele Jahrzehnte das billigste „Langstreckenkommunikationsmedium“. Der Siegeszug des Telefons begann 1877/79 mit der Einrichtung von Vermittlungszentralen in New York und Paris. Doch das Telefon erlaubte über Jahrzehnte zunächst nur lokale Kommunikation. Nach und nach wurden die privaten Haushalte und Unternehmen an die neuen vernetzten Infrastrukturen angeschlossen: Wasser-, Gas- und Stromleitungen und -netzwerke entstanden. Diese Infrastrukturen ermöglichten überhaupt erst sukzessive die Herausbildung der modernen Formen der Wirtschaft über vernetzte Städte, Handelswege und Wissenssysteme. Noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts war nur eine kleine Minderheit der Weltbevölkerung an diese technischen Systeme angeschlossen.

Parallel zu den technischen Infrastrukturen und der Vernetzung zwischen Menschen, Unternehmen, Städten und Wirtschaftsräumen, die das neue „Zeitverständnis“ um ein verändertes „Raumverständnis“ ergänzten, entwickelten sich Regelsysteme, Rechtsräume und Bürokratien zur Stabilisierung dieser Interaktionen. Die Epoche der Nationalstaaten ist eng an die Transformationen im Übergang zum Industrialismus gebunden.

Machttransformation und gesellschaftlicher Wandel

Der Umbruch zur Industriegesellschaft veränderte auch die sozialen und politischen Strukturen der Gesellschaften. So unterschiedliche Autoren wie Adam Smith, Karl Marx, Karl Polanyi und Max Weber haben diese Dimensionen der Transformation beschrieben. Der Untergang der jahrhundertealten Institution des Adels, der noch im 18. Jahrhundert in den Gesellschaften Europas konkurrenzlos war, fiel in die Phase des Aufstiegs der Industriegesellschaften. Diese gesellschaftlichen Minderheiten, die ökonomische und gesellschaftliche Gewaltmittel in ihren Händen konzentrierten, ihre Privilegien als gottgegeben rechtfertigten, über guten Zugang zu den wirtschaftlichen Ressourcen der vorindustriellen Gesellschaften (Arbeitskräfte und Land) verfügten und Hand- sowie körperliche Arbeit schmähten, waren nicht dazu in der Lage, die technischen und institutionellen sowie normativen Innovationen (z. B. die Grundidee der Französischen Revolution von der Gleichheit der Menschen) im Übergang zur Industriegesellschaft zu stoppen, zu verlangsamen oder gar in ihrem Sinne zu nutzen. Die Industrielle Revolution veränderte auch die weltweiten Machtstrukturen, denn sie führte zum Siegeszug der westlichen Gesellschaften. Bis dahin standen sich einige „große Mächte“ (China, Indien, das Osmanische Reich, Spanien, England, Niederlande) gegenüber, deren sozioökonomischer Entwicklungsstand durchaus vergleichbar war.

Kasten 3.2-2

Treiber für die Beschleunigung der Transformation am Beispiel der deutschen Gründerzeit

Die in Kapitel 3.2 skizzierten vier großen Arenen der Transformation – Energiebasis, Zeitverständnis, Infrastrukturen sowie gesellschaftlicher Wandel – erlauben eine systematische Analyse großer Transformationen, wie es am Beispiel der Industriellen Revolution verdeutlicht wurde. In diesen Bereichen müssen grundlegende Veränderungsprozesse angestoßen werden, um eine angemessene Beschleunigung und Reichweite des Transformationsprozesses zu erreichen. Wichtige Treiber für eine Beschleunigung der Transformation lassen sich am Beispiel der Gründerzeit in Deutschland zum Ende des 19. Jahrhunderts identifizieren, deren Zusammenspiel das Land zur damals dynamischsten Volkswirtschaft der Welt machte.

Der Schlüssel für diesen umfassenden Transformationsprozess lag maßgeblich in der Verzahnung von Inventions-, Innovations- und Diffusionsprozessen, um positive Rückkopplungen zu ermöglichen und die Dynamik des Wandlungsprozesses zu erhöhen. Drei miteinander verbundene Faktoren waren von zentraler Bedeutung und ergaben zusammen ein „goldenes Dreieck" für Innovationsprozesse: erstens, der Ausbau wissenschaftlich-technischer Kapazität innerhalb der Hochschulen und Forschungsinstitute in Verbindung mit der Ausbildung von Fachkräften; zweitens, die Emergenz von Wirtschaftszweigen von (über)morgen, beispielsweise erste Anwendungen für den damals neuen Energieträger Strom oder ein sich rasch entwickelnder Verkehrssektor sowie deren unternehmerische Erschließung durch Unternehmen wie beispielsweise AEG und Borsig; drittens, hohe Nettoinvestitionsquoten, die eine schnelle Diffusion von Innovationen ermöglichten. So stieg die Nettoinvestitionsquote in Deutschland von rund 10% im Jahr 1850 auf über 15% auf dem Höhepunkt der Gründerzeit (Hoffmann, 1965) und lag damit mehr als dreimal so hoch wie heute (Kap. 4.5). Der Staat hatte hierbei eine zentrale Rolle (Abb. 3.2-3), indem er vor allem den Kapazitätsaufbau durch Gründung von Forschungseinrichtungen unterstützte und andererseits günstige Rahmenbedingungen für Unternehmensgründer schuf, die eine rasche Erschließung von neuen Geschäftsfeldern ermöglichten (Kasten 3.2-1).

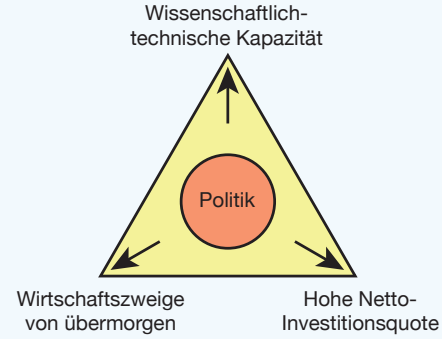


Abbildung 3.2-3
Elemente des transformativen Innovationsschubs der Gründerzeit in Deutschland.
Quelle: WBGU

Dabei entfaltete sich der Transformationsprozess nicht ausschließlich auf dem Gebiet neuer technischer Lösungen, sondern entlang der vier Transformationsarenen auch im gesellschaftlichen Bereich. Hier war insbesondere der Aufschwung des Bürgertums prägend, das den Veränderungsprozess vorantrieb und auch auf kulturellem Gebiet neue Akzente setzte. Für heutige Transformationsanforderungen zur Nachhaltigkeit bieten die Elemente des goldenen Dreiecks für Innovationsprozesse weiterhin wichtige Orientierungspunkte staatlichen Handelns. Jedoch muss den geänderten Rahmenbedingungen Rechnung getragen werden und weitere Faktoren – insbesondere die internationale Dimension und die Legitimität der Entscheidungsfindung – müssen mit einbezogen werden. Kapitel 7 nimmt diese Elemente auf und erweitert das goldene Dreieck für Innovationsprozesse zur „Raute der Transformation" (Abb. 7.1-3).

Lehren für die Große Transformation zu Beginn des 21. Jahrhunderts

Die Skizze der Übergänge und Zäsuren in und zwischen den vier Handlungsfeldern im Prozess der Verwandlung der Welt im 19. Jahrhundert stellt eine interessante Folie zur Beschreibung der Dynamiken der aktuellen Transformation dar. Erneut stehen die vier beschriebenen Handlungsfelder im Zentrum des Umbruchs. Nur Richtung und Qualität des Wandels unterscheiden sich grundlegend:

1. *Energiebasis:* Im Zentrum der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft steht der Aufbau einer im Wesentlichen erneuerbaren Energieinfrastruktur und der Abschied vom „fossilen Zeitalter" (Kap. 4). Wie schon im Übergang zur Industriegesellschaft wird dieser Prozess eine insgesamt veränderte Wirtschaftsstruktur hervorbringen.
2. *Die Veränderung des „Zeitregimes":* Im Übergang zur klimaverträglichen Wirtschaft müssen einerseits Prozesse ökonomischen, politischen und institutionellen Wandels enorm beschleunigt werden, um irreversible Schäden im Erdsystem und gefährlichen Klimawandel noch abwenden zu können (Kap. 1, 4, 5). Doch die Beschleunigung des Wandels in komplexen, hochgradig vernetzten, durch Gewaltenteilung und -kontrolle geprägten Gesellschaften, (checks and balances) in denen schwierige Interessengeflechte bestehen, ist keine Trivialität. Gleiches gilt für das internationale Verhandlungssystem. Andererseits müssen Menschen, Unternehmen und politische Organisationen lernen, in sehr langfristiger Perspektive zu handeln, Verantwortung zu übernehmen und präventive statt reaktive Problembearbeitung zu betreiben, weil Entschei-

dungen, die heute gefällt werden (z.B. Fortsetzung des fossilen Entwicklungspfades) Implikationen für viele Jahrzehnte (z.B. subregionale Wasserknappheiten), Jahrhunderte (z.B. das Abschmelzen großer Eisschilde) oder gar Jahrtausende (z.B. der Meeresspiegelanstieg) haben können. Die sozialen, ökonomischen und politischen Institutionen unserer Gesellschaften und womöglich auch die kognitiven und normativen Fähigkeiten der Menschen sind auf diese Herausforderungen bisher nicht eingestellt. Wie im Übergang zur Industriegesellschaft stehen auch heute wieder tiefgreifende kulturelle Veränderungen an (Kap. 2, 6).

3. *Neue Basisinfrastrukturen als Grundlage der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft:* Im Zentrum der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft steht, wie während der Industriellen Revolution, die Energieversorgung. Doch die Analyse der zentralen Handlungsfelder der Transformation in Richtung einer klimaverträglichen Gesellschaft (low-carbon society) verdeutlicht, dass drei wesentliche Basisinfrastrukturen der nationalen Wirtschaften und Gesellschaften sowie der Weltwirtschaft insgesamt auf das Zielsystem der Dekarbonisierung ausgerichtet werden müssen (Kap. 4). Neben dem Energiesystem gilt dies zum einen weltweit für urbane Räume, die signifikant zu den globalen Treibhausgasemissionen beitragen und in den kommenden Dekaden stark wachsen werden, da sich die Anzahl der Menschen, die in Städten lebt, bis 2050 in etwa von 3 auf 6 Mrd. verdoppeln wird (Kap. 1). Zum anderen kann die Große Transformation nur gelingen, wenn auch die Emissionen, die aus tradierten Formen der Landnutzung entstehen (Entwaldung; Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft), radikal reduziert werden. Ob eine klimaverträgliche Gesellschaft entstehen kann, entscheidet sich also vor allem in diesen drei Transformationsfeldern: Trendumkehr in den Energiesystemen; klimaverträgliche Gestaltung der sich beschleunigenden Urbanisierung; klimaverträgliche Landnutzung (Kap. 4, 5, 6, 8).
4. *Gesellschaftlicher Wandel und Machttransformationen:* Wie beim Übergang zur Industriegesellschaft gibt es auch beim Umbruch zur klimaverträglichen Gesellschaft blockierende, ihre tradierten Privilegien und Rollen verteidigende Akteure, Transformationsverlierer und Transformationsgewinner. Auf der Nutzung fossiler Energieträger basierende Industrien verlieren ihre Wettbewerbsvorteile, klimaverträgliche und ressourcenschonende Innovationen schaffen neue Geschäftsfelder, die Hierarchien zwischen Universitäten und Forschungseinrichtungen verändern sich, neue gesellschaftliche Leitbilder und Narrative setzen sich durch. Die Transformation geht einher mit einem umfassenden gesellschaftlichen Wandel, der durch Auseinandersetzungen zwischen dem alten und dem neuen Entwicklungsparadigma und damit korrespondierenden Interessendivergenzen gekennzeichnet ist (Kap. 2, 6). Zudem verändern sich die globalen Kräftekonstellationen. China, Indien, Brasilien und andere aufsteigende Ökonomien werden zu neuen Zentren der Weltwirtschaft. Die westlichen Industriegesellschaften könnten den Umbruch zu einer klimaverträglichen Weltwirtschaft, selbst wenn sie ihn mit großer Anstrengung anstrebten, nicht mehr „im Alleingang“ bewerkstelligen. Nur wenn die neuen Mächte diesen neuen Entwicklungspfad mitgehen oder gar zu Treibern der Transformation werden, ist die Entstehung einer klimaverträglichen globalen Ökonomie denkbar. Der gesellschaftliche Wandel betrifft weltweit nicht zuletzt das normative Rüstzeug der Gesellschaften. So wie die Aufklärung die Industrialisierung und die Demokratie vorbereitete und dann prägte, geht es nun um ein völlig neues Niveau globaler Kooperation und Fragen internationaler Fairness, weil die Transformation in einem engen Zeitfenster international gestaltet werden muss, sowie um ein neues Verhältnis zwischen Mensch und Natur. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist also nicht nur ein ökonomischer und technologischer Prozess, vielmehr bedarf es auch einer normativen Neuorientierung und kultureller Lernprozesse in unseren Gesellschaften.

Die Große Transformation ist gegenüber der „Verwandlung der Welt“ im 19. Jahrhundert durch drei zusätzliche Besonderheiten geprägt:

Erstens war die Durchsetzung der Industriegesellschaft ein evolutionärer Prozess, für den es keinen Masterplan gab. Die Transformation zur nachhaltigen Gesellschaft muss demgegenüber unter Zeitdruck bewusst gestaltet werden, um eine Trendumkehr in Richtung einer klimaverträglichen und ressourceneffizienten Gesellschaft zu schaffen. Ohne große und strategisch ausgerichtete Anstrengungen von Politik, gesellschaftlichen Akteuren und auch der Wirtschaft gibt es keine Nachhaltigkeitswende. Dies ist die erste große Transformation in der Menschheitsgeschichte, die bewusst politisch herbeigeführt werden muss.

Zweitens muss die Große Transformation global stattfinden und Industrie-, Schwellen- und sogar arme Entwicklungsländer umfassen, weil ansonsten ein gefährlicher Klimawandel nicht mehr abzuwenden ist. Die Industrielle Revolution fand zunächst in nur wenigen Ländern statt und benötigte mehr als ein Jahrhundert, um (ansatzweise) zu einem globalen Phänomen

zu werden. Nun gilt es, weltweit in kurzer Zeit die Weichen in Richtung einer nachhaltigen Weltwirtschaft zu stellen, um Wohlstand, Stabilität und Sicherheit in den Grenzen des Erdsystems für möglichst viele Menschen zu ermöglichen. Dazu muss ein bisher nicht gekanntes Niveau internationaler Kooperation erreicht werden.

Drittens muss sich das Narrativ, das Leitbild gesellschaftlicher Entwicklung, radikal verändern. Es kann einerseits zwar an Kernideen der Aufklärung anknüpfen, wie die Aufforderung zu vernünftigem, verantwortlichem Handeln, das auch stets die Interessen anderer Menschen berücksichtigt. Andererseits müssen nun die Grenzen des Erdsystems als Ausgangspunkt gesellschaftlicher Entwicklung und von Wohlstandssteigerung akzeptiert werden (re-embedding), während das Hauptmotiv des Zeitalters der Industrialisierung darin bestand, sich von den Begrenzungen der Natur zu emanzipieren (dis-embedding). Dies ist kein Plädoyer für eine romantische Rückbesinnung auf die Natur und keine Absage an technologische Lösungen für die Zukunftsherausforderungen der Menschheit. Doch jedweder Entwicklungspfad kann nur in den Grenzen der globalen Ökosysteme stattfinden – ansonsten könnte die Erde im Laufe des 21. Jahrhunderts zu einem unwirtlichen und unsicheren Ort werden. Crutzen und Schwägerl (2010) bringen diesen Paradigmenwechsel prägnant auf den Punkt: „Seit Jahrtausenden haben Menschen gegen die Supermacht, die wir „Natur" nennen, rebelliert. Im 20. Jahrhundert aber haben neue Technologien, fossile Energieträger und eine schnell wachsende Bevölkerung zu einer „großen Beschleunigung" unserer eigenen Fähigkeiten geführt. Wir übernehmen die Kontrolle über das Reich der Natur, vom Klima bis hin zur DNA, wenngleich auch unbeholfen (…) Heute leben wir in menschlichen Systemen, in die die natürlichen Ökosysteme eingebettet sind. Die für lange Zeit aufrechterhaltenen Barrieren zwischen Natur und Kultur brechen zusammen… (…) Es heißt nicht mehr „wir gegen die Natur". Stattdessen entscheiden wir heute, was die Natur ausmacht und was sie in Zukunft sein wird. (…) wir leben im Anthropozän, was das hohe Maß an Verantwortung der Menschheit als Verwalter der Erde hervorhebt. (…) Man stelle sich unsere Nachkommen im Jahr 2200 oder 2500 vor. Sie werden uns vielleicht mit Außerirdischen vergleichen, die die Erde so behandelten, als sei sie lediglich ein Zwischenstopp zum Auftanken gewesen. Oder, noch schlimmer, sie könnten uns als Barbaren bezeichnen, die ihr eigenes Zuhause ausplünderten. (…) Man bedenke: in diesem neuen Zeitalter sind wir die Natur."

Folgt man diesem Kerngedanken von der Emergenz des Anthropozäns, dann müssen sich nicht nur Produktions- und Konsummuster verändern, sondern auch Anreizsysteme, Institutionen, normative Maximen und Wissenschaftsdisziplinen (allen voran die Wirtschaftswissenschaften).

Diese drei spezifischen Charakteristika der Großen Transformation deuten darauf hin, dass die Menschheit (wie bereits im Übergang zur Industriegesellschaft) vor einem Zivilisationsschub steht, wenn der Umbruch zur klimaverträglichen Gesellschaft gelingen soll: Sie muss die Fähigkeit zur Gestaltung und Ausrichtung des Umbruchs beweisen und kann dies nur auf der Grundlage sehr langfristigen Denkens und Handelns schaffen; sie muss die Epoche der Nationalstaaten hinter sich lassen und eine bisher unerreichte globale Kooperationskultur entwickeln; und sie muss ein zukunftsfähiges, legitimiertes Narrativ für Wohlstand, Sicherheit, Freiheit und Fairness in einer Weltgesellschaft von bald 9 Mrd. Menschen erfinden, das die Begrenzungen der Ökosysteme akzeptiert.

3.3 Phasen der Großen Transformation – Wo stehen wir?

Grin et al. (2010) veranschaulichen mit einer einfachen S-Kurve den Phasenverlauf einer Transformation (Abb. 3.3-1). Ihr Multiphasenkonzept hilft, das Grundmuster transformativen Wandels zu beschreiben. Der Transformationsverlauf ist durch die Geschwindigkeit der Veränderungen, die Breite des Wandels (scale) und die Phasen des Transformationsprozesses determiniert. Übertragen auf den Übergang von einer auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhenden zu einer klimaverträglichen Wirtschaftsweise (also von einer „high-carbon-" zu einer „low-carbon economy") ergibt sich folgendes Bild: Der Übergang von der Industriegesellschaft zur klimaverträglichen Gesellschaft ist wie der Umbruch zur Industriegesellschaft zu Beginn des 19. Jahrhunderts kein schneller Prozess, denn das etablierte Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell ist zunächst stabil, durch Wohlstandserfolge legitimiert und daher veränderungsresistent. Doch seit den 1970er Jahren werden kritische, zunächst randständige Stimmen laut, die die Nachhaltigkeit des etablierten Modells hinterfragen (Meadows et al., 1972). Bevor also die beschleunigte Übergangsphase (seit etwa Beginn des 21. Jahrhunderts) begann, deuteten sich viele Veränderungsdynamiken im Rahmen des alten Modells bereits an (Vorentwicklung: Umweltministerien entstehen in vielen Ländern, umweltorientierte Bewegungen formieren sich, Brundtlandbericht von 1987; Kap. 2). Aus dieser Sicht hat die Nachhaltigkeitstransformation bereits vor etwa vier Dekaden eingesetzt, mit zunächst inkrementellen Veränderungen.

Von der Beschleunigung der Übergangsphase (Start-

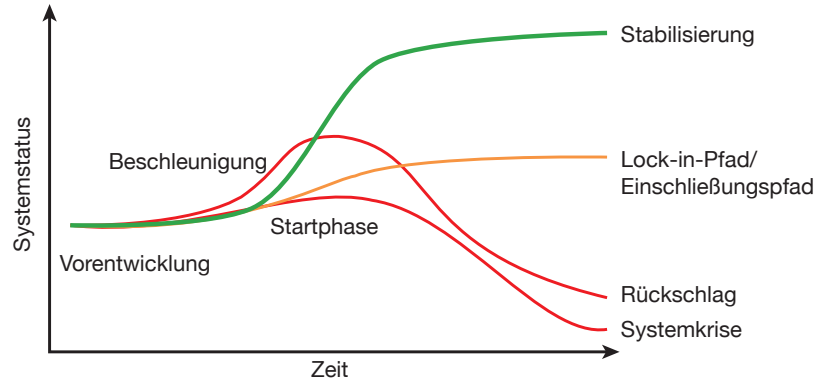


Abbildung 3.3-1
Darstellung verschiedener Phasen (Vorentwicklung, Start, Beschleunigung) und möglicher Pfadverläufe (Stabilisierung, Lock-in, Rückschlag) einer Transformation. Da ein Transformationsprozess komplex ist und verschiedenen Dynamiken unterliegt, lässt sich nicht genau vorhersagen, wie der Prozess verläuft. Das Multiphasenkonzept beschreibt ein Grundmuster transformativen Wandels. Quelle: nach Grin et al., 2010

phase) bis hin zu einem neuen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Gleichgewicht, einer klimaverträglichen und ressourceneffizienten Ökonomie, vergehen noch einmal etwa zwei Dekaden. Diese Phase ist nicht durch lineare Veränderungsprozesse gekennzeichnet, sondern durch schwierige Umstrukturierungsprozesse, durch die Notwendigkeit beschleunigter und breitenwirksamer Reformen, um Pfadabhängigkeiten zu überwinden, durch chaotische und unsichere Veränderungen sowie Dynamiken in unterschiedlichen Handlungsfeldern, die sowohl positive als auch negative Rückkopplungsschleifen auslösen können. Der steile Kurvenverlauf (Abb. 3.3-1) symbolisiert, dass der Umbruch gegen viele Blockademechanismen und Beharrungskräfte durchgesetzt werden muss.

Die europäischen Ökonomien befinden sich heute mitten in diesem schwierigen Beschleunigungsprozess. Nun müssen in den nächsten 10 Jahren die richtigen Weichenstellungen in Richtung Nachhaltigkeit erfolgen. Vergleichbar ist diese Situation mit den 1830er–40er Jahren der Industrialisierung, in denen sich das neue Energiesystem langsam ausbreitete und Innovationen diesen Prozess begleiteten, aber die neue Dynamik erst Teilbereiche von Wirtschaft und Gesellschaft erfasst hatte (Kasten 3.2-1). Abbildung 3.3-1 verdeutlicht auch, dass der Übergang zu einem neuen Gleichgewicht scheitern kann. Im Prozess der Beschleunigung ist die Gefahr groß, in Lock-in-Muster bzw. Einschließungsmuster hineinzulaufen. Die Energieeffizienz der Autos steigt, wird aber durch die noch schneller wachsende Zahl an Automobilen überkompensiert (Rebound-Effekt; Kasten 4.3-1); die Staaten einigen sich auf die Reduzierung von Treibhausgasen und andere „grüne Reformen“, jedoch weit unter dem notwendigen Niveau, um gefährlichen Klimawandel zu vermeiden (Kap. 7.3.9.1); erneuerbare Energien gewinnen an Bedeutung, ergänzen aber nur die weiterhin dominanten fossilen Energieträger. Der Lock-in- bzw. Einschließungspfad führt in eine „3–4°C-Welt“ (Abb. 7.1-2).

Europa und die Weltwirtschaft stehen derzeit an diesem kritischen Punkt. Vieles ist in Richtung klimaverträglicher Entwicklung in Bewegung geraten, doch die Gefahr, dass die Dynamik aus Wandel und Beharrungskräften in Lock-in- bzw. Einschließungspfaden mündet, ist sehr groß. Denkbar ist sogar, dass es trotz der bereits lange andauernden Transformationstendenzen zur Nachhaltigkeit zu einem Rückschlag kommt. Beispielsweise könnten sich die USA dem Wandel zur Klimaverträglichkeit verweigern oder die meisten der bevölkerungsreichen und nun schnell wachsenden Schwellenländer (China, Indien, Südafrika, Indonesien), die über eigene Kohlevorräte verfügen, entscheiden sich, diese weiter zu nutzen, so dass der Übergang zur klimaverträglichen Gesellschaft sehr schwierig wird. In den Kapiteln 4 bis 6 wird der beschriebene Transformationsverlauf empirisch genauer ausgeleuchtet, um in Kapitel 7 Empfehlungen für einen erfolgreichen Transformationsprozess vorzustellen.

3.4 Die Handlungsebenen der Großen Transformation – Warum der anstehende Epochenwandel gestaltbar ist

Grin et al. (2010) schlagen einen Mehrebenen-Analyseansatz vor, der hilft, die Komplexitäten, Vielschichtigkeiten und die Ungleichzeitigkeiten im Transformationsprozess (Koevolution) zu berücksichtigen und diese zugleich radikal zu vereinfachen. Die Autoren unterscheiden drei zunächst unabhängige, aber sich dennoch wechselseitig beeinflussende Handlungsebenen (Megatrends, sozio-technische Regime, Nischenniveau;

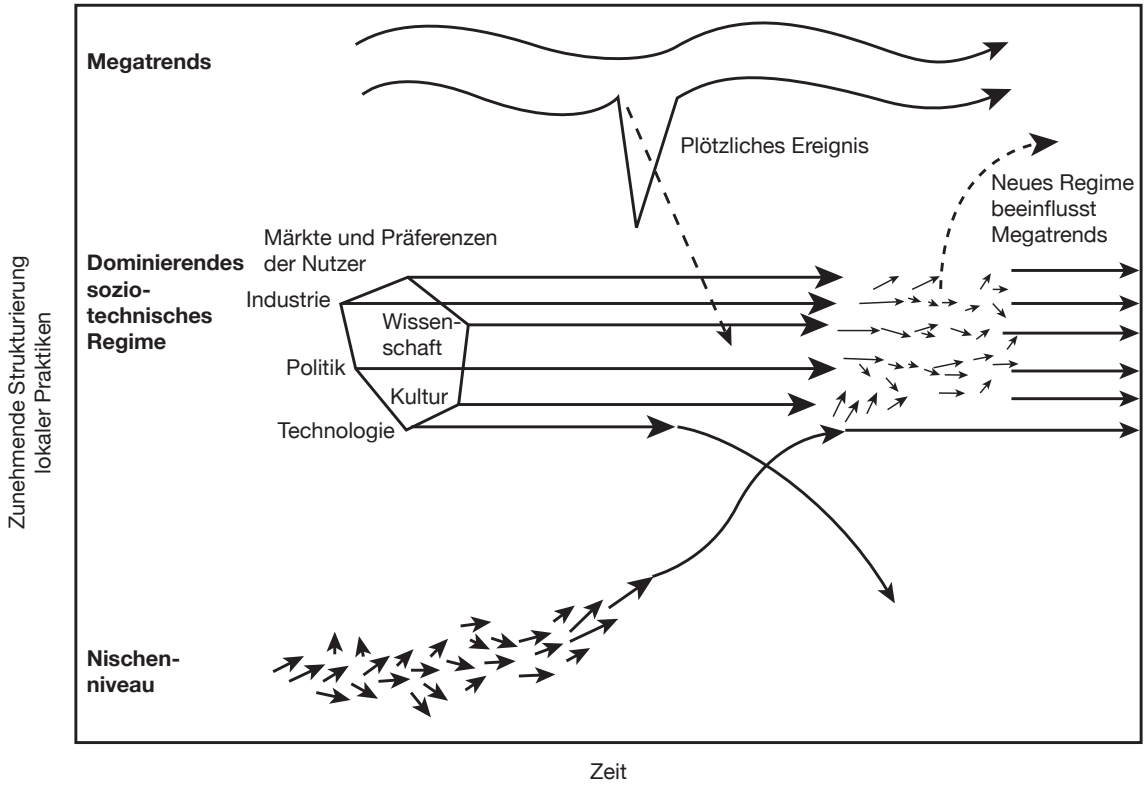


Abbildung 3.4-1
Mehrebenenmodell zur Analyse von Transformationsprozessen, am Beispiel der Substitution einer eingeführten Technologie durch eine neue. Es bestehen drei unabhängige, aber sich wechselseitig beeinflussende Handlungsebenen (Megatrends, sozio-technisches Regime, Nischenniveau). Durch Veränderungen und Dynamiken in diesen Handlungsebenen und deren Interaktion entsteht der Möglichkeitsraum für Transformation.
Quelle: Grin et al., 2010

Abb. 3.4-1). Durch Veränderungen und Dynamiken in diesen Handlungsebenen entsteht der Möglichkeitsraum für Transformationen. Dieser kann zu einem gegebenen Zeitpunkt in einem Land (Region, Sektor) sehr groß oder auch sehr klein sein.

In der Mitte steht das etablierte sozio-technische Regime; in unserem Fall die auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhende Weltwirtschaft (high-carbon economy). Diese bildet ein System bestehend aus Technologien, Politiken und Institutionen, Wirtschaftssektoren, Kultur und Wissenschaft. Solange dieses etablierte System stabil, legitimiert und wirtschaftlich wie politisch attraktiv ist, sind Übergänge zu einer klimaverträglichen Gesellschaft unwahrscheinlich. Auf der unteren Ebene bilden sich Nischen und Pioniere des Wandels: am Klimaschutz orientierte Unternehmer, Wissenschaftler, Architekten, Mitglieder von Nichtregierungsorganisationen (NRO), Journalisten oder Pioniere des Wandels in Ministerien und internationalen Organisationen (Kap. 6). Je randständiger und kleiner diese Pioniergruppen sind, desto unwahrscheinlicher ist eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft. Ohne diese Pioniere ist kein transformativer Wandel möglich. In Europa ist die Gruppe der „Klimapioniere“ seit vier Dekaden angewachsen, sie hat bereits Wirkung jenseits der Nische entfaltet und damit begonnen, das etablierte Regime zu verändern. Sie sind nicht mehr nur Akteure am Rande des etablierten klimaschädlichen Systems, sondern haben sich auch innerhalb der etablierten Strukturen der Wirtschaft ausgebreitet, ohne dass bereits der Kipppunkt zur Systemtransformation erreicht worden wäre: Umweltorientierte Wirtschaftssektoren sind ebenso entstanden wie das europäische Emissionshandelssystem oder Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien. Der Diskurs über klimaverträgliche Entwicklung ist kein Außenseiterdiskurs mehr, er steht nahezu gleichberechtigt neben dem etablierten Wachstumskurs und verfügt möglicherweise bereits über ein höheres Maß an normativer Legitimation als das klassische Wachstumsparadigma. Die Dynamik auf der Ebene der Pioniere des Wandels (Kap. 6) ist also groß, zugleich impliziert dies, dass das alte Entwicklungsmodell nicht mehr stabil und hermetisch ist, sondern sukzessive unter Anpassungsdruck

gerät. Damit öffnet sich ein Gelegenheitsfenster, um durch Stärkung von Pionieren des Wandels den Entwicklungspfad tatsächlich zu verändern. Dieser Prozess wird in den Kapiteln 2 (normative Neuorientierungen), 4 (Innovationskerne für klimaverträgliche Entwicklung), 5 (politische und institutionelle Veränderungsprozesse) und 6 (Pioniere des Wandels) untersucht.

Neben den beiden skizzierten Handlungsebenen existieren Megatrends, die nur schwer zu beeinflussen sind, die aber den Transformationsprozess erschweren oder auch erleichtern können: technologische Eigendynamiken und Erfindungen, weltweite Machtverschiebungen, Kriege oder Großunfälle (Tschernobyl, Fukushima, Weltwirtschaftskrise). Die multipolaren Machtblockaden könnten als ein solcher Megatrend interpretiert werden, der internationale Kooperation (z.B. die Durchsetzung eines wirksamen internationalen Klimaregimes) stark erschwert. Internet und andere Kommunikationstechnologien erlauben es demgegenüber, so schnell wie nie in der Geschichte der Menschheit Wissen weltweit verfügbar zu machen und internationale Lernprozesse zu organisieren. Dadurch könnte die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft erleichtert werden.

In Kapitel 1 wurden zentrale globale Trends identifiziert, die eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft erschweren (dynamische Urbanisierungsprozesse; gute Verfügbarkeit fossiler Energieträger in schnell wachsenden und bevölkerungsstarken Schwellenländern; multipolare Machtblockaden, die internationale Kooperation erschweren); in Kapitel 2 werden grundlegende normative Veränderungsprozesse erläutert, die den Transformationsprozess eher begünstigen; in Kapitel 4 wird gezeigt, dass die technologischen Entwicklungen einen Umbruch zur Nachhaltigkeit unterstützen.

Von der Makroebene können zudem „Schocks“ ausgehen, die Richtung und Tempo des Transformationsprozesses signifikant beeinflussen können. Der Reaktorunfall von Fukushima im März 2011 und die damit einhergehende, zum Teil radikale Neubewertung der Risiken der Kernenergie veranschaulicht dies in drastischer Weise. Für die Transformation können aber auch weniger dramatisch erscheinende Schocks weitreichende Wirkung entfalten. Sollten etwa die schnell wachsenden Schwellenländer in den kommenden Jahren weitere Erdölvorkommen entdecken (wie kürzlich Brasilien), so könnte dieser „exogene Schock“ die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft deutlich erschweren. Sollten in den kommenden Jahren bereits signifikante Klimakrisen (etwa durch sich häufende Wetterextreme mit ungewöhnlich großer Zerstörungskraft) auftreten, könnte dies wiederum die Transformation beschleunigen. Sollten durch technologische Innovationen die Kosten für erneuerbare Energien deutlich sinken, würden klimaverträgliche Investitionsentscheidungen wahrscheinlicher.

Das Mehrebenenmodell ist ein hilfreiches Analyseraster, um Transformationsprozesse strukturiert zu diskutieren. Es kombiniert systemische Sichtweisen (Übergang vom „High-carbon-“ zum „Low-carbon-Regime“), die es erlauben Pfadabhängigkeiten zu berücksichtigen, mit quasi eigendynamischen Prozessen, die zwar gestaltet, aber nicht „verhindert“ werden können (Urbanisierung, Bevölkerungswachstum), sowie einer Akteursperspektive, die es ermöglicht, Handlungsspielräume auszuleuchten (Pioniere des Wandels). Daraus lassen sich Hinweise für politische Transformationsstrategien gewinnen: Pioniere des Wandels in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft sollten gestärkt werden; der Umbau hin zu klimaverträglichen Wirtschafts-, Innovations- und Gesellschaftspolitiken ist wichtig; Ansätze zur Gestaltung nur schwer zu beeinflussender Megatrends müssen entwickelt werden (Kap. 7).

Als Hypothese soll hier formuliert werden, dass vor dem Hintergrund der bisherigen Analyse eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft zumindest möglich erscheint. Die Pioniere des Wandels sind in vielen Gesellschaften und auch bereits in der Wirtschaft eine relevante Gruppe geworden (Kap. 6). Das etablierte, weitgehend auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhende System wird bereits durch vielerlei Reformen in Richtung Nachhaltigkeit „geöffnet“. Positive wie negative Megatrends scheinen eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft zumindest nicht grundsätzlich unmöglich zu machen. In den folgenden Kapiteln werden diese Dynamiken empirisch genauer überprüft.

3.5 Zeitgeschichtliche Lektionen: Transformationen mittlerer Reichweite

Die bisher vorgestellte Neolithische und die Industrielle Revolution waren die einzigen Transformationsprozesse von wirklich globaler Reichweite. Sie waren zudem weitgehend ungesteuert. Im Folgenden werden sechs historische Transformationsprozesse von mittlerer Reichweite dargestellt und analysiert, die als weitgehend gesteuert gelten. Dies soll das Verständnis für die Bedingungen, Steuerungsoptionen und Akteurskonstellationen verbessern, die für die Große Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft notwendig sind.

Zur besseren Unterscheidbarkeit ordnet der WBGU diese historischen Transformationsprozesse vier Typen zu. Die Abschaffung der Sklaverei und die europä-

ische Integration sind Beispiele für den Typ „Vision“. Hier stand der visionäre Blick auf eine bessere und gerechtere bzw. friedlichere Zukunft im Vordergrund. Dem Typ „Krise“ wurden die Grüne Revolution und die Strukturanpassungsprogramme des Internationalen Währungsfonds und der Weltbank zugeordnet. In diesem Fall waren die Transformationsprozesse durch Krisenerfahrungen (Hunger- und Entwicklungskrise) motiviert. Die Abkommen zum Schutz der Ozonschicht zählen zum Typ „Wissen“. Das besondere hier war, dass während der Aushandlung des Montrealer Protokolls (1982–1987) noch kein gesicherter wissenschaftlicher Nachweis vorlag, dass Fluorchlorkohlenwasserstoffe die Ozonschicht zerstören. Die Staatengemeinschaft handelte aufgrund theoretischer Überlegungen über Wirkungszusammenhänge unter Heranziehung des Vorsorgeprinzips (Benedick, 1999). Die Informationstechnologie-Revolution (IT-Revolution) ist schließlich ein Beispiel für den Typ „Technik“. Hier ist das zentrale Element die massenhafte Verbreitung einer technischen Innovation, die als Schlüsseltechnologie weite Bereiche des täglichen Lebens verändert (multi purpose technology; Grin et al., 2010).

3.5.1 Abolitionismus (18./19. Jahrhundert): Typ „Vision“

Abolitionismus bezeichnet die gesellschaftliche Bewegung zur Abschaffung der Sklaverei, die sich vom 18. bis zum frühen 20. Jahrhundert in mehreren Wellen weltweit ausbreitete. Getragen von ethischen und religiösen Motiven entspricht der aus dem Abolitionismus resultierende inkrementelle Wandel von Wirtschaftssystemen und Gesellschaften dem Transformationstyp „Vision“. Da der Abolitionismus tatsächlich zu einer weltweiten Abschaffung systematischer Sklaverei führte, kann er zudem als Transformation universeller Reichweite charakterisiert werden.

Über mehr als ein Jahrhundert entfaltete sich der Abolitionismus von seiner ursprünglich gesellschaftlichen Organisation gegen Ende des 18. Jahrhunderts bis zur weltweiten Ächtung und Abschaffung der Sklaverei im 20. Jahrhundert. Regional betrachtet vollzogen sich abolitionistische Transformationen mitunter durchaus zügiger. In England etwa erreichte die Abolitionismus-Bewegung innerhalb von zwanzig Jahren die Beendigung des Sklavenhandels und binnen weiterer zweieinhalb Jahrzehnte schließlich das gesetzliche Verbot der Sklaverei und die Befreiung aller Sklaven im Hoheitsgebiet der britischen Krone. Auf dem amerikanischen Kontinent breitete sich der Abolitionismus ab 1776 zunächst graduell von Nordosten nach Süden aus und kam nach mehreren Schüben 1888 mit dem Verbot der Sklaverei in Brasilien zur Vollendung.

Die beispielhaften Erfolge sowie der universelle Anspruch des angelsächsischen Abolitionismus führten etwa ab Mitte des 19. Jahrhunderts zu seiner transkontinentalen Ausbreitung. Bis zum ersten Drittel des 20. Jahrhunderts kam es schließlich weltweit zu einer Abschaffung der Sklavensysteme, zumindest de jure. So besagt Artikel 4 der universellen Deklaration der Menschenrechte vom 10. Dezember 1948: „Niemand darf in Sklaverei oder Leibeigenschaft gehalten werden; Sklaverei und Sklavenhandel in allen ihren Formen sind verboten“ (UNGA, 1948). Die nachfolgende Darstellung konzentriert sich exemplarisch auf die Treiber, Hemmnisse und Wirkungsfaktoren des angelsächsischen Abolitionismus.

Geographische und historische Einordnung

Organisierte abolitionistische Bestrebungen gingen zunächst von wenigen engagierten Individuen im Vereinigten Königreich und in den um die Unabhängigkeit von der britischen Krone kämpfenden Vereinigten Staaten aus. Sie sind ebenso im historischen Kontext des emanzipatorischen Zeitgeistes und der damit eng verbundenen Begeisterung für die Ideale von Demokratie und Rechtsstaatlichkeit zu betrachten wie vor dem Hintergrund der kolonialen Expansionspolitik des 17. und 18. Jahrhunderts und der daraus wie selbstverständlich resultierenden öffentlichen Präsenz von Sklavenhandel und Sklavenarbeit.

In England erwirkte u. a. die 1787 in London gegründete Society for Effecting the Abolition of Slave Trade die formale Beendigung des Sklavenhandels im Jahre 1807. 1834 kam es in Folge des Slavery Abolition Act von 1833 schließlich zur Befreiung aller Sklaven im britischen Kolonialreich. In den inzwischen unabhängigen englischen Kolonien Nordamerikas, in denen die Sklaverei vor allem auf Baumwoll- und Tabakplantagen von herausragender wirtschaftlicher Bedeutung war, kam es ebenfalls zur Gründung erster abolitionistischer Vereinigungen, die sich speziell nach 1830 radikalisierten und ihren Wirkungsbereich ausdehnten. Formal erreichten die nordamerikanischen Abolitionisten ihre Ziele 1865 mit dem Inkrafttreten des 13. Verfassungszusatzes.

Zwischen 1776 und 1804 hatten alle Nordstaaten der USA die schrittweise Freilassung der Sklaven zumindest eingeleitet. Die de jure Abschaffung der Sklaverei zog zwischen 1789 und 1830 nach. So interpretierte das Oberste Gericht von Massachusetts schon 1783 die Gleichheitsklausel der Verfassung von Massachusetts als Sklavereiverbot, im Staat New York trat ein generelles Sklavereiverbot erst 1827 in Kraft (Adams, 2009). Die schwindende Hoffnung auf ein vergleich-

bar graduelles „Aussterben" der Sklaverei im Süden der USA führte unterdessen zu einer Polarisierung und Radikalisierung sowohl der Gegner als auch der Befürworter der Sklaverei (Raeithel, 1995).

In den 1830er Jahren fanden radikale Forderungen nach einer sofortigen Freilassung aller Sklaven in Großbritannien ebenso wie in den Nordstaaten Amerikas immer größere gesellschaftliche Resonanz (Finzsch et al., 1999; Drescher, 2009). Teile der 1823 gegründeten Society for the Mitigation and Gradual Abolition of Slavery Throughout the British Dominions setzten sich nunmehr für die universelle Abschaffung der Sklaverei ein und untermauerten diesen Anspruch 1839 mit der Neugründung der British and Foreign Anti-Slavery Society. Auf der von amerikanischen Abolitionisten initiierten und 1840 in London einberufenen World Antislavery Convention fand eine der ersten genuin transnationalen Bewegungen einen vorläufigen symbolischen Höhepunkt (Drescher, 2009).

Treiber und Innovationen

Treiber des öffentlichen Gesinnungswandels zur Ablehnung der Sklaverei waren vor allem ethische Erwägungen und ihre transnationale Verbreitung, speziell im Einflussbereich des British Empire und des Commonwealth. Betrieben wurde der zunächst rein zivilgesellschaftlich organisierte Abolitionismus als praktische Umsetzung christlich-humanitärer Forderungen, „wobei mit Erfolg außerparlamentarische Aktionen großen Umfangs als Mittel der Politik eingesetzt wurden" (Wende, 2001). Im zeitgenössischen England wurde die Frage der Abschaffung der Sklaverei vor allem als ein moralischer Imperativ und ihre erfolgreiche Umsetzung als besondere Zivilisationsleistung verstanden und auch als solche gefeiert (Drescher, 2009).

Der Erfolg der Abolitionisten repräsentierte zugleich einen partiellen Strukturwandel der englischen Politik, in dem eine kleine, aber einflussreiche Elite gebildeter und wohlhabender Männer mittels gezielter Informationskampagnen und geschickter Organisation wiederholt wegweisende Reformanstöße lieferte (Wende, 2008). In ihren Anfängen erhielten die englischen Abolitionisten zudem Rückenwind von höchstrichterlicher Seite: 1772 urteilte der Lord Chief Justice, dass das Recht Englands den Rechtsstatus des „Sklaven" nicht kenne. Der damit geschaffene Präzedenzfall wurde auf Jahrzehnte zu einem essenziellen Bezugspunkt des angelsächsischen Abolitionsimus (Adams, 2009; Drescher, 2009).

In den USA verliefen die gesellschaftlichen Initiativen zur Abschaffung der Sklaverei in den nördlichen Einzelstaaten mehr oder weniger synchron. Der amerikanische Abolitionismus war dem britischen auch deshalb vergleichbar, weil sich die Protagonisten auf beiden Seiten des Atlantiks in einem engen Austausch befanden. Auch in Nordamerika avancierten zunächst auf der Grundlage christlicher Ethik und emanzipatorischer Prinzipien argumentierende Eliten zu Wegbereitern eines organisierten und sich sukzessive radikalisierenden Abolitionismus.

In den Südstaaten der heutigen USA, in denen ein starkes politökonomisches Interesse am Erhalt der Sklaverei gegeben war, stieß die moralische Überzeugungskraft der Abolitionisten mit den in England und den Nordstaaten bewährten gesellschaftspolitischen Mitteln allerdings an ihre Grenzen. Zum Ende des 18. Jahrhunderts lebten etwa 90% der nordamerikanischen Sklaven in den Südstaaten. In Kombination mit neuen Methoden der Baumwollverarbeitung und der Ausdehnung von Großplantagen war Sklavenarbeit hier der bestimmende wirtschaftliche Faktor und die Angst vor wirtschaftlichem Verlust größer als moralische Bedenken (Raeithel, 1995; Adams, 2009).

Zentrale Akteure und Faktoren

Bei der Organisation des Abolitionismus als breitenwirksame Bewegung kam Quäkern, Methodisten und Baptisten eine Pionierrolle zu. Sie lehnten die Sklaverei aus ethisch-religiösen Gründen ab und verfügten im England des ausgehenden 18. Jahrhunderts sowie in den puritanischen Gründungskolonien der späteren USA über beträchtlichen politischen Einfluss. Zudem wurden ihre Anliegen durch Bekenntnisse zur kapitalistischen Marktwirtschaft flankiert, die den Wert freier Lohnarbeit und konkurrierender Individuen auf dem Arbeitsmarkt betonten (Adams, 2009).

Die Society for Effecting the Abolition of Slave Trade verstand es, die beruflichen Fähigkeiten ihrer Mitglieder in der Unternehmensführung, der Mobilisierung finanzieller Ressourcen und im Publikationswesen zu nutzen, um breite Bevölkerungsschichten anzusprechen, zu informieren und neben philanthropischen Eliten auch die englische Arbeiterklasse erfolgreich zu mobilisieren (Drescher, 2009). Presseberichterstattung und Pamphlete, soziale Netzwerke sowie speziell das Erwirken von Petitionen im Parlament waren zentrale Instrumente, mit denen sie Befürworter des Status quo in die Defensive drängten. Amerikanische Abolitionisten orientierten sich eng an diesen Beispielen und organisierten gezielt wechselseitige transatlantische Unterstützung (Drescher, 2009).

Im Zuge abolitionistischer Expansionsbestrebungen radikalisierte sich die amerikanische Bewegung in den 1830er und 1840er Jahren zusehends. An der Ostküste entwickelte sich insbesondere die 1831 vom Herausgeber der Zeitschrift The Liberator, William Lloyd Garrison, gegründete New England Anti-Slavery Society (ab 1833 American Anti-Slavery Society) zu einem maß-

geblichen Akteur. Bis 1836 stieg die Zahl vergleichbarer, dezidiert abolitionistischer Gesellschaften auf über 500 an (Raeithel, 1995). Durch engagierte Propaganda und charismatische öffentliche Redner vermochten sie ihr moralisch begründetes Anliegen ohne parlamentarische Mehrheiten im Kontext der insgesamt komplexeren verfassungsrechtlichen Konflikte zwischen Nord- und Südstaaten wirksam voranzutreiben (Raeithel, 1995; Finzsch et al., 1999).

Zeitgleich nährten die gewaltsame Reaktion der Sklavenhalter, die Verklärung von abolitionistischen „Märtyrern" und aufklärerische Schriften wie Garrisons „The Liberator" und insbesondere der 1852 erschienene populäre Roman „Uncle Tom's Cabin" (Beecher Stowe, 2001) einen öffentlichen Gesinnungswandel, der das Regime der Sklavereibefürworter zusehends unter Druck setzte (Raeithel, 1995; Finzsch et al., 1999; Adams, 2009). Die Wirkung auf politische Willensbildung und Prozesse, einschließlich der noch jungen amerikanischen Parteiendemokratie, wurde in den 1850er Jahren schließlich unübersehbar: Die Wahl des Republikaners Abraham Lincoln zum US-Präsidenten war nicht zuletzt deshalb möglich geworden, weil die Polarisierung der Sklaverei im Vorfeld der Präsidentschaftswahl zur Spaltung der bis dahin dominierenden Demokratischen Partei geführt hatte (Adams, 2009).

Wirkung und Barrieren

Bis weit ins 19. Jahrhundert war Sklaverei in vielen Gesellschaften fest in rechtlichen, institutionellen und ökonomischen Strukturen verwurzelt und zum Teil auch religiös sanktioniert. In traditionellen Sklavengesellschaften hingen gesellschaftlicher Status und die Erwirtschaftung von Wohlstand nahezu völlig von Sklavenbesitz und Sklavenarbeit ab. Entsprechend groß waren hier die Widerstände gegen abolitionistische Bestrebungen.

Die Zensur abolitionistischer Schriften, drakonische Repressionen gegen abolitionistische Umtriebe und die gewaltsame Niederschlagung der vereinzelten Sklavenaufstände trugen auch im Süden der USA dazu bei, das Regime der Sklavenhalter zu delegitimieren. Für sich genommen vermochten sie aber zunächst nicht, die Hegemonie der südstaatlichen Aristokraten ernsthaft zu destabilisieren. Die faktischen Machtverhältnisse auf den Plantagen und die dadurch bedingten Lebensumstände der Sklaven schlossen zudem einen systematischen Widerstand „von unten" effektiv aus (Raeithel, 1995; Finzsch et al., 1999; Adams, 2009).

Der gesellschaftliche Diskurs, der die Sklaverei vor diesem politökonomischen Hintergrund opportunistisch zu rechtfertigen suchte, speiste sich aus einer Gemengelage aus kulturhistorischen, religiösen, paternalistischen und dezidiert rassistischen Argumenten sowie speziell im Kontext der USA aus der schlussendlich verfassungsrechtlichen Frage, ob der Bund den Einzelstaaten das Verbot der Sklavenhaltung vorschreiben dürfe oder nicht (Adams, 2009). Die Abolition wurde dadurch zu einem bestimmenden Faktor des amerikanischen Sezessionskriegs, der die Abschaffung der Sklaverei über die Verknüpfung der Frage nach dem Recht auf Sklavenhaltung mit dem allgemeinen Verfassungskonflikt zwischen „Unionisten" und „Konföderierten" ultimativ gewaltsam erzwang: Das endgültige Verbot der Sklaverei im Geltungsbereich der US-Verfassung war eine bundespolitische Entscheidung, die nur auf Grundlage des Gewaltmonopols des Staates landesweit durchgesetzt werden konnte.

Das Beispiel veranschaulicht somit zugleich das transformative Potenzial einer ethisch-moralisch begründeten „Vision" und die Grenzen eines auf normativen Diskursen basierenden gesellschaftlichen Wandels gegenüber materiellen Interessen und Strukturen. Waren die Abolitionisten auch damit gescheitert, die Abschaffung der Sklaverei mit friedlichen Mitteln bundesweit durchzusetzen, so waren sie in einem transformativen Sinne doch dahingehend erfolgreich, dass sie „das Gewissen der Mehrheit schärften und möglicherweise die Opferbereitschaft im Krieg gegen die Südstaaten stärkten" (Adams, 2009).

3.5.2 Grüne Revolution (1960er Jahre): Typ „Krise"

Nach dem Transformationsverständnis des WBGU kann die Grüne Revolution dem Transformationstyp „Krise" zugeordnet werden. Gegenstand der Transformation war das in den 1950er Jahren in den meisten Entwicklungsländern dominierende „sozio-technische System" einer traditionellen Landwirtschaft mit niedrigen Erträgen, das durch wiederholte Hungersnöte insbesondere in Südasien unter Druck geriet. Die Grüne Revolution war ein auf Forschungserfolgen sowie technologischem Fortschritt beruhender und von westlichen Regierungen und kapitalkräftigen privaten Stiftungen seit Anfang der 1960er Jahre aktiv geförderter Transformationsprozess landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Durch massive Forschungsförderung wurden in Forschungsinstituten Experimentierfelder für neue Methoden der landwirtschaftlichen Produktions- und Produktivitätssteigerung sowie für neue Züchtungserfolge geschaffen, die sich schließlich als „Nischenregime" durch erste Feldversuche in Entwicklungsländern etablieren konnten und Vorbildcharakter entwickelten. Die Transformation war dabei besonders durch wissenschaftliche Akteure und einen hohen Grad politischer Steuerung gekennzeichnet.

Typisch für die neuen Produktionsverfahren der Grünen Revolution waren der komplementäre und zeitlich genau abgestimmte Einsatz neu entwickelter hochertragreicher Getreidesorten (High-Yielding Varieties), verbesserter Bewässerungsmethoden, synthetischen Stickstoffdüngers sowie von Pestiziden und Herbiziden (Komplementarität der Inputs). Damit einher ging die Mechanisierung der Landwirtschaft (Traktoren, Mäh- und Dreschmaschinen, Pumpbewässerung mit Dieselmotoren). Die Verbreitung dieser neuen Produktionstechniken wurde durch Beratung (Agricultural Extension Services), Subventionierung von Produktionsmitteln und Bereitstellung von Krediten bzw. Einrichtung von Landwirtschaftsbanken und zahlreichen Filialen intensiv gefördert.

Die „Rezepte" der Grünen Revolution zur Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge wurden in vielen Ländern Kernbestandteil der nationalen ländlichen Entwicklungsprogramme (Diffusion). Innerhalb weniger Jahre wurden weite Teile der Landwirtschaft in diesen Ländern revolutioniert (vom Nischenregime zum etablierten Regime). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Grüne Revolution vor den Konfliktlinien des Kalten Krieges entwickelte (Megatrends; Abb. 3.4-1): Aus Sicht der westlichen Industriestaaten galt es daher auch, einer politischen Vereinnahmung der von Nahrungsmittelknappheit und Hunger bedrohten Entwicklungsländer durch den konkurrierenden sozialistischen „Ostblock" entgegen zu wirken.

Geographische und historische Einordnung

In Asien (zunächst Indien, Philippinen) und Lateinamerika (zunächst Mexiko) hatte die Grüne Revolution eine erhebliche Steigerung der Flächenerträge bei Mais, Weizen und Reis bewirkt (Cleaver, 1972; Ruttan, 1977; Chapman, 2002). Mexiko musste beispielsweise 1946 noch die Hälfte seines Weizenbedarfs zukaufen und war infolge der Grünen Revolution schon 13 Jahre später unabhängig von Importen.

Indien wurde ab den 1960er Jahren zum Paradebeispiel für die Grüne Revolution. Das Land hatte in der Vergangenheit immer wieder unter großen Hungerkatastrophen zu leiden und stand 1961 wieder am Rand einer Nahrungskrise. Der Durchbruch kam ab 1961, als der damals in Mexiko forschende Norman Borlaug als Berater nach Indien eingeladen wurde. Die Ford Foundation und die indische Regierung förderten in den Folgejahren den Aufbau eines groß angelegten Programms zur Steigerung der Flächenerträge bei Weizen und Reis, vor allem im Punjab. Das Programm war in dieser Hinsicht sehr erfolgreich: Die Grüne Revolution konnte die Flächenerträge bei Getreide erheblich steigern, heute ist Indien sogar eines der wichtigsten Exportländer von Reis. Seit den 1980er Jahren ist die Grüne Revolution in Indien aber wegen der damit verbundenen sozialen und ökologischen Folgen zunehmend in die Kritik geraten, u.a. wegen der Versalzung der Böden durch unsachgemäße Bewässerung, von Kontamination aufgrund nicht fachgerecht eingesetzter Pflanzengifte sowie der Verstärkung sozialer und räumlicher Disparitäten (Oasa, 1987; Bohle, 1989; Shiva, 1989, 1991; Conway und Barbier, 1990; Evenson und Gollin, 2003).

Treiber und Innovationen

In den 1950er und frühen 1960er Jahren wurde den Regierungen vieler Entwicklungsländer zunehmend klar, dass der steigende Nahrungsmittelbedarf durch das Bevölkerungswachstum absehbar zu Hungerkatastrophen bzw. zu enormen und teuren Importabhängigkeiten bei Nahrungsmitteln führen würde. Drastische Steigerungen der Agrarproduktion schienen daher dringend geboten. Die chronische Nahrungsmittelknappheit kann somit als Ausgangspunkt und Treiber der Grünen Revolution beschrieben werden.

Konkret ermöglicht wurde die Grüne Revolution schließlich durch revolutionäre Züchtungserfolge bei Mais, Weizen und Reis. Unterstützt von der Rockefeller Foundation wurde das 1963 formal gegründete, aber faktisch bereits seit den 1940er Jahren bestehende International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) in Mexiko zum weltweit führenden Institut für die Entwicklung hochertragreicher Sorten von Mais und Weizen (Wright, 1984). Parallel dazu wurde die Entwicklung hochertragreicher Reissorten durch das 1960 gegründete International Rice Research Institut (IRRI) auf den Philippinen vorangetrieben. Das Institut wurde mit Hilfe der Ford Foundation und der Rockefeller Foundation errichtet (Cleaver, 1972). Der als geistiger Vater der Grünen Revolution geltende Norman Borlaug wurde für die bahnbrechende Bedeutung seiner Züchtungserfolge 1970 mit dem Friedensnobelpreis geehrt.

Zentrale Akteure und Faktoren

Zentrale Akteure waren private US-amerikanische Stiftungen, welche die Forschungsbemühungen finanzierten. Allerdings war die Forschungsförderung auch im Kontext des Kalten Krieges eine geopolitische Strategie zur Stabilisierung von Ländern, die aus Sicht des Westens im Fall ausufernder Hungerkrisen „anfällig" für sozialistische Regierungssysteme bzw. Importe aus dem sozialistischen Lager hätten werden können (Dowie, 2001). In Ländern wie Indien, Mexiko und den Philippinen wurde die technologische Lösung zudem als willkommene Alternative zur Agrarreformdebatte angesehen, die ihrerseits häufig mit sozialistischen Vorstellungen verknüpft wurde (Ross, 1998). Die Grüne Revolution hatte somit eine klare macht- und interes-

senpolitische Komponente, die half, den Transformationsprozess entscheidend voranzutreiben.

Der primär von Regierungen in Industrie- und Entwicklungsländern aktiv gesteuerte Transformationsprozess der Grünen Revolution wurde durch das Zusammenkommen mehrerer Faktoren, insbesondere einer gemeinsamen Zielsetzung und Strategie handlungsmächtiger Akteure, ermöglicht:

- Forschungsförderung im großen Stil durch Gründung internationaler Forschungszentren (Mexiko und den Philippinen) und so erreichte Durchbrüche in der Züchtungsforschung (Innovationen zum „richtigen Zeitpunkt"),
- Handlungsdruck auf Regierungen in Entwicklungsländern durch chronische Nahrungsmittelknappheit und die damit verbundenen Gefahren wiederholter Hungerkrisen und politischer Destabilisierung,
- machtpolitische Interessen der USA im Kontext des Kalten Krieges, die mit Forschung und Beratung, aber auch mit umfassendem Technologietransfer (u.a. Aufbau industrieller Kapazitäten für Dünger- und Saatgutproduktion, Pflanzenschutz und für den Bau landwirtschaftlicher Maschinen) und gleichzeitiger massiver finanzieller Förderung behilflich waren. Darüber hinaus waren große transnationale Stiftungen und andere Regierungen mit finanzieller Förderung behilflich,
- Auflegung großer Transformationsprogramme für den ländlichen Raum, bei denen auf unterschiedlichen Ebenen (international, national, regional, lokal) komplementäre Maßnahmen durchgeführt wurden: Forschung, Finanzierung, Infrastruktur, Bereitstellung von Betriebsmitteln und gezielte Wissensdiffusion durch Aufbau von Beratungsnetzwerken (sogenannten Agricultural Extension Services).

Wirkung und Barrieren

Das Modell der Grünen Revolution erwies sich als geographisch nicht universell übertragbar und konnte beispielsweise in Afrika nie Fuß fassen. Als Gründe werden die mangelnden institutionellen und infrastrukturellen Kapazitäten gesehen. Zudem beschränkten sich die Züchtungserfolge auf Nahrungspflanzen, die vor allem in Asien und Lateinamerika verbreitet sind und umfassten nicht afrikanische Grundnahrungsmittel wie Maniok oder Hirse.

Die Grüne Revolution hat zudem vielfach bereits bestehende sozioökonomische Disparitäten eher verstärkt als abgebaut. Große Agrarbetriebe haben eher profitiert als kleinbäuerliche Produzenten und verstärkten teilweise Landnutzungskonkurrenzen, etwa indem Bewässerung mit Hilfe von Dieselpumpen den Grundwasserspiegel so absinken ließ, dass benachbarte Betriebe ohne diese Technik unter Wassermangel zu leiden hatten.

Neue Anstrengungen zur landwirtschaftlichen Produktionssteigerung werden seit einigen Jahren von der Bill & Melinda Gates Foundation unternommen (Gates Foundation, 2010). Sie sind aber vor allem wegen der Bedeutung, die gentechnisch modifizierten Pflanzen beigemessen wird, umstritten.

3.5.3 Strukturanpassungsprogramme (1980er): Typ „Krise"

Die sogenannten Strukturanpassungsprogramme (SAP) wurden von der Weltbank und dem Internationalen Währungsfonds (IWF) ab Mitte der 1980er Jahre als Reaktion auf die Verschuldungskrise der Entwicklungsländer eingeführt, zunächst in Lateinamerika. Konkret gewährten die internationalen Finanzinstitutionen im Rahmen der SAP hochverschuldeten Entwicklungsländern neue Kredite, die konditional an spezifische makroökonomische Reformen geknüpft waren. Die derart eingeforderten Reformprogramme waren strikt an den wirtschaftsliberalen Prinzipien der Liberalisierung, Deregulierung und Privatisierung ausgerichtet und umfassten konkrete wirtschafts- und finanzpolitische Maßnahmen, wie die Privatisierung staatlicher Unternehmen, die Rationalisierung öffentlicher Verwaltung, die Beschränkung des inländischen Geldumlaufs und die Liberalisierung des Außenwirtschaftsverkehrs. Erklärtes Ziel dieser Maßnahmen war es, durch eine stärkere Einbindung der Entwicklungsländer in den Weltmarkt deren Volkswirtschaften schnellstmöglich wieder zu stabilisieren. Als Versuch einer krisenbedingten und von außen initiierten Transformation können die SAP dem Transformationstyp „Krise" zugeordnet werden.

Der Transformationsprozess ist besonders gekennzeichnet durch die zentrale Rolle der beiden großen internationalen Finanzinstitutionen Weltbank und IWF als Agenten der Gläubigerstaaten. Auf Grundlage ihrer Kreditmacht intervenierten sie mit detaillierten Vorschriften in nationale Wirtschafts- und Finanzpolitiken und versuchten so die grundlegende Neuausrichtung der Ökonomien verschuldeter Entwicklungsländer. Diese sollten weg vom gescheiterten Modell protektionistisch-binnenmarktorientierter Industrialisierungspolitik hin zu einem wirtschaftsliberalen Modell der Weltmarktintegration gesteuert werden. Die Auswirkungen der SAP blieben dabei nicht auf den ökonomischen Bereich beschränkt, sondern führten infolge der durch sie erzwungenen Sparmaßnahmen auch zu tiefgreifenden Veränderungen in der Sozialpolitik. In vielen Entwicklungsländern stieg als kurzfristige Folge

in den 1980er Jahren die Arbeitslosigkeit stark an und soziale Disparitäten verschärften sich insbesondere durch ein Schrumpfen der Mittelschicht (Nolte, 2000; Brock, 2003).

Im weltpolitischen Kontext sind die Strukturanpassungsprogramme sowohl Ausdruck des Nord-Süd-Konflikts als auch ein Ergebnis der für den Ost-West-Konflikt charakteristischen Systemkonkurrenz. Einerseits dienten sie der Festigung der weltwirtschaftlichen Dominanz der westlichen Industrieländer im Nord-Süd-Verhältnis, nachdem die Entwicklungsländer in den 1970er Jahren durch die Formierung der G77 und der OPEC ihren Forderungen nach einer neuen Weltwirtschaftsordnung ungekannten Nachdruck verleihen konnten. Andererseits waren die SAP instrumentell, um den Einflussbereich der westlichen Industrieländer auszudehnen bzw. zu konsolidieren: durch die Konditionalität der SAP-Kredite waren auch sozialistisch orientierte Regierungen in Entwicklungsländern gezwungen, ihre Volkswirtschaften wirtschaftsliberalen Präferenzen anzupassen.

Geographische und historische Einordnung

Mit den Strukturanpassungsprogrammen reagierten die führenden Industrienationen in den 1980er Jahren auf die sich zuspitzende Verschuldungskrise der Entwicklungsländer, wie sie sich gegen Ende der 1970er Jahre abzeichnete. Allein in diesem Jahrzehnt hatte sich die Auslandsverschuldung der Entwicklungsländer versechsfacht (Brock, 2003). Geographisch zielten die SAP zunächst auf die fünfzehn Hauptschuldnerländer der „Dritten Welt", die sich vor allem in Lateinamerika als dem Herd der Krise, aber auch in Afrika südlich der Sahara befanden (Siebold, 1995; Nolte, 2000). Schon bald wurden die SAP auch auf andere verschuldete Entwicklungsländer ausgeweitet, so dass zum Ende der 1980er Jahre rund vierzig Entwicklungsländer IWF- oder Weltbankkredite im Kontext von Strukturanpassungsmaßnahmen aufnahmen. Der regionale Schwerpunkt der SAP verlagerte sich dabei nach Afrika (Siebold, 1995).

Ursache der Verschuldungskrise war die von vielen Entwicklungsländern verfolgte Wirtschaftsstrategie einer protektionistischen binnenmarktorientierten oder importsubstituierenden Industrialisierung, die vor allem mittels ausländischer Kredite finanziert wurde. Diese waren in Folge der Ölkrise von 1973 und dem daraus folgenden Devisenreichtum der ölexportierenden Länder auf dem internationalen Markt schnell und zu günstigen Konditionen verfügbar. Als sich zu Beginn der 1980er Jahre internationale Kredite in Folge der Hochzinspolitik der USA schlagartig verteuerten, gerieten viele Entwicklungsländer gegenüber öffentlichen und privaten Gläubigern zunehmend in Zahlungsschwierigkeiten. Diese Situation verschärfte sich durch einen zeitgleichen Verfall der Rohstoffpreise, welcher für die rohstoffexportierenden Entwicklungsländer einen drastischen Rückgang der Deviseneinnahmen bedeutete.

Im August 1982 schließlich erklärte die mexikanische Regierung gegenüber dem Finanzministerium der USA als erste ihre Zahlungsunfähigkeit. Ihrem Beispiel folgten bald darauf Argentinien, Brasilien, Venezuela und die Philippinen (Brock, 2003). Weltbank und IWF wurden so zu den zentralen Akteuren des Schuldenmanagements der betroffenen Staaten. Bereits 1980 hatte die Weltbank das Instrument der Strukturanpassungskredite geschaffen, der IWF legte 1986 eine Strukturanpassungsfazilität und 1987 eine Erweiterte Strukturanpassungsfazilität auf. Makroökonomische Strukturanpassung entwickelte sich rasch zum entwicklungspolitischen Paradigma der 1980er Jahre: Bis 1994 wurden an insgesamt 74 Entwicklungsländer Strukturanpassungskredite vergeben, davon über die Hälfte nach Afrika (52 %) und gut ein Viertel nach Lateinamerika und in die Karibik (26 %; Siebold, 1995). Regionale Entwicklungsbanken und die Europäische Gemeinschaft folgten dem Beispiel der Bretton-Woods-Institutionen mit ähnlichen Kreditprogrammen.

Treiber und Innovationen

Intellektuelle Treiber der makroökonomischen Transformationsprozesse, die durch Strukturanpassungsprogramme in Entwicklungsländern initiiert wurden, waren die radikal marktorientierten Theorien der Chicagoer Schule der Wirtschaftswissenschaften. Sie wurden im Verlauf der 1960er und 1970er Jahre zum vorherrschenden wirtschaftswissenschaftlichen Paradigma, das zeitversetzt den Reaganismus und den Thatcherismus dominierte. Die aus der Verschuldungskrise resultierende Handlungsunfähigkeit vieler Entwicklungsländer bot schließlich die Gelegenheit, die theoretischen Lehren der Chicagoer Schule in die internationale Praxis zu transferieren.

Mit zunehmender Sättigung der Binnenmärkte war das Entwicklungsmodell der protektionistischen Industriepolitik vieler afrikanischer und lateinamerikanischer Entwicklungsländer geradezu zwangsläufig in eine endogene strukturelle Krise geraten (Messner, 1993). Durch die externen Schocks, die der Verfall der Rohstoffpreise und die schlagartige Verteuerung der Kredite auf dem internationalen Markt zu Beginn der 1980er Jahre bedeuteten, wurden bereits hochverschuldete Entwicklungsländer vollends überfordert. Ihre Zahlungsunfähigkeit führte zur Verweigerung neuer Kredite und somit in die Abwärtsspirale der Verschuldungskrise. Die auf radikale Marktreformen zielenden SAP wurden den überforderten Regierun-

gen schließlich von außen als Rezept zur Krisenbewältigung verschrieben. Der Versuch, dadurch die Wirtschaftssysteme einer keineswegs homogenen Gruppe von Ländern nach einem einheitlichen Modell von außen zu kurieren, kann rückblickend und unabhängig von der Bewertung der konkreten Ergebnisse durchaus als ambitioniertes politisches Experiment bewertet werden.

Zentrale Akteure und Faktoren

Die zentralen Akteure der Strukturanpassungspolitik der 1980er und 1990er Jahre waren – neben den betroffenen Entwicklungsländern selbst – die internationalen Finanzinstitutionen IWF und Weltbank. Als Agenten der internationalen Gläubigergemeinschaft wurden sie in den Entwicklungsländern zu „Präzeptoren der Politik" (Wolff, 2005).

Die westlichen Gläubigerstaaten reagierten auf die Bankrotterklärung Mexikos und weiterer Entwicklungsländer zunächst mit dem Versuch, in Einzelverhandlungen mit den jeweiligen Ländern Umschuldungsvereinbarungen vorzunehmen. Als sich jedoch immer deutlicher abzeichnete, dass es sich nicht um kurzfristige Liquiditätsengpässe einzelner Entwicklungsländer, sondern um eine strukturelle Krise ihrer Nationalökonomien handelte, wurde das internationale Krisenmanagement faktisch von Weltbank und IWF übernommen. Diese waren von ihren führenden Mitgliedstaaten mandatiert, mittels der SAP in hochverschuldeten Entwicklungsländern radikale Reformen im Sinne marktorientierter wirtschaftsliberaler Prinzipien durchzusetzen und agierten praktisch als „Konkursverwalter" der betroffenen Länder (Herr, 2001).

Dem US-Finanzministerium kam dabei aufgrund seiner hegemonialen Stellung in den Bretton-Woods-Institutionen eine Schlüsselrolle zu, die von den europäischen Verbündeten mitgetragen wurde und die in der retrospektiven Bezugnahme auf den „Washington Consensus" mitschwingt.

Wirkung und Barrieren

Die Strukturanpassungsprogramme standen von Beginn an wegen ihrer einseitigen Ausrichtung an makroökonomischen Kriterien und der Vernachlässigung negativer Auswirkungen für arme und sozial schwache Bevölkerungsgruppen in der Kritik: Während schnelle wirtschaftliche Erfolge weitgehend ausblieben, wurden in vielen Ländern schwerwiegende soziale Folgen unübersehbar. Die zumeist drastischen Kürzungen öffentlicher Ausgaben hatten vielerorts einen Anstieg der Arbeitslosigkeit sowie einen Zusammenbruch der öffentlichen Gesundheitsversorgung und des Bildungswesens zu Folge. Die Senkung der Reallöhne im Rahmen der Inflationsbekämpfung traf insbesondere Angestellte und Arbeiter, vergrößerte somit die Einkommensschere zwischen arm und reich und führte vielfach zu sozialen Unruhen.

Wachsende internationale Kritik am „Washington Consensus", seinen negativen sozialen Auswirkungen und dem von der Weltbank letztlich selbst eingeräumten Ausbleiben der gewünschten ökonomischen Effekte führten im Kontext der Wirtschaftskrisen in Asien und Argentinien in den 1990er Jahren zu einer Neuausrichtung der SAP. Unter dem Motto „Anpassung mit menschlichem Gesicht" sollten nun verstärkt die Bedürfnisse sozial schwacher Bevölkerungsschichten berücksichtigt werden (Siebold, 1995; Tetzlaff, 1996). Mit der Entstehung einer transnationalen Antiglobalisierungsbewegung in den 1990er Jahren und der „Jubilee 2000"-Entschuldungsinitiative fand der Protest gegen die Strukturanpassungspolitik auch in den Industrieländern zunehmenden öffentlichen Widerhall (Busby, 2010). 1999 wurden die Strukturanpassungsfazilitäten des IWF schließlich in die Poverty Reduction and Growth Facility (PRGF) umgewandelt, die Wirtschaftswachstum explizit in den Dienst der Armutsbekämpfung stellt und die Kreditnehmer stärker an der Erarbeitung der Vergabebedingungen beteiligt (Thiele und Wiebelt, 2000; Wolff, 2005).

Eine im engen makroökonomischen Sinne nachhaltige Transformation der Weltwirtschaft entsprechend der ursprünglichen SAP blieb somit aus. Dennoch kann nicht pauschal von ihrem Scheitern gesprochen werden. Speziell das Beispiel Lateinamerikas verdeutlicht, dass die konsequente Anwendung der SAP langfristig durchaus zur Schaffung stabilerer wirtschaftlicher Rahmenbedingungen beitrug und die Inflationsrate deutlich sowie dauerhaft senkte. Die entwicklungspolitisch erhofften positiven Effekte für Wirtschaftswachstum und Armutsreduzierung blieben jedoch trotz des mächtigen ökonomischen Hebels, den Weltbank und IWF ansetzen konnten, weitestgehend aus (Tetzlaff, 1996; Thiele und Wiebelt, 2000). Dies wurde um so deutlicher am Beispiel der asiatischen Tigerstaaten, die sich zwar an den Maßgaben makroökonomischer Stabilität orientierten, aber in Fragen der Liberalisierung und Deregulierung sowie dem Rückzug des Staates aus der Kapitalallokation sehr zurückhaltend agierten (Wolff, 2005).

Als zentrale Erkenntnis der Strukturanpassungspolitik der 1980er Jahre bleibt somit, dass politisch-institutionellen Rahmenbedingungen und weiche Faktoren wie Akzeptanz, Legitimität und Teilhabe eine sehr viel größere Bedeutung zukommt als von den Verfechtern radikaler Makroökonomie zunächst angenommen. Die Volkswirtschaften selbst der abhängigsten Entwicklungsländer konnten nicht mechanistisch von außen gesteuert werden, da Reformen auch unter existentiel-

lem Druck nur unvollständig und zeitverzögert umgesetzt wurden.

3.5.4 Schutz der Ozonschicht (ab 1985): Typ „Wissen“

Als umfassende Reaktion auf ein globales Umweltproblem wurde das internationale Regime zum Schutz der Ozonschicht zur bislang größten Erfolgsgeschichte internationaler Umweltpolitik. Mit der wirksamen Regulierung der Produktion und Verwendung bestimmter ozonschädigender Substanzen stellt die internationale Ozonpolitik eine auf wissenschaftlich begründeten Anfangsverdacht basierende Transformation dar. Sie konzentriert sich vor allem auf spezifische Industrien und entspricht dem Transformationstyp „Wissen“.

Geographische und historische Einordnung

Die beiden amerikanischen Naturwissenschaftler Sherwood Rowland und Mario Molina warnten 1974 vor einer Schädigung der stratosphärischen Ozonschicht durch Flurchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Das erst 1973 eingerichtete Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) berief darauf hin eine Konferenz aus Wissenschaftlern und Staatenvertretern ein, die im März 1977 einen „Weltaktionsplan für die Ozonschicht“ verabschiedete, wonach das Ozonproblem weiter erforscht werden sollte.

Durch das von UNEP getragene „Coordinating Committee on the Ozone Layer“ wurde fortan unter Einbeziehung staatlicher und nichtstaatlicher Akteure der wissenschaftliche Austausch über die Auswirkungen unterschiedlicher chemischer Substanzen auf die Stratosphäre intensiviert. Erst die Entdeckung des sogenannten „Ozonlochs“ durch den British Antarctic Survey 1985 führte jedoch zu einer breiten gesellschaftlichen Diskussion über die Risiken erhöhter UV-Einstrahlung. Der Handlungsdruck auf die hauptverantwortlichen Industriestaaten wuchs beträchtlich. Mit der zügigen Etablierung eines völkerrechtlichen Rahmens durch das Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht von 1985 und das darauf aufbauende Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen (1987), konnte die Produktion und Verwendung ozonschädigender Substanzen bis heute weltweit nahezu vollständig eingestellt werden (Andersen und Sarma, 2002; Parson, 2003). Während des gesamten Verhandlungszeitraumes gab es keine belastbaren wissenschaftlichen Beweise für einen kausalen Zusammenhang zwischen der Verwendung von FCKW und dem Entstehen des Ozonlochs. Es gab lediglich Forschung, die einen Zusammenhang plausibel scheinen ließ sowie Computersimulationen über die Effekte einer fehlenden Ozonschicht. Die Weltgemeinschaft hat – erstmals global und erfolgreich – nach dem Vorsorgeprinzip gehandelt; der wissenschaftliche Nachweis für die Kausalität wurde später erbracht (Benedick, 1999).

Das unter der Ägide des UNEP erarbeitete Montrealer Protokoll wurde am 16. September 1987 unterzeichnet und trat am 1. Januar 1989 in Kraft. Es wurde zunächst nur von 11 Staaten ratifiziert, die jedoch zwei Drittel des für 1986 geschätzten weltweiten Verbrauchs der betroffenen Substanzen repräsentierten. Heute gilt das Protokoll für 196 Parteien, einschließlich der Europäischen Union. Wegen seiner umfassenden Reichweite und der hohen Wirksamkeit (mittlerweile nahezu vollständige Verbannung ozonschädigender Substanzen) gilt das multilaterale Regime zum Schutz der Ozonschicht gemeinhin als größte Erfolgsgeschichte multilateraler Umweltpolitik.

Treiber und Innovationen

Auslöser und Treiber der internationalen Politik zum Schutz der Ozonschicht waren Wissenschaftler und Wissensvermittler wie das UNEP. Daneben sind institutionelle Innovationen in der Ausgestaltung des Regimes bemerkenswert, die seine dynamische Weiterentwicklung in Reaktion auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse ermöglichten und die zudem eine umfassende Einbindung der Entwicklungsländer gewährleisteten.

Das 1988 in Kraft getretene Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht enthält in erster Linie institutionelle und organisatorische Regeln für die Aushandlung konkreter Politikmaßnahmen. Inhaltlich beschränkt sich die Konvention generalklauselartig auf das Ziel geeigneter Schutzmaßnahmen sowie die allgemeine Verpflichtung zur internationalen Zusammenarbeit.

Konkreter wurde erst das im Anschluss ausgehandelte und 1989 in Kraft getretene Montrealer Protokoll. Es sieht neben konkreten Reduktionszielen für die Produktion und den Verbrauch ozonschädigender Substanzen Handelsbeschränkungen in Form eines Einfuhrverbotes der reglementierten Substanzen aus Nichtvertragsstaaten und eines Ausfuhrverbotes in solche Staaten vor. Zudem war es von vornherein als dynamisches Instrument angelegt und wurde auf den Vertragsstaatenkonferenzen in London (1990), Kopenhagen (1992), Montreal (1997) und Peking (1999) mit spezifischen Zusatzprotokollen fortentwickelt.

Indem die Vertragsstaaten die Liste der als „Ozonzerstörer“ identifizierten Substanzen ausweiteten und deren Produktion und Verbrauch sukzessive regulierten, trugen sie in bis dahin ungekannter Weise dem Vorsorgeprinzip Rechnung. Dies wurde nicht zuletzt

durch ein Novum in der völkerrechtlichen Vertragspraxis ermöglicht: Wo kein Konsens über derartige Änderungen möglich ist, genügt im Rahmen des Montrealer Protokolls eine Zwei-Drittel-Mehrheit der anwesenden und abstimmenden Vertragsparteien, sofern diese jeweils die Mehrheit der Entwicklungsländer und der Industrieländer repräsentierten. Derart gefasste Beschlüsse sind ohne die üblicherweise erforderliche Ratifizierung durch die einzelnen Vertragsstaaten für alle Vertragsparteien unmittelbar und unabhängig von ihrem eigenen Abstimmungsverhalten völkerrechtlich bindend.

Hinsichtlich der Einbeziehung der Entwicklungsländer, die gemäß dem Verursacherprinzip die Verantwortung für die Ausdünnung der Ozonschicht zurecht bei den Industrieländern sahen, bewährten sich begründete Ausnahmeregelungen für Produktion und Verbrauch schwer ersetzbarer ozonschädigender Substanzen sowie die langfristige Finanzierung des notwendigen Technologietransfers.

Zentrale Akteure und Faktoren

Für den Transformationserfolg der globalen Ozonpolitik, den vergleichsweise zügigen Aufbau problemlösungstauglicher Institutionen und die konsequente Umsetzung der politischen Vorgaben zeichnen vor allem drei Akteursgruppen verantwortlich: wissenschaftliche Experten, engagierte internationale Bürokraten und machtvolle Industriestaaten, die eine Führungsrolle in internationalen Verhandlungen übernahmen. Wissenschaftlichen Einrichtungen, der Weltorganisation für Meteorologie und der NASA kam nicht nur durch ihre Forschungsleistung, sondern auch durch ihre aktive Rolle bei der Schaffung eines Problembewusstseins in der Öffentlichkeit und gegenüber politischen Entscheidungsträgern maßgebliche Bedeutung zu (Haas, 1992; Parson, 2003).

Daneben waren die internationalen Beamten des UNEP und speziell dessen Exekutivdirektor Mostafa Tolba (1973–1992) sowie der erste Generalsekretär des Montrealer Protokolls Madhava Sarma (1987–2000) zentral für die Priorisierung des Ozonthemas in der internationalen Umweltpolitik und den dynamischen Fortgang der internationalen Verhandlungen (Downie, 1995).

Von staatlicher Seite spielten sowohl in den internationalen Verhandlungen als auch bei der nationalen Umsetzung nach anfänglichem Zögern die USA und Großbritannien eine entscheidende Rolle, indem sie starke Führung demonstrierten und die übrigen Industriestaaten auf einen verantwortungsvollen ozonpolitischen Kurs brachten (Benedick, 1999; Grundmann, 1999). Ein nicht zu unterschätzender Faktor bestand zudem in der Verfügbarkeit technischer Ersatzstoffe für FCKW und der damit verknüpften wirtschaftlichen Interessen ihrer Hersteller (Andersen und Sarma, 2002; Parson, 2003).

Wirkung und Barrieren

Inwieweit die unter der Wiener Konvention und dem Montrealer Protokoll vereinbarten Maßnahmen zur Rettung der stratosphärischen Ozonschicht ausreichen, wird sich aufgrund der Komplexität und der Trägheit der Atmosphärenphysik und -chemie erst in Zukunft erweisen. Der Wirkungsgrad hinsichtlich ihrer Umsetzung und der damit verbundenen weltweiten Transformation des Umgangs mit bestimmten Chemikalien ist jedoch radikal. Da diese spezifische Transformation jedoch nur einen kleinen und hoch spezialisierten Industriezweig erfasst, zuvorderst die Hersteller von Aerosolen und Kühlmitteln, bleibt die Aussagekraft begrenzt.

Politische Hemmnisse für die reibungslose Umsetzung und weitere Fortentwicklung des Montrealer Protokolls ergeben sich vor allem aus Kontroversen über die Ausnahmereglungen für Produktion und Verbrauch schwer ersetzbarer ozonschädigender Substanzen, die typischerweise entlang klassischer Nord-Süd-Konfliktlinien verlaufen, sowie durch neue Erkenntnisse und damit potenziell verbundene Zielkonflikte zwischen dem Schutz der Ozonschicht und der Treibhausgasbilanz unterschiedlicher Chemikalienverbindungen.

3.5.5 IT-Revolution und World Wide Web (1990er Jahre): Typ „Technik“

Das Internet ist die globale Vernetzung einer Vielzahl lokaler Rechnernetzwerke. Es bildet so die Infrastruktur für verschiedene Kommunikationsdienste wie Hypertext, das World Wide Web und Electronic Mail. Ihnen allen ist die Bereitstellung, Verwaltung und Übertragung von Daten in bislang ungekannter Geschwindigkeit eigen. Die Entwicklung des Internet ist eine fundamentale Transformation der Informations- und Telekommunikationstechnik (IT), die mitunter als digitale Revolution bezeichnet wird. In deren Folge wurde das bis dahin dominierende, auf analogen Technologien basierende Kommunikationsregime binnen weniger Jahrzehnte weitgehend durch digitale Technologien und den sich daraus ergebenden Kommunikations- und Handlungsmöglichkeiten ersetzt. Dabei gilt das Internet als Schlüsseltechnologie, die weite Bereiche des täglichen Lebens verändert (general purpose technology), also eine Technologie, die in einer Vielzahl von Sektoren einer Volkswirtschaft Anwendung findet und dort durch Produktivitätssteigerungen zum Wirtschaftswachstum beiträgt (Kap. 3). Dies ermöglicht

zugleich die schnelle Verbreitung der Basistechnologie über den Nischenstatus hinaus. Die Internet-basierte IT-Revolution stellt somit eine Transformation des Typs „Technik" dar.

Die IT-Revolution ist zugleich Beispiel für eine Transformation, bei der öffentliche Forschung die grundlegenden technologischen Entwicklungen durchführte. Die weitere Verbreitung der Technologie und damit einhergehende inkrementelle Verbesserungen wurden „von unten" durch unterschiedliche Akteure, vor allem aus der Forschung und dem Privatsektor, vorangetrieben, dabei teilweise auch durch die Politik begleitet.

Ein besonderes Merkmal der IT-Revolution ist, dass sie sich unter jüngeren Generationen besonders stark verbreitete und möglicherweise auch dadurch ein besonders hohes Beschleunigungs- und Durchdringungspotenzial entwickeln konnte.

Geographische und historische Einordnung

Ursprünglich als Nischenkommunikationsinstrument für militärische und wissenschaftliche Zwecke entwickelt, nutzt inzwischen fast ein Drittel der Weltbevölkerung das Internet. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Zahl von Internetnutzern rapide angestiegen. Im Jahr 2009 wurden weltweit mehr als 1,7 Mrd. Internetnutzer gezählt (Internet World Stats, 2010). Das Internet wurde durch die steigende Verbreitung auch zunehmend für die kommerzielle Nutzung interessant und die Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien hat in den vergangenen Jahren fast alle Bereiche der Weltwirtschaft maßgeblich beeinflusst. Inzwischen geht man davon aus, dass die weltweite Verbreitung des Internets auch die Globalisierung vorangetrieben hat.

Dabei profitieren noch nicht alle Menschen vom Nutzen der IT-Revolution. Zwar sind selbst arme Entwicklungsländer inzwischen global vernetzt, der Zugang zum Internet bleibt aber häufig urbanen Eliten vorbehalten. Die Mehrheit der Menschen in armen Entwicklungsländern ist noch nicht Teil des World Wide Web (digital divide; Wittmann, 2006).

Möglicherweise hat das Ende des Kalten Krieges der ursprünglich im militärischen Kontext entwickelten Internet-Technologie den Verbreitungsmöglichkeiten im zivilen Bereich entscheidend Vorschub geleistet. Als gesichert gilt, dass die beschleunigte Globalisierung seit dem ausgehenden 20. Jahrhundert und die Verfügbarkeit neuer Informations- und Kommunikationstechnologien direkt miteinander zusammenhängen. Ökonomische Globalisierungsprozesse erforderten und beschleunigten einerseits die Verbreitung von Technologien zur Kommunikation über große Distanzen; andererseits erfuhr die Globalisierungsdynamik durch die Etablierung derartiger Technologien selbst auch einen weiteren Schub.

Treiber und Innovationen

Die notwendigen Schlüsseltechnologien in Form der dezentralen Vernetzung von Universitäten und Forschungseinrichtungen für den Aufbau des Internets wurden zunächst in einer staatlichen Nische, und zwar im Rahmen militärischer bzw. wissenschaftlicher Forschungsprojekte, entwickelt. Das Internet ging aus dem in den 1960er Jahren entwickelten sogenannten ARPANET hervor, einem Projekt der Advanced Research Project Agency (ARPA) des US-Verteidigungsministeriums (Abbate, 1999). Die Entwicklung des auf einem Hypertext-System basierenden World Wide Web, an dem maßgeblich die Europäische Organisation für Kernforschung (CERN) beteiligt war, ermöglichte seit Anfang der 1990er auch die Nutzung durch „Laien".

Die technologischen und sozialen Voraussetzungen für den Aufbau des Internets und die Nutzung des World Wide Web wurden insbesondere durch die Erfindung des Mikrochips und dessen stetige Leistungssteigerungen, die Automatisierung von Arbeitsprozessen, die Etablierung des Computers als alltäglichem Gebrauchsgegenstand sowie den Aufbau lokaler Kommunikations- und Computernetzwerke geschaffen.

Die eigentliche Dynamik und globale Dimension bekam die Entwicklung aber mit der zunehmenden kommerziellen Nutzung, zunächst vor allem unter jüngeren Menschen. Der Bereich des „E-Commerce" sowie der Internet- oder Onlinehandel verzeichneten in den vergangenen Jahren starke Wachstumsraten, und Internetdienstleister wie der Marktführer unter den Internetsuchmaschinen Google Inc. zählen mittlerweile zu den wertvollsten Marken der Welt (Milward Brown Optimor, 2009). Die zahlreichen öffentlichen und privaten Investitionen in die notwendige Infrastruktur wie Glasfaserkabel und Server wurden u.a. aufgrund der großen Nachfrage getätigt. Private wie kommerzielle Nutzer versprachen sich von der neuen Technologie Internet einen Mehrwert gegenüber etablierten Technologien.

Mit der Entwicklung und Verbreitung von Breitband-Internetzugängen, welche große Datenmengen transferieren können, werden neben etablierten digitalen Kommunikationstechniken wie E-Mail, Online-Diskussionsforen oder Chats zunehmend auch Telefondienste und Radio- oder Fernsehnutzung über das Internet geleistet. Zusammen mit verschiedenen Softwareinnovationen ermöglicht dies die vermehrte Nutzung interaktiver Anwendungen, die in der vergangenen Dekade rasch Verbreitung fanden und unter dem Schlagwort „Web 2.0" subsumiert werden. Dies stellt traditionelle Medien (Fernsehen, Radio und Printmedien) vor erhebliche Herausforderungen, die durch den

Trend zu mobilen Endgeräten noch verstärkt werden.

Wirkung und Barrieren

Technische Neuerungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien haben in den vergangenen Jahrzehnten zu radikalen Veränderungen in zahlreichen Arbeits- und Lebensbereichen aller modernen Gesellschaften geführt. Sie belegen eindrücklich, dass in einem globalen Maßstab ein tiefgreifender sozioökonomischer Wandel in einer relativ kurzen Zeitspanne möglich ist. Obgleich global noch immer ein sogenannter Digital Divide zwischen frühindustrialisierten OECD-Staaten und zahlreichen Entwicklungs- und Schwellenländern zu beobachten ist, sind verschiedene IT-Technologien (speziell die Mobiltelefonnutzung) beeindruckende Beispiele für das Überspringen technologischer Entwicklungsstufen (Mehra et al., 2004; Wittmann, 2006).

Neben der wirtschaftlichen Bedeutung der IT-Technologien und speziell der kommerziellen Verbreitung mobiler Endgeräte sind auch deren potenzielle Bedeutung als Partizipations- und Mobilisierungsinstrumente in politischen Prozessen nicht zu unterschätzen (Perlmutter, 2008). Beispiele hierfür sind die Wahlen und anschließenden Demonstrationen im Iran 2009 oder die aktuellen Demokratiebewegungen in den arabischen Ländern. Die systematische Nutzung von „Twitter" durch den US-Präsidentschaftskandidaten Barack Obama im Wahlkampf 2008 galt als wichtiger Faktor bei der Mobilisierung junger Wählerinnen und Wähler, während etwa autoritäre Regime sich mit erheblichen Schwierigkeiten konfrontiert sehen, die Verbreitung und Nutzung neuer Medien zu kontrollieren. Den Bürgerinnen und Bürgern eröffnen sich dadurch alternative Möglichkeiten der Information, Partizipation, Organisation und Interessenvertretung (Yang, 2009).

Barrieren der Verbreitung des Internets sind zum einen entwicklungsbedingt. Insbesondere in Afrika ist die Verbreitung noch sehr gering, wobei die Zugangsmöglichkeiten im ländlichen Raum noch deutlich geringer sind als in den Städten. Eine Barriere ist zum anderen auch die Verhinderung freier Kommunikation aus politischen Gründen, wie etwa in China.

3.5.6 Europäische Integration (seit den 1950er Jahren): Typ „Vision"

Die europäische Integration, deren konkreter Erfolg sich in der Europäischen Union manifestiert, wurde und wird maßgeblich von der Vision eines friedlichen und wirtschaftlich sowie politisch stabilen Europas angetrieben. Sie stellt eine umfassende Transformation dar, die dem Typ „Vision" entspricht.

Grundlage der politischen Bemühungen um ein geeinigtes Europa waren die katastrophalen Erfahrungen von zwei Weltkriegen, der Aufstieg und Fall faschistischer Regime in mehreren europäischen Staaten, die Integration und „Zähmung" Deutschlands sowie die sich durch den Aufstieg der beiden Supermächte USA und Sowjetunion abzeichnende bipolare Weltordnung. Die europäische Integration und speziell der schrittweise Auf- und Ausbau genuin europäischer Institutionen war von Anfang an ein stark „von oben" gesteuerter Prozess, in dem sich etablierte nationalstaatliche Regierungen zunächst zur Gründung der Europäischen Gemeinschaften zusammenfanden.

Dabei gab die Vision eines friedlich geeinten und prosperierenden Europas die Richtung der Transformation vor, ohne dass die konkrete Ausprägung supranationaler europäischer Institutionen von vorneherein absehbar gewesen wäre (Haas, 1958; Pollack, 2003). Seither hat sich auf dem europäischen Kontinent in kaum mehr als fünfzig Jahren ein politisches, wirtschaftliches und rechtliches Projekt durchgesetzt, das inzwischen 27 Nationalstaaten einschließt.

Geographische und historische Einordnung

Zunächst agierten die Regierungen weniger Gründerstaaten – Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande – als Pioniere der Integration. Auf Grundlage des Schuman-Plans vereinbarten sie, ihre Kohle- und Stahlindustrie einer gemeinsamen Verwaltung zu unterstellen und nicht länger zu Kriegszwecken gegeneinander einzusetzen. Inspiriert vom Erfolg der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) weiteten die sechs Mitgliedstaaten ihre Zusammenarbeit auf weitere Wirtschaftsbereiche aus. Im Vertrag von Rom begründen sie 1957 die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG), welche die Freizügigkeit von Personen, Waren und Dienstleistungen zum Ziel hat. 1973 traten zunächst Dänemark, Irland und das Vereinigte Königreich der Gemeinschaft bei, weitere Staaten schlossen sich sukzessive an: 1981 (Griechenland), 1986 (Portugal, Spanien), 1995 (Finnland, Österreich, Schweden), 2004 (Estland, Lettland, Litauen, Malta, Polen, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik, Ungarn, Zypern) und 2007 (Bulgarien, Rumänien).

Dass der Transformationsprozess der europäischen Integration keineswegs abgeschlossen ist, zeigt sich im Anpassungsbedarf und auch in der Anpassungsfähigkeit der EU gegenüber neuen wirtschaftlichen, politischen und sozialen Herausforderungen, der schrittweisen Erweiterung der Kompetenzen ihrer Organe sowie der Erweiterung um neue Mitgliedstaaten (Weiler, 1991; Beach, 2005; Chalmers et al., 2006).

Treiber und Innovationen

Das zielstrebige und entschlossene Handeln der politischen Eliten war maßgeblich durch den nachhaltigen Schock zweier Weltkriege geprägt. Im Zuge des Ost-West-Systemkonflikts verstärkte sich der Wille zur europäischen Einigung zudem durch den Wunsch nach einem politischen und wirtschaftlichen Gegengewicht zum von der Sowjetunion dominierten sozialistischen Ostblock. Nach 1990 gewann die Positionierung Europas in einer globalisierten Welt rasch an Bedeutung, was sich etwa in der Formulierung einer gemeinsamen Außen- und Sicherheitspolitik, der Einführung des Euro als gemeinsamer europäischer Währung und nicht zuletzt der geographischen Ausdehnung des Staatenbundes ausdrückt.

Es war die Absicht der Integrationspioniere, den im EGKS-Vertrag vorgesehenen Integrationsprozess schrittweise auf wirtschaftlichem Gebiet voranzutreiben. Der Entwicklung der heutigen Europäischen Union lag somit ein evolutionäres Modell einer inkrementellen Integration ohne geschlossenes Gesamtkonzept zugrunde. Mit der Schaffung eines gemeinsamen Marktes, einer gemeinsamen Währung und vor allem der Übertragung begrenzter Hoheitsrechte seitens der Mitgliedstaaten an supranationale europäische Organe entstand eine dem existierenden Völkerrecht unbekannte und weltweit einzigartige Institution. Mit dem Inkrafttreten des Vertrags von Lissabon wurde das Integrationsprojekt am 1. Dezember 2009 auch formal zur EU.

Zentrale Akteure und Faktoren

Maßgebliche Akteure des europäischen Integrationsprozesses waren seit jeher die Regierungen der Mitgliedstaaten. Exemplarisch hierfür stehen der damalige französische Außenminister Robert Schuman und der nach ihm benannte Schuman-Plan. Er lieferte die Grundlage für die EGKS.

Mit zunehmender politischer Integration wurden aber auch die europäischen Institutionen selbst zu Faktoren fortgesetzter Integration (Beach, 2005). So entwickelte sich etwa der Europäische Gerichtshof (EuGH) durch seine integrationsfreundliche Auslegung des Gemeinschaftsrechts, das als eigenständige Rechtsordnung Anwendungsvorrang vor nationalem Recht genießt, sowie wegen der vertraglich vorgesehenen Rechtsschutzmöglichkeiten zu einem wegweisenden Akteur, der die Durchsetzung des Gemeinschaftsrechts in den Mitgliedstaaten sicherstellt (Alter, 2001). Auch die Europäische Kommission entwickelte sich durch regen Gebrauch ihres Initiativrechts in europäischen Gesetzgebungsverfahren zu einem „Motor der Integration“.

Wirkung und Barrieren

Im Bedeutungszuwachs der europäischen Institutionen zeigt sich die Delegation nationalstaatlicher Souveränität als wesentlicher Wirkungsfaktor der Transformation. Die Mitgliedstaaten der EU haben schrittweise ihre traditionellen Hoheitsrechte für verschiedene Bereiche an eine übergeordnete, supranationale Institution abgegeben, deren Autorität sie sich freiwillig unterwerfen (Pollack, 2006). Es ist in diesem Kontext auch ein besonderes Kennzeichen dieser spezifischen Transformation, dass die vertraglichen Grundlagen nicht nur das Verhältnis zwischen der EU und ihren Mitgliedstaaten, sondern auch der EU gegenüber den einzelnen Bürgerinnen und Bürgern regelt.

Als Hemmnisse der europäischen Integration können das Scheitern zahlreicher Vorhaben zur Vergemeinschaftung einzelner Politikfelder, die Schwerfälligkeit des europäischen Institutionengefüges und seine komplexen Entscheidungs- und Abstimmungsverfahren innerhalb und zwischen den europäischen Organen sowie die immer größere Zahl ihrer Mitgliedstaaten identifiziert werden.

Diese Hemmnisse konnten die Transformationsgeschwindigkeit zum Teil erheblich verlangsamen, die Transformation an sich aber nicht aufhalten. Die zunehmende wirtschaftliche Verflechtung der Mitgliedstaaten und die mit einem funktionierenden gemeinsamen Markt verknüpften Interessen befördern die europäische Integration. Dies zeigte sich zunächst in der Sozialpolitik, da der Binnenmarkt auch das Vorhandensein gleicher sozialer Standards erforderte. Nach und nach erfasste die europäische Integration auch Politikfelder, die nach völker- und verfassungsrechtlichem Verständnis jeweils ureigene Bereiche staatlichen Handelns sind. Dies betrifft speziell die Überführung der Außen- und Sicherheitspolitik in Gemeinschaftsrecht sowie die polizeiliche und justizielle Zusammenarbeit in Strafsachen.

3.6 Folgerungen aus der Analyse historischer Transformationen

Bei der Analyse historischer Transformationen mittlerer Reichweite konnten vier unterschiedliche Treiber identifiziert und als Typen herausgearbeitet werden. Beim Typ „Vision“ stand der visionäre Blick auf eine bessere und gerechtere bzw. friedlichere Zukunft (veränderte Wertvorstellungen) im Vordergrund. Beim Typ „Krise“ waren die Transformationsprozesse wesentlich durch Krisenerfahrungen (Hunger- und Entwicklungskrise) motiviert. Beim Typ „Wissen“ wurde der Transformationsprozess vor allem durch wissensbasierte Überle-

gungen (Vorsorgeprinzip) und Forschungsergebnisse angetrieben. Beim Typ „Technik" ist das zentrale Element die massenhafte Verbreitung einer strukturverändernden technischen Innovation. Mit Blick auf die zu bewältigende Große Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft lassen sich aus der historischen Analyse folgende sechs Schlussfolgerungen ziehen:

1. Die hier untersuchten historischen Transformationsprozesse lassen sich als kollektive Akte vorausschauender Pioniere des Wandels beschreiben, deren Ausgang prinzipiell nicht durch das Handeln eines Einzelnen oder kleiner Gruppen bestimmt werden kann, obwohl diese oft die „ersten Steine ins Rollen bringen". Dabei spielt die Fähigkeit der Pioniere des Wandels, erfolgreich mit Politik bzw. der breiten Öffentlichkeit zu kommunizieren, eine entscheidende Rolle. Um die Aktivitäten dieser Pioniere herum überlagern und verdichten sich ökonomische, kulturelle, soziale, aber auch ökologische Prozesse unterschiedlicher Zeitebenen zu transformativen Dynamiken. Ein Beispiel hierfür ist die Entstehung der EU, die in den 1950er Jahren zunächst von sechs Ländern als Europäische Gemeinschaften gegründet wurde, um durch eine gezielte wirtschaftliche Verflechtung die Friedenssicherung zu fördern (Kohle und Stahl) und durch einen größeren Markt das Wirtschaftswachstum zu beschleunigen. Mit dem Vertrag von Maastricht gründeten die EG-Mitgliedstaaten 1992 die Europäische Union. Die EU erhielt Zuständigkeiten über Wirtschaftsfragen hinaus. Nach und nach erhöhte sich die Zahl der Mitgliedstaaten auf heute 27 (2011). Zuletzt wurden im Vertrag von Lissabon die supranationalen Kompetenzen der EU ausgebaut. Innerhalb der EU bilden derzeit 17 Staaten die Europäische Wirtschafts- und Währungsunion. Sie haben eine gemeinsame Währung, den Euro, eingeführt und damit ihre geldpolitische Kompetenz auf die Europäische Zentralbank übertragen.
2. Für die meisten der hier analysierten Transformationen gilt, dass sie ohne Akzeptanz und Unterstützung gesellschaftlicher Akteure nicht möglich gewesen wären. Das ist beispielsweise eine wesentliche Ursache für die wenig erfolgreichen Strukturanpassungsprogramme in Lateinamerika, wo diese als von außen „übergestülpt" wahrgenommen wurden. Für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft bedeutet dies, dass darauf geachtet werden muss, alle Staaten und ihre Bürger mitzunehmen.
3. Der Staat spielt bei der Gestaltung des Prozesses eine entscheidende Rolle. Beim Schutz der Ozonschicht, die „von oben" organisiert war, waren es die Warnungen der Wissenschaft, die den entscheidenden Impuls gaben. Es war eine wissensbasierte und dabei am Vorsorgeprinzip orientierte Transformation. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist dem gleichen Typ zuzuordnen: Auch hier geht es darum, „aus der Zukunft zu lernen" und nach dem Vorsorgeprinzip zu handeln. Denn aufgrund der Modellierung zukünftiger Auswirkungen des Klimawandels steht ein „Labor der Zukunft" für gesellschaftliche Entscheidungen zur Verfügung. Vor allem aber bedarf die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft – und das ist der entscheidende Unterschied – Maßnahmen in einer völlig neuen Größenordnung und Eingriffstiefe. Hierfür ist ein gestaltender Staat erforderlich, da die gesamte ökonomische Ordnungspolitik sowie die Anreizsysteme für Investitionen und Innovationen von einer auf fossilen Energieträgern basierenden Wirtschaft in Richtung einer klimaverträglichen Ökonomie umgebaut werden müssen. Auch Krisenerfahrungen motivieren staatliches Handeln (EU-Integration, Strukturanpassung und Grüne Revolution). Das Beispiel Strukturanpassung zeigt, wie schwierig es ist, trotz einer Krise und massiver finanzieller Unterstützung sowie des Drohpotenzials der Bretton-Woods–Organisationen einen Transformationsprozess „von außen" anzustoßen. In Bezug auf die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist dieser Erfahrungshintergrund wichtig, weil viele Entwicklungs- und Schwellenländer die internationalen Verhandlungen zum Klimaschutz und den Diskurs zur klimaverträglichen Modernisierung primär als einen von außen „aufoktroyierten" Mechanismus verstehen, der ihr „Recht auf Entwicklung" unterminiert. Die globale Transformation zur Klimaverträglichkeit wird daher ohne eine vertrauensbildende internationale Zusammenarbeit nicht zu erreichen sein. Transformationen sind meist offene Prozesse, bei denen das Ergebnis kollektiver Steuerung, trotz eines beschreibbaren Ziels, nicht sicher und nicht genau absehbar ist. Transformationen sind nicht direkt steuerbar, vielmehr kommt es darauf an, dem Transformationsprozess durch entsprechende Rahmensetzung eine Entfaltungsmöglichkeit in eine bestimmte Richtung zu eröffnen. Wie eine transformative Welt am Ende dieses Möglichkeitskorridors genau aussehen wird, kann nicht vorherbestimmt werden. Es kommt heute vor allem darauf an, Impulse für die richtige Weichenstellung zu setzen.
4. Transformationsprozesse laufen mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit ab. Während die EU-Integration sich beispielsweise nunmehr über mehr als sechzig Jahre erstreckt und dabei nach

und nach institutionell verankert wurde, etablierte sich das World Wide Web in vergleichsweise rasender Geschwindigkeit. Unabhängig davon dauert es in der Regel eine Dekade, bis sich die notwendigen Basisstrukturen einer Transformation so verfestigt haben, dass eine langfristige Dynamik entsteht. Die Etablierung der notwendigen Basisstrukturen setzt aber strategisches politisches Handeln voraus. Es liegt auch nahe anzunehmen, dass die Eingriffstiefe in bestehende manifeste Strukturen ein entscheidender Faktor für die Geschwindigkeit ist. Während im Falle der EU bestehende Strukturen eher sukzessive weiterentwickelt werden, hat sich die IT-Revolution unabhängig von bestehenden institutionellen Strukturen ohne große Widerstände entfalten können. Für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft lässt sich der Schluss ziehen, dass die Veränderung von „in Beton gegossenen" Strukturen der Energieerzeugung und -nutzung eine Eingriffstiefe erfordern, die sehr zeitaufwändig ist.

5. Die hier vorgestellten historischen Transformationsprozesse mittlerer Reichweite werden nur verständlich, wenn die jeweiligen zeithistorischen Einbettungen (Megatrends; Abb. 3.4-1) und deren Dynamik mit berücksichtigt werden (z.B. Kalter Krieg, Globalisierung, Nachkriegszeit). Der Historiker Osterhammel beschreibt transformative Prozesse als „Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen", die kontinuierlich oder diskontinuierlich, additiv oder kumulativ, reversibel oder irreversibel, mit stetigem oder wechselndem Tempo verlaufen können (Osterhammel, 2009). Übertragen auf die hier analysierten sechs Fälle lassen sich solche Dynamiken gut beobachten. Beispielsweise waren die IT-Revolution, die Abschaffung der Sklaverei und die europäische Integration kontinuierliche, kumulative Prozesse, die aus heutiger Sicht irreversibel erscheinen. Typisch für die meisten der hier analysierten Prozesse ist zudem, dass sie durch eine Vielzahl von Akteursgruppen (mit durchaus unterschiedlichen Intentionen) beeinflusst und auf mehreren Handlungsebenen (lokal, regional, global) gleichzeitig stattfanden. Ein Beispiel hierfür ist die Grüne Revolution, die von westlichen Regierungen und kapitalkräftigen privaten Stiftungen seit Anfang der 1960er Jahre aktiv gefördert wurde. Einzelne Staaten führten landesweit Programme zur Verbreitung der Grünen Revolution durch, unterstützt durch internationale Geber. Die Verbreitung der neuen Produktionstechniken wurde strategisch durch Beratung, Subventionierung von Produktionsmitteln und Bereitstellung von Krediten bzw. Einrichtung von Landwirtschaftsbanken und zahlreicher Filialen auf allen Ebenen intensiv gefördert. Pioniere des Wandels nahmen auf allen Ebenen Schlüsselfunktionen ein.
6. Die erforderliche Dynamik für eine globale Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, das lässt sich aus den historischen Analysen lernen, kann nur durch eine Kombination von Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen erzeugt werden. Dieser Transformationsprozess
   - muss ein wissensbasierter und auf einer gemeinsamen Vision beruhender Prozess sein, der vom Vorsorgeprinzip geleitet wird (Kap. 1, 2, 8),
   - muss sich stark auf Pioniere des Wandels stützen, die die erforderliche gesellschaftliche Akzeptanz erzeugen helfen und deren Aktivitäten sich zu transformativen Dynamiken verdichten (Kap. 2, 6),
   - muss durch einen gestaltenden Staat beschleunigt werden, der entsprechende Freiräume schafft und aktiv fördert sowie die Rahmenbedingungen der fossilen Wirtschaft (high carbon economy) überwindet und eine klimaverträgliche Ordnung entwickelt (Kap. 5),
   - setzt zudem die Kooperation der internationalen Staatengemeinschaft sowie den Aufbau förderlicher Global-Governance-Strukturen als unerlässliche Impulsgeber für die intendierte Transformationsdynamik voraus (Kap. 5, 7).

Technische und wirtschaftliche Machbarkeit

4

Nur etwa die Hälfte der Menschheit hat von der Industrialisierung profitiert, die in den vergangenen 200 Jahren große wissenschaftliche, technische und wirtschaftliche Fortschritte ermöglicht hat. Voraussetzung dieser Fortschritte war die Erschließung neuer Energiequellen und Diversifizierung der Endnutzung sowie die Substitution tierischer und menschlicher Muskelkraft durch mechanische Energie (Landes, 1969). In den vergangenen beiden Jahrhunderten wurden dazu, sowie zur Licht- und Wärmeerzeugung, überwiegend fossile Energieträger verwendet. Dadurch wurden insgesamt mehr als 1.300 Gt CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt sowie Ökosystemgrenzen erreicht (Rockström et al., 2009a).

Neben dem Energiesektor, der derzeit rund zwei Drittel der Emissionen langlebiger Treibhausgase verursacht, trägt die Landnutzung über CO_2-Emissionen aus der nach wie vor stattfindenden Entwaldung sowie Emissionen von Methan (CH_4) und dem wesentlich langlebigeren Lachgas (N_2O) aus der Landwirtschaft etwa ein Viertel zu den globalen Treibhausgasemissionen bei. Die landnutzungsbedingten Emissionen treten räumlich weit verteilt auf, fluktuieren stark und sind eng mit naturräumlichen Stoffkreisläufen (z. B. Bodenbiologie) verbunden. Verbesserungen der Landnutzungspraktiken wie z. B. ein Stopp der Entwaldung, eine Reduktion der Überdüngung von Ackerflächen oder besser gesteuerte Bewässerungsmethoden würden deutliche Reduktionen dieser Emissionen ermöglichen. Die institutionelle Komplexität in den betreffenden Sektoren, die große Zahl an Akteuren sowie die weltweit noch rasch steigende Nachfrage nach Agrarprodukten erweisen sich dabei allerdings als erschwerende Begleitumstände (Kap. 4.3.4.1).

Grundsätzliche Änderungen der technologischen Entwicklungspfade aller Länder sind notwendig, um der bisher ausgeschlossenen Bevölkerungshälfte elementare Entwicklungsziele wie Zugang zu Nahrungsmitteln, sauberem Wasser, Gesundheitsversorgung oder Armutsbekämpfung zu ermöglichen, ohne dabei die planetarischen Leitplanken zu verletzen. Der WBGU ist überzeugt, dass diese Ziele vereinbar sind, wenn mit politischem Willen und Entschlossenheit gehandelt wird. Zentrale Elemente einer Transformation zu einer nachhaltigen und klimaverträglichen Gesellschaft sind die umfassende Dekarbonisierung des Energiesystems sowie erhebliche Verbesserungen der Energieeffizienz, insbesondere im Endnutzungsbereich.

Eine grundlegende Transformation der gegenwärtigen Energie- und Landnutzungssysteme geschieht keineswegs von selbst. Der WBGU hält jedoch die entschlossene Realisierung eines klimaverträglichen Entwicklungspfads für möglich. Diese ist mit großem Begleitnutzen verbunden, der bereits für sich allein genommen die erforderlichen Anstrengungen für die skizzierte Transformation rechtfertigt. Dazu gehören u. a. die Ermöglichung wirtschaftlicher Entwicklung durch universellen Zugang zu sicheren und modernen Energieträgern, Verbesserungen der langfristigen Versorgungssicherheit und eine Entschärfung internationaler Konflikte um Energieressourcen, positive Beschäftigungseffekte in strukturschwachen Räumen und die Reduktion zahlreicher negativer Umweltwirkungen der bestehenden Systeme (Kap. 4.1). Zum Aufbau der für die Transformation erforderlichen Technologie und Infrastruktur werden hohe Investitionen sowie die Entwicklung neuer Finanzierungskonzepte und Geschäftsmodelle für Energiedienstleistungen notwendig sein. In einer langfristigen Perspektive werden diese Anfangsinvestitionen jedoch mehr als kompensiert, u. a. durch reduzierte Brennstoffkosten, geringere Sicherheitsausgaben, weniger Umweltschäden sowie vermiedene Anpassungs- und Folgekosten des Klimawandels (Kap. 4.5).

4.1 Ressourcen, Energiepotenziale und Emissionen

Der WBGU beginnt seine Analyse zur Machbarkeit der Transformation mit einer Übersicht von Elementen, die für ein transformiertes, klimaverträgliches Energie-, Wirtschafts- und Landnutzungssystem von besonderer Bedeutung sind. Neben den Potenzialen und

Kasten 4.1-1

Reserven, Ressourcen, Potenziale

Bei der Betrachtung fossiler Energieträger wird in der Regel nach Reserven und Ressourcen unterschieden. *Reserven* sind bekannte Vorkommen, die mit großer Genauigkeit erfasst und heute aus technologischer und ökonomischer Sicht jederzeit abbaubar sind. *Ressourcen* beinhalten über die Reserven hinaus auch nachgewiesene oder mit gewisser Unsicherheit als vorhanden eingeschätzte Vorkommen, die mit heutiger Technologie und unter den heutigen ökonomischen Verhältnissen noch nicht förderbar sind, jedoch als zukünftig förderbar gelten. Darüber hinaus wird häufig zwischen konventionellen und unkonventionellen Reserven unterschieden: Letztere bezeichnen Funde, deren Förderung technisch aufwändig ist und erst zukünftig potenziell rentabel werden könnte. Reserven, Ressourcen und andere geschätzte oder vermutete Vorkommen beschreiben jeweils eine begrenzte Gesamtmenge an gespeicherter Energie, sind also nur für nicht erneuerbare Energieträger sinnvoll definierbar.

Bei erneuerbaren Energien ist nicht ihre Gesamtmenge, dafür aber die potenzielle Verfügbarkeit in einem bestimmten Zeitintervall, ihr *Potenzial*, begrenzt. Das *theoretische Potenzial* bezeichnet dabei die physikalische Obergrenze der aus einer bestimmten Quelle zur Verfügung stehenden Energie – im Fall der Sonnenenergie also die gesamte auf die betrachtete Fläche einfallende solare Strahlung. Nur ein Teil dieses Energieflusses lässt sich allerdings technisch nutzbar machen. Dies wird beim *technischen Potenzial* berücksichtigt, das darüber hinaus Einschränkungen bezüglich der für die Energiegewinnung realistischerweise zur Verfügung stehenden Flächen enthält. Die bei der Flächenauswahl zugrunde gelegten Kriterien werden in der Literatur nicht einheitlich gehandhabt, zum Teil werden weitere technische, strukturelle und ökologische Restriktionen sowie gesetzliche Vorgaben berücksichtigt. Die Höhe des technischen Potenzials der verschiedenen Energiequellen ist demnach kein scharf definierter Wert, sondern von zahlreichen Randbedingungen und Annahmen abhängig.

Als *wirtschaftliches Potenzial* wird der unter den ökonomischen Rahmenbedingungen (zu einem bestimmten Zeitpunkt) wirtschaftlich nutzbare Anteil des technischen Potenzials bezeichnet.

Für den WBGU besonders relevant ist das *nachhaltig nutzbare Potenzial*. Dieses berücksichtigt alle Dimensionen der Nachhaltigkeit. Hierzu müssen verschiedene ökologische und sozioökonomische Aspekte gegeneinander abgewogen und bewertet werden. Die Abgrenzung des nachhaltig nutzbaren Potenzials ist unscharf, da einzelne Aspekte je nach Autor anders bewertet werden.

Ressourcen der verschiedenen Energieträger werden technologische und andere Optionen der Emissionsvermeidung sowie Möglichkeiten der Schaffung von CO_2-Senken betrachtet.

4.1.1 Energieträger

Die Transformation zu einer nachhaltigen und klimaverträglichen Gesellschaft erfordert eine tief greifende Umstrukturierung des globalen Energiesystems. Der folgende Überblick der zur Verfügung stehenden Energiequellen und -träger zeigt, dass eine vollständige Dekarbonisierung des Energiesystems durchaus möglich ist. Es ist aber nicht zu erwarten, dass eine solche Transformation allein durch Ressourcenknappheit vorangetrieben werden könnte. Die noch immer in großen Mengen vorhandenen fossilen Energieträger könnten sich im Gegenteil als Hemmnis der Transformation erweisen, weil sie in Abwesenheit eines weltweit gültigen Kohlenstoffpreises nominell oft kostengünstig erscheinen und ihre Lagerstätten geographisch weit verbreitet sind. Langfristige Nutzungsdauern bestehender Infrastrukturen (z.B. von Kohlekraftwerken, Transportinfrastruktur, Gebäudebestand), Verhaltensnormen sowie etablierte sozioökonomische Interessengruppen sorgen für Trägheit gegenüber raschen Veränderungen. Neben der Ressourcenausstattung und den technischen und nachhaltigen Potenzialen (Kasten 4.1-1) werden in den folgenden Abschnitten weitere Eigenschaften der verschiedenen Energieträger diskutiert, die für die Transformation von Bedeutung sind. Die dabei verwendete Methode zur Beschreibung der Primärenergienachfrage wird in Kasten 4.1-2 erläutert.

4.1.2 Fossile Energieträger

4.1.2.1 Emissionen und Eigenschaften

Kohle ist von den fossilen Energieträgern der treibhausgasintensivste. Ein Steinkohlekraftwerk emittiert etwa 750–1.100 g CO_2eq pro kWh_e (kWh_e = kWh erzeugter Strom), bei Braunkohle werden 850–1.200 g CO_2 pro kWh_e genannt (Wagner et al., 2007). Bezogen auf den Energiegehalt (unterer Heizwert) liegen die CO_2-Emissionen bei 94,6 g CO_2 pro MJ für Steinkohle, sowie bei 101 g CO_2 pro MJ für Braunkohle (IPCC, 2006).

Kohlevorkommen sind geographisch weit verbreitet und, sofern es keinen CO_2-Preis gibt, oft der kostengünstigste Energieträger. Im Fall von Preisanstiegen bei Öl und Gas nimmt der relative Kostenvorteil von Kohle weiter zu. Kohle wird daher von vielen Nationalstaaten mit dem Argument der strategischen Versorgungssicherheit bevorzugt und oft auch durch Subventionen

Kasten 4.1-2

Definitionen: Primärenergieäquivalente in der Energiestatistik

Als Primärenergie wird die natürlich vorkommende Energieform bezeichnet, bevor sie unter Verlusten in nutzbare Energie, z.B. in Strom, umgewandelt wurde. Bei fossilen Energieträgern sowie Biomasse (die derzeit zusammen mehr als 90% der globalen Energiebereitstellung ausmachen), ist der Primärenergiegehalt durch deren Verbrennung und kalorimetrische Verfahren direkt messbar. In der technischen Literatur werden normalerweise Heizwerte (untere Brennwerte) verwendet. Bei vielen erneuerbaren Energieträgern (wie Wind oder Photovoltaik, bei denen direkt Strom erzeugt wird) sowie bei Kernenergie oder Geothermie ist dagegen nicht eindeutig definiert, welches Stadium der Umwandlung und welche Energieform als Primärenergie gezählt werden soll. Verschiedene Institutionen verwenden unterschiedliche Berechnungsmethoden, was die unmittelbare Vergleichbarkeit von Statistiken einschränkt (Macknick, 2009). Drei alternative Berechnungsmethoden werden gemeinhin verwendet: die *Wirkungsgradmethode* (Methode des physischen Energiegehalts), die *Substitutionsmethode* sowie die *Methode direkter Energieäquivalente*.

1. Die *Wirkungsgradmethode* wird z.B. von der OECD, der Internationalen Energieagentur (IEA) und Eurostat verwendet. Sie basiert auf der Argumentation, dass als Primärenergie die erste Energieform beschrieben werden sollte, für die unterschiedliche technische Verwendungen möglich sind. Für eine Kilowattstunde Strom aus einem Kohlekraftwerk wird daher z.B. mehr als die doppelte Menge an Primärenergie in Form von Kohle gezählt, da die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme potenziell auch anderweitig (z.B. in Heizungsanlagen) genutzt werden könnte. Im Fall von Strom aus Wasserkraft, Windenergie, Wellen- und Tidenenergie oder Photovoltaik wird hingegen der Energiegehalt der erzeugten Elektrizität als Primärenergieäquivalent gezählt. Im Fall von Kernenergie sowie geothermischer oder solarthermischer Stromerzeugung wird wiederum die Wärme als primäre Energieform gezählt.
2. Die *Substitutionsmethode* wird in verschiedenen Varianten von der US Energy Information Administration (EIA) und von BP verwendet. Sie basiert auf der Konvention für alle Formen von Sekundärenergie (z.B. Strom oder Wärme) die alternativ notwendige Menge fossiler Energieträger abzubilden, die nötig wäre, um die gleiche Menge Sekundärenergie in konventionellen Kraftwerken zu erzeugen. Die dabei hypothetisch verwendeten Wirkungsgrade können entweder statisch festgelegt sein (z.B. einheitlich 38%), sie können nationale Unterschiede der Technologie abbilden (und Unterschiede in der installierten fossilen Kraftwerkausstattung abbilden) oder bei Projektionen auch dynamisch in der Zeit gestaltet sein (z.B. Konvergenz im technischen Standard bzw. Lernfortschritte annehmen).
3. Die *Methode direkter Energieäquivalente* wird von der statistischen Kommission der Vereinten Nationen (UN, 2008a), in zahlreichen IPCC-Berichten, dem Global Energy Assessment (GEA, 2011) sowie oft in der Forschungsliteratur zu langfristigen Energieszenarien verwendet. Sie beruht auf der Konvention, alle Elektrizität, die anders als durch Verbrennungsprozesse erzeugt wurde, einheitlich direkt als Primärenergie abzubilden. Sie ist also eine vereinheitlichte Variante der Wirkungsgradmethode. Diese Wahl der Darstellung ist vor allem in Szenarien sinnvoll, die eine fundamentale Umstrukturierung des Energiesystems beschreiben und in denen nicht fossile Energiequellen eine große Bedeutung bekommen (Nakicenovic et al., 2000). Wesentliche Vorteile sind, dass alle Energiequellen, die nicht auf Verbrennungsprozessen beruhen, in vergleichbarer Weise dargestellt werden. In der Wirkungsgradmethode wird z.B. eine Einheit Strom, die geothermisch oder durch konzentrierte solare Wärme hergestellt wird, im Vergleich zu Photovoltaik bis zu 5-fach überhöht abgebildet (je nach thermischer Effizienz), in der Methode direkter Energieäquivalente hingegen mit dem gleichen Wert: Primärenergie und Sekundärenergie sind in diesen Fällen gleich groß.

Tabelle 4.1-1 zeigt ein Beispiel für die Unterschiede, die sich für verschiedene Energieträger durch die drei beschriebenen Methoden ergeben. In Szenarien, bei denen erneuerbare Energien eine große Bedeutung erhalten, erhöht sich die dargestellte Menge an Primärenergie im Zeitverlauf am deutlichsten bei Verwendung der Substitutionsmethode und am wenigsten bei Verwendung der Methode direkter Energieäquivalente.

Soweit nicht anders gekennzeichnet, wurde in diesem Gutachten die Darstellungsmethode *direkter Energieäquivalente* gewählt und Abbildungen der Primärenergieäquivalente entsprechend harmonisiert.

Tabelle 4.1-1
Globaler Primärenergieverbrauch 2008 nach drei verschiedenen Berechnungsmethoden. Gezeigt sind jeweils die absoluten Beiträge der einzelnen Energieträger sowie ihre prozentualen Anteile an der globalen Primärenergieversorgung.
Quelle: WBGU, auf Grundlage der Daten von IEA, 2010a

	Wirkungsgradmethode		Substitutionsmethode		Direkte Energieäquivalente	
	Primärenergienachfrage absolut [EJ]	Anteil an globaler Nachfrage [%]	Primärenergienachfrage absolut [EJ]	Anteil an globaler Nachfrage [%]	Primärenergienachfrage absolut [EJ]	Anteil an globaler Nachfrage [%]
Fossile Energie	418	81	418	79	418	85
Kernenergie	30	6	26	5	10	2
Erneuerbare	66	13	84	16	64	13
Gesamt	514	100	528	100	492	100

gefördert. Deutschland wie auch die USA erzeugen gegenwärtig etwa 48% der Elektrizität aus Kohle. In Indien liegt der Anteil bei 68%, und in China sogar bei 81%. Das Treibhausgaspotenzial aller Kohlereserven und -ressourcen allein übersteigt die aus Klimaschutzgründen noch maximal zu emittierende Menge an CO_2 von ca. 750 Gt aus fossilen Quellen (Kasten 1.1-1) etwa um den Faktor 58.

Erdöl hat, bezogen auf die gespeicherte Energiemenge, einen geringeren Kohlenstoffgehalt als Kohle, seine Nutzung verursacht daher auch geringere spezifische CO_2-Emissionen (etwa 657–866 g CO_2 pro kWh_e für schwerölbasierte Stromversorgung; WEC, 2004). Bezogen auf den Energiegehalt (unterer Heizwert) liegen die CO_2-Emissionen bei 73,3 g CO_2 pro MJ für Rohöl (IPCC, 2006). Öl ist der wichtigste Energieträger für den Mobilitätssektor. Seine Substitution durch emissionsfreie Alternativen gehört zu den schwierigsten Elementen einer umfassenden Transformation.

Methan (Erdgas) verursacht, bezogen auf den Energiegehalt, die geringsten CO_2-Emissionen der fossilen Energieträger. Ein mit Erdgas betriebenes Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) emittiert etwa 425 g CO_2eq pro kWh erzeugtem Strom (WBGU, 2009a), die Bandbreite liegt bei 400-550 g CO_2 pro kWh_e (Wagner et al., 2007). CO_2-Emissionen nach Energiegehalt (unterer Heizwert) liegen bei 56,1 g CO_2 pro MJ für Erdgas (IPCC, 2006). Gaskraftwerke sind energieeffizienter als Kohlekraftwerke und haben geringere Investitionskosten. Darüber hinaus sind sie schnell regelbar und daher kompatibel mit hohen Anteilen von fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen wie Wind- und Solarenergie. Sie erzeugen wenig Luftverschmutzung und können daher auch in Ballungsräumen eingesetzt werden, was die Möglichkeit der Nutzung mit Kraft-Wärme-Kopplung eröffnet. Methan eignet sich auch hervorragend für den Betrieb kleiner dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Form von Blockheizkraftwerken.

Methan ist in der langfristigen Evolution des globalen Energiesystems als Schritt zur Dekarbonisierung des Energiesystems anzusehen (Nakicenovic, 1996; Grübler und Nakicenovic, 1996; Jepma und Nakicenovic, 2006). Systeme zur Speicherung und Verteilung von Methan können potenziell angepasst werden um auch Mischgase mit höheren Anteilen von Wasserstoff (einem treibhausgasfreien Energieträger) aufzunehmen. Darüber hinaus können z.B. auch konventionelle Verbrennungsmotoren mit Methan betrieben werden und so den technologischen Umstieg auf emissionsarme und von Öl unabhängige Transportsysteme erleichtern.

4.1.2.2 Potenziale

Tabelle 4.1-2 zeigt Schätzungen der Vorkommen und den heutigen Verbrauch fossiler Energieträger. Ein Rückgang des globalen Verbrauchs fossiler Energieträgern aus Gründen der Ressourcenknappheit allein ist demnach nicht zwingend, auch wenn es, wie etwa in den vergangenen Jahren, zu deutlichen Preisfluktuationen und zu regionalen oder strukturellen Versorgungsengpässen kommen kann.

Allein die gegenwärtig bekannten Kohleressourcen und -reserven übertreffen die derzeit jährlich geförderte Menge möglicherweise um den Faktor 3.000. Vom Ressourcenpotenzial her könnte also die Nachfrage auf dem gegenwärtigen Niveau viele hundert Jahre gedeckt werden. Kohle ist darüber hinaus global relativ gleichmäßig verteilt, auf jedem Kontinent befinden sich bedeutende Vorkommen. Bei den konventionellen Öl- und Gasressourcen und -reserven liegt der Versorgungshorizont (reserve to production ratio) mit Werten von 40–50 Jahren zwar deutlich niedriger als bei Kohle, aber wenn Teile der Ressourcen oder der derzeit noch als „unkonventionell" klassifizierten Vorkommen berücksichtigt werden, übersteigen die Ressourcenpotenziale die gegenwärtige Nutzungsrate auch hier um weit über hundert Jahre. Die Förderung fossiler Energie und besonders unkonventioneller Vorkommen aus Ölsand und Ölschiefer ist allerdings häufig mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden.

Im Bereich der Erdgasförderung wurden in den vergangenen Jahren neue Verfahren zur Marktreife gebracht, die es erlauben, vormals als „unkonventionell" beurteilte Gasvorkommen kostengünstig zu erschließen. Mit diesen Verfahren kann Gas aus kleinen und kompakten Vorkommen mit geringem Porenvolumen sowie aus flachen Kohleflözen gefördert werden, die global wesentlich häufiger und gleichmäßiger verteilt vorkommen als traditionelle Gasfelder. Die Förderung von tight gas und Schiefergasen ist allerdings potenziell mit seismischen Aktivitäten sowie mit Belastungen von Gewässern und Grundwasserkörpern verbunden, etwa durch Bohrschlämme, Spülmittel oder die Anwendung hydraulischer Methoden zur Erhöhung der Permeabilität des Reservoirgesteins (hydraulic fracturing). Ebenso wie Bohrungen in bisher noch kaum erschlossenen Tiefen erfordert sie daher besondere Regulierungen. Da bereits ein globales Verteilungsnetz für Flüssiggas mit Tankschiffen und Verladeterminals existiert ist zu erwarten, dass sich ein effektiver, durch Konkurrenz in der Preisbildung gekennzeichneter Gasmarkt entwickelt und sich Öl- und Gaspreise entkoppeln. Der steigende Anteil von Flüssiggas (derzeit etwa 10% des gesamten Gasverbrauchs) erhöht die strategische Versorgungssicherheit erheblich und verringert

Tabelle 4.1-2
Globale Energievorkommen fossiler und nuklearer Quellen. Erhebliche Unsicherheit besteht in der Abschätzung von Reserven und Ressourcen. *Bitte beachten: Die Tabelle wurde korrigiert und unterscheidet sich von der gedruckten Fassung.*
Quelle: Die hier präsentierten repräsentativen Zahlen sind Schätzungen des WBGU basierend auf GEA, 2011

	Historische Produktion bis 2008	Produktion im Jahr 2008	Reserven	Ressourcen	Weitere Vorkommen
	[EJ]	[EJ]	[EJ]	[EJ]	[EJ]
Konventionelles Öl	6.500	170	6.350	4.967	
Unkonventionelles Öl	500	23	3.800	34.000	47.000
Konventionelles Gas	3.400	118	6.000	8.041	
Unkonventionelles Gas	160	12	42.500	56.500	490.000
Kohle	7.100	150	21.000	440.000	
Gesamt: fossile Quellen	17.660	473	79.650	543.507	537.000
Konventionelles Uran	1.300	26	2.400	7.400	
Unkonventionelles Uran				4.100	2.600.000

die Gefahr von Lieferunterbrechungen, wie sie etwa bei internationalen Pipelinenetzen besteht.

Weitere Gasvorkommen finden sich in Gashydraten, einer festen, schneeartigen Aggregationsform von Methan, die unter hohem Druck und niedrigen Temperaturen stabil ist und in der Tiefsee sowie unterirdisch im Permafrost vorkommt. Die Möglichkeit fortgesetzter Treibhausgasemissionen aus Methanhydraten als Folge der Erwärmung der arktischen Permafrostböden oder des relativ flachen sibirischen Kontinentalschelfs wird als ein möglicher nichtlinearer, disruptiver Erdsystemprozess diskutiert. Gleichzeitig wird auch die Nutzung dieses Energieträgers untersucht. Viele Staaten, darunter die USA, Japan, Indien, China und Südkorea, haben Forschungsprogramme dazu aufgelegt. Schätzungen für globale Vorkommen variieren stark, liegen jedoch im Zettajoulebereich, z.B. 70.000–700.000 EJ (Krey et al., 2009). Das Global Energy Assessment beschreibt als theoretisches Potenzial 2.650–2.450.000 EJ (GEA, 2011), also möglicherweise mehr als das Tausendfache des gegenwärtigen jährlichen Gesamtenergieverbrauchs. Dort wird etwa ein Zehntel (1.200–245.600 EJ) als potenziell technisch förderbar eingestuft. In seinem Meeresgutachten hat der WBGU von einer anwendungsbezogenen Forschung zum Abbau von Methanhydraten abgeraten, da der Abbau erhebliche Risiken birgt und Methanhydrate keine nachhaltige Energiequelle darstellen (WBGU, 2006).

4.1.2.3 Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung

Fossile Energieträger verursachen über ihren gesamten Lebenszyklus, von der Ressourcenextraktion bis zur Entsorgung, unterschiedlichste Umweltbelastungen. Sie schädigen oft die Gesundheit der Bevölkerung, natürliche Ökosysteme, land- und forstwirtschaftliche Flächen und Erträge sowie Gebäude, Kulturgüter und technische Infrastruktur. Das Volumen an Material, das im Rahmen des fossilen Energiesystems bewegt wird, ist gigantisch: Anfang des 20. Jahrhunderts wurden jährlich bereits 970 Mio. t fossiler Energieträger gefördert. Dieses Volumen stieg bis 2005 auf jährlich rund 11,8 Mrd. t an (Krausmann et al., 2009), wobei sich diese Mengen nur auf die direkte Ressourcenentnahme beziehen und die Abraumhalden, das mobilisierte Deckgestein oder die ausgelaugten Ölsande nicht einmal berücksichtigen.

Supertanker und Kohlefrachter bewegen gemeinsam mehr als die Hälfte des gesamten Seefrachtvolumens (UNCTAD, 2009). Damit verbundene Unfälle, bei denen Öl freigesetzt wird, haben z.T. erhebliche Umweltfolgen, ebenso chronische Leckagen bei der Ölförderung, dem Transport in Pipelines und der Verarbeitung.

Da zunächst die größten und leicht zugänglichen fossilen Ressourcendepots erschlossen wurden ist es inzwischen zunehmend erforderlich, in größeren Tiefen, offshore sowie in abgelegenen, teilweise eisbedeckten Gebieten nach Energieressourcen zu suchen. Auch werden zunehmend kleinere Vorkommen gefördert. Der dazu nötige Ressourceneinsatz sowie der „energetic return on investment“ nahm im Verlauf des 20. Jahrhunderts deutlich ab (Cleveland et al., 1984).

Das sicherlich größte Risiko der Nutzung fossiler Energieträger liegt jedoch in ihren klimawirksamen Emissionen. Tabelle 4.1-3 zeigt die CO_2-Emissionen, die bei vollständiger Nutzung der in Tabelle 4.1-2 beschriebenen fossilen Energieressourcen, Reserven und Vorkommen entstünden. Dies wird mit dem noch zulässigen CO_2-Emissionsbudget verglichen, das eingehalten werden sollte, wenn eine Temperaturerhöhung von

Tabelle 4.1-3
Potenzielle Emissionen als Folge der Nutzung der fossilen Reserven und Ressourcen. Dargestellt ist zudem deren Potenzial, die 2 °C-Leitplanke zu gefährden. Diese Gefährdung ist als Faktor ausgedrückt, mit dem die bei vollständiger Nutzung der jeweiligen Reserven und Ressourcen entstehenden CO_2-Emissionen das bis 2050 zulässige Emissionsbudget von 750 Gt CO_2 aus fossilen Quellen (Kasten 1.1-1) überschreiten würden. Die Zahlen beziehen sich allein auf CO_2, andere Treibhausgase sind nicht berücksichtigt. Sie basieren auf den Werten von Tabelle 4.1-2. *Bitte beachten: Die Tabelle wurde korrigiert und unterscheidet sich von der gedruckten Fassung.* Quelle: basierend auf Tabelle 4.1-2 und GEA, 2011

	Historische Produktion bis 2008	Produktion im Jahr 2008	Reserven	Ressourcen	Weitere Vorkommen	Summe: Reserven, Ressourcen und weitere Vorkommen	Faktor mit dem allein diese Emissionen das 2 °C-Emissionsbudget überschreiten
	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	
Konventionelles Öl	505	13	493	386	–	879	1
Unkonventionelles Öl	39	2	295	2.640	3.649	6.584	9
Konventionelles Gas	192	7	339	455	–	794	1
Unkonventionelles Gas	9	1	2.405	3.197	27.724	33.325	44
Kohle	666	14	1.970	41.277	–	43.247	58
Gesamt: Fossile Energieträger	1.411	36	5.502	47.954	31.373	84.829	113

mehr als 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau vermieden werden soll (Kasten 1.1-1).

Möglichkeiten, die fossilen Energieträger unter sehr viel geringeren Emissionen zu nutzen, ergeben sich durch die Abscheidung und Speicherung des Kohlendioxids (Kap. 4.1.3).

4.1.3 Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid

Als technische Option, um Zeit für den Umbau zu emissionsfreien Energiequellen zu gewinnen und dabei zumindest Teile der großen Vorräte an fossilen Energieträgern nutzen zu können, werden Möglichkeiten der technischen Abtrennung von CO_2 aus den Abgasen stationärer Anlagen diskutiert sowie Optionen zur anschließenden Lagerung von komprimiertem CO_2 in geologischen Formationen (Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS). CCS ist eine notwendige Vermeidungsoption für Länder, die weiterhin fossile Energien einsetzen, wenn eine anthropogene Klimaerwärmung von mehr als 2 °C vermieden werden soll. Darüber hinaus wird die Verbindung von Bioenergie mit CCS als Option diskutiert, der Atmosphäre langfristig wieder CO_2 zu entziehen (Kasten 4.1-3).

Heutige verfügbare Technologien sind in der Lage, in einem Kraftwerk etwa 85–95 % des CO_2 abzutrennen. Berücksichtigt man, dass der Energieaufwand zur Erzeugung einer bestimmten Menge Strom durch Einsatz der CCS-Technologie um 10–40 % steigt, kann also in Kraftwerken eine Nettoreduktion der CO_2-Emissionen durch CCS um 80–90 % erreicht werden (IPCC, 2005).

Das Einlagern von komprimiertem CO_2 in geologischen Reservoirs wie teilentleerten Gas- oder Ölfeldern, salinen Aquiferen oder in ungenutzten Kohleflözen wird in verschiedenen Projekten bereits durchgeführt. Im Jahr 2007 waren vier solcher Unternehmungen aktiv, wobei das älteste Projekt Sleipner (durchgeführt von der norwegischen Ölgesellschaft Statoil) seit 1997 jährlich etwa 1 Mio. t CO_2 in geologische Formationen unter dem Meeresgrund einlagert. Weitere Projekte sind Snøhvit (Norwegen), Weyburn (Kanada) und Sala (Algerien). Die jährlich eingelagerten CO_2-Mengen in diesen Projekten sind aber weitaus geringer als jährlich bei einem Kohlekraftwerk mit CCS anfallen würden. Auch wenn die Komponenten erprobt sind, ist CCS als Gesamtsystem bei weitem noch keine ausgereifte Technologie und mit vielen Risiken behaftet. Die IEA empfahl, im Jahr 2010 mindestens 20 großskalige CCS-

Kasten 4.1-3

Sequestrierung biologisch gebundenen Kohlenstoffs: „Negative Emissionen“

Pflanzen nehmen mit Hilfe der Photosynthese CO_2 aus der Umgebungsluft auf und speichern den enthaltenen Kohlenstoff in Form von Biomasse. Durch eine langfristige Einlagerung dieses Kohlenstoffs kann daher eine CO_2-Senke geschaffen werden. Eine technische Möglichkeit dafür wäre die Nutzung von Bioenergie mit Abtrennung und Speicherung des entstehenden CO_2 (CCS). In seinem Gutachten „Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“ schätzt der WBGU (2009a), dass das nachhaltig verfügbare Bioenergiepotenzial jährlich eine Abtrennung und Sequestrierung von 1,8–3,5 Gt CO_2 aus Biomasse erlauben könnte. Im Jahr 2009 wurden allein bei der Nutzung fossiler Energieträger und in der Zementwirtschaft 31 Gt CO_2 emittiert, sowie 4 Gt CO_2 durch die Entwaldung in den Tropen (GCP, 2011). Setzt man dies als Maßstab, würde es jeweils 10–20 Jahre dauern, um durch die Sequestrierung von CO_2 aus Biomasse die Emissionen eines einzigen Jahres zu kompensieren. Der WBGU hält es für extrem schwierig, substanzielle negative Emissionen zu erreichen.

Eine andere Möglichkeit könnte die Sequestrierung biogener Kohle sein. Wird diese Holzkohle (biochar) in den Boden eingebracht, würde erstens der enthaltene Kohlenstoff gespeichert und zweitens könnte der Klimaschutzeffekt verstärkt werden, indem durch verbesserte Bodeneigenschaften das Pflanzenwachstum angeregt wird. Die Verweildauer des Kohlenstoffs im Boden ist jedoch unklar und rechtfertigt möglicherweise nicht, hier von negativen Emissionen zu sprechen. Die Forschung zu diesem Thema steht noch am Anfang, so dass auch keine Potenzialschätzungen vorliegen. Grundsätzlich ist jedoch auch diese Option durch die nachhaltig verfügbare Menge an nutzbarer Biomasse beschränkt und steht damit in Konkurrenz zur Bioenergienutzung. Beide Optionen stehen daher weder unmittelbar zur Verfügung noch können sie die gegenwärtigen anthropogenen Emissionen kompensieren. Es handelt sich daher um langfristige und langsam wirkende Möglichkeiten des Klimaschutzes, die erst an Bedeutung gewinnen können, wenn die anthropogenen CO_2-Emissionen auf einen Bruchteil der heutigen Werte gesunken sind.

Demonstrationsprojekte ins Leben zu rufen, um einen Einsatz der CCS-Technologie im Jahr 2020 möglich zu machen (IEA, 2008c).

Die CCS-Technologie erhöht Investitionen und laufende Kosten fossiler Kraftwerke und setzt deren Effizienz herab (Herzog, 2010). Die Kosten der Abscheidung werden derzeit auf 40–45 US-$ pro t CO_2 in Kohlekraftwerken und 50–90 US-$ pro t CO_2 in Gaskraftwerken geschätzt (IEA, 2008c). Hinzu kommen die Kosten für Transport und Einlagerung, die ortsspezifisch sind und von Herzog et al. (2010) auf eine Größenordnung von 5–15 US-$ pro t CO_2 geschätzt werden. Weiterhin kommen potenzielle Kosten für die Haftung hinzu, die hier nicht berücksichtigt sind. In einem modernen Kohlekraftwerk erhöhen sich so die Stromkosten um ca. 4 US-$ct pro kWh (Herzog, 2010). Im IPCC-Sonderbericht zu CCS wird auf Basis der Technologie von 2002 eine Erhöhung der Stromkosten um 1–5 US-$ct pro kWh genannt (IPCC, 2005). Auch für prozessbedingte CO_2-Emissionen aus der Industrie wird CCS als Option diskutiert. Für die direkte Abscheidung von CO_2 aus Produktionsprozessen besteht eine Anzahl technischer Möglichkeiten. Ihnen ist gemeinsam, dass sie energetische und ökonomische Zusatzkosten verursachen und nur rentabel sind, wenn ein Preis bzw. eine Steuer auf Treibhausgasemissionen erhoben wird, wie es etwa in Norwegen bereits der Fall ist. Abgesehen von den vier oben erwähnten Projekten sind solche Anlagen bisher nur im Stadium und Maßstab von Pilotanlagen errichtet worden, darunter auch in Deutschland.

Ökonomische Vorteile ergeben sich in Anlagen, die durch Prozessintegration gleichzeitig verschiedene Produkte generieren, z.B. gleichzeitig Flüssigkraftstoffe, Elektrizität, Wärme und CO_2 zum Speichern produzieren (GEA, 2011). Auch die Hybridisierung der Rohstoffbasis, z.B. die Mischung von Biokraftstoffen mit fossilen Energieträgern, kann eine kosteneffektive Verbesserung von Prozessketten hinsichtlich der Treibhausgasbilanz ermöglichen.

4.1.3.1 Geologisches Speicherpotenzial

Der IPCC schätzt das geologische Speicherpotenzial in Öl- und Gasfeldern (ohne Berücksichtigung der Frage, ob diese auch ökonomisch erschließbar wären) auf 675–900 Gt CO_2, in nicht abbaubaren Kohlefeldern auf 3–200 Gt CO_2 und in tiefen salinen Aquiferen auf 1.000 bis möglicherweise 10.000 Gt CO_2 (IPCC, 2005). Zu berücksichtigen ist dabei, dass das Speicherpotenzial in den Öl- und Gasfeldern erst dann zur Verfügung steht, wenn die fossilen Energieträger gefördert wurden. Darüber hinaus kann bei der Anwendung von Fördertechnologien, die die Permeabilität des Reservoirgesteins erhöhen (fracturing), die Dichtigkeit der Speicher beeinträchtigt werden. Als gesamtes, in diesem Jahrhundert ökonomisch erschließbares Speicherpotenzial nennt der IPCC 200–2.000 Gt CO_2.

4.1.3.2 Risiken und Rahmenbedingungen

Von besonderer Bedeutung für den langfristigen Klimaschutz ist das Risiko eines schleichenden Entweichens des gelagerten CO_2. Würden in diesem Jahrhundert tatsächlich 2.000 Gt CO_2 eingelagert, würde bereits

eine Leckrate von 0,1% pro Jahr (entsprechend einer Rückhaltezeit von 1.000 Jahren) zu jährlichen unkontrollierten Emissionen von 2 Gt CO_2 führen und damit eine Stabilisierung der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre gefährden. Der WBGU empfiehlt daher, nur solche Speicher zu nutzen, bei denen sichergestellt werden kann, dass die Rückhaltezeit mindestens 10.000 Jahre beträgt (WBGU, 2006). Während der WBGU die direkte Einleitung von CO_2 in das Meerwasser ablehnt, schätzt er die Einlagerung von CO_2 in Speichern unter dem Meeresboden als risikoärmer ein als die Lagerung in Speichern an Land.

Bereits seit den 1970er Jahren wird neben anderen Chemikalien auch CO_2 in Ölfelder injiziert, um sinkenden Drücken entgegenzuwirken und so die Ölausbeute zu erhöhen (enhanced oil recovery, EOR). Das seit dem Jahr 2000 laufende Weyburn Projekt in Kanada ist das erste EOR-Projekt, bei dem eine anschließende langfristige Speicherung des CO_2 geplant ist (IPCC, 2005). Anfang 2011 wurden Vorwürfe laut, das injizierte CO_2 entweiche aus der Lagerstätte und habe bereits zu Schäden wie zum Tod von Tieren geführt (z.B. Frankfurter Rundschau, 24.1.2011), andere Gutachten ziehen dies jedoch in Zweifel (PTRC, 2011). Unbestritten ist jedoch, dass Leckagerisiken, die u.a. auch die Gefahr einer Degradation von Grundwasser bergen, insbesondere im Zusammenhang mit Bohrlöchern bestehen. Deren Abdichtung und langfristigem Monitoring kommt daher eine hohe Bedeutung zu (IPCC, 2005).

Im Jahr 2008 lag nach Angaben der IEA noch in keinem Staat ein umfassender, detaillierter Regelungsrahmen für die CCS-Nutzung vor (IEA, 2008c). Die EU hat seitdem mit der Richtlinie über die geologische Speicherung von Kohlendioxid (EU, 2009) für ihre Mitgliedstaaten einen umfassenden Regelungsrahmen für die CCS-Nutzung vorgelegt. Einige Mitgliedstaaten (Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Lettland, Litauen, Luxemburg, Österreich, Rumänien, Spanien) haben die Vorgaben dieser Richtlinie bereits in nationales Recht umgesetzt (Stand 10. März 2011). Die Umsetzungsfrist endete im Juni 2011.

Neben noch offenen wissenschaftlichen, technischen und regulatorischen Fragestellungen ist ferner unklar, ob die Bevölkerung eine CO_2-Speicherung in ihrer unmittelbaren Umgebung akzeptieren wird (IPCC, 2005).

4.1.4 Nuklearenergie

4.1.4.1 Emissionen und Eigenschaften

Im Vergleich zu Kohlekraftwerken sind die mit Kernkraft verbundenen Treibhausgasemissionen gering. Prozesskettenanalysen weisen auf Lebenszyklusemissionen im Bereich von 16–66 g CO_2eq pro kWh_e hin, andere Literaturquellen zitieren eine Spannbreite von 2–126 g CO_2eq pro KWh_e. Unterschiede ergeben sich u.a. durch die Qualität und Konzentration des verwendeten Uranerzes sowie die Frage, ob angenommen wird, dass Kernbrennstoffe wiederaufgearbeitet werden (WEC, 2004; Lübbert, 2007; Lenzen, 2008; Sovacool, 2008; Kleiner, 2008; GEA, 2011).

Ähnlich wie bei den meisten erneuerbaren Energien fällt bei Kernenergie ein Großteil der Kosten vorab an. Die Betriebskosten bestehender Anlagen sind relativ niedrig, die Planungs- und Baukosten erweisen sich im Gegensatz dazu oft als erheblich, auch weil Kosteneskalation und Verzögerungen bei Projekten weit verbreitet sind (Grübler, 2010). Die erreichte Gesamtlaufzeit der Anlagen beeinflusst also deren Rentabilität, wobei diese allerdings nicht nur von technischen Faktoren, sondern auch von politischen Entscheidungen abhängig ist.

Hohe Sicherheitsansprüche an Steuertechnik, Kühlung, Reaktordruckbehälter und Sicherheitsbehälter sowie an die gesamte Qualitätsüberwachung ziehen mittlere Installationskosten zwischen 2.500 und 3.800 US-$ pro kW_e nach sich, je nach Reaktortyp und Standort (GEA, 2011). Diese Preise sind overnight costs, berücksichtigen also nicht die Kosten der Finanzierung, die angesichts der langen Planungs- und Bauzeiten erheblich sind (Schneider et al., 2009).

Im Jahr 2011 waren weltweit 442 Reaktoren mit einer Kapazität von rund 375 GW_e in Betrieb (IAEA, 2011). Davon stehen 46% in Europa (inklusive Osteuropa und Russland), 30% in Nordamerika und 21% im Fernen Osten (Japan und China). Auf Afrika, Lateinamerika, den Mittleren Osten und Südasien entfallen nur etwa 3% der globalen Reaktorleistung. Die USA, Frankreich und Japan produzierten gemeinsam rund 57% des Atomstroms im Jahr 2010.

Kernreaktoren stellen weltweit 8% der installierten Kapazität zur Stromerzeugung bereit und tragen rund 13% zur Stromerzeugung bei, da die Erzeugungskapazität etwa 80% der Zeit genutzt werden kann. Kernenergie wird daher oft eingesetzt, um Grundlast in Stromnetzen bereitzustellen.

4.1.4.2 Potenziale

Die Rohstoffversorgung für Kernbrennstoffe kann über Jahrzehnte aus bekannten geologischen Lagern gewährleistet werden (Tab. 4.1-2), wobei die Explorationstätigkeit in letzter Zeit deutlich zunahm und weitere Funde erwartet werden können. Neben der Gewinnung von Uran durch den Bergbau bestehen verschiedene Möglichkeiten Sekundärquellen zu nutzen, wie

Lagerbestände, Spaltmaterial aus Kernwaffen oder die Wiederaufarbeitung von Abfällen. Derzeit wird insbesondere durch die Nutzung von abgereicherten Uran aus Kernwaffen deutlich mehr Uran in Kraftwerken verbraucht als neu gefördert. Die IEA sieht durchaus Möglichkeiten, die weltweite Nuklearkapazität bis 2050 zu verdreifachen. Indien versucht einen von Uran unabhängigen Reaktortyp auf der Basis von Thorium zu entwickeln, weil es deutlich größere Vorräte davon im Land besitzt.

Zur Beurteilung der Ressourcensicherheit ist auch entscheidend, ob verbrauchte Brennelemente wiederaufgearbeitet werden, das darin enthaltene Plutonium abgespalten oder eventuell sogar hochangereicherter Brennstoff in Brutreaktoren vermehrt wird. Unter ökonomischen Gesichtspunkten bestehen derzeit keine Anreize dazu. Die meisten Anlagen werden daher mit einmalig verwendetem Brennstoff betrieben. Dennoch verfolgen einige Länder die Technologie zur Produktion von Mischoxidbrennelementen (Plutonium bzw. Uran, MOX), die das Potenzial haben, die Ressourcengrundlage deutlich zu erweitern. Die Verwendung ist allerdings mit erheblichen Zusatzrisiken und wesentlich aufwändigeren Rückbauarbeiten verbunden. MOX-Brennelemente werden vorwiegend in England und Frankreich sowie in geringerem Ausmaß in Japan, Russland und Indien hergestellt, auch China verfolgt ein Programm dazu. In 30 Reaktoren in Europa werden MOX-Brennelemente verwendet, darunter auch in Reaktoren in Deutschland, Belgien und der Schweiz. Die Technologie von Brutreaktoren zur Plutoniumproduktion ist auf wenige Länder begrenzt, wobei alle bis auf Japan de facto Atomwaffenstaaten sind, darunter die USA, Russland, Frankreich und Japan. Indien verfolgt diesen Weg, um potenziell einen autarken Brennstoffkreislauf unterhalten zu können und auch China ist bestrebt, die Brütertechnologie einzusetzen.

4.1.4.3
Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung

Die zentralen Ereignisse für die Entwicklung der Kernenergie, die den weiteren Ausbau der Technologie seit Anfang der 1990er Jahre in den meisten Ländern deutlich bremste, waren die katastrophalen Unfälle von Tschernobyl in der Sowjetunion (1986), und Three Mile Island in den USA (1979). Die nukleare Katastrophe von Fukushima in Japan (März 2011) hat die Debatte um die Beherrschbarkeit dieser Technologie und Sicherheitsstandards weltweit neu entfacht. Im Zentrum der Diskussion stehen die Risiken schwerster Schadensfälle, die ungeklärte Endlagerungsproblematik, das Risiko unkontrollierter Proliferation und auch daraus resultierende hohe Kosten.

Deutschland – wie auch eine Reihe anderer Länder – verfolgt bereits seit Jahren wegen sinkender öffentlicher Akzeptanz eine Strategie des Nuklearausstiegs, die nach dem Desaster in Japan beschleunigt wurde. Die deutsche Bundesregierung hat aufgrund der nuklearen Katastrophe von Fukushima ein dreimonatiges Moratorium für den Betrieb von sieben Kernkraftwerken älterer Bauart erlassen. Österreich hat bereits seit 1978 die Nutzung der Kernenergie gesetzlich verboten. Andere Länder betrachten Kernenergie als unverzichtbaren Teil ihrer strategischen Energieversorgung und auch ihres Klimaschutzplans. In vielen Schwellen- und Entwicklungsländern sind Nuklearprogramme darüber hinaus nationale Prestigeobjekte. Ob dies nach den Ereignissen in Fukushima auch in Zukunft so sein wird bleibt abzuwarten. In China, wo derzeit 27 neue Reaktoren im Bau sind, wurde nach den Ereignissen von Fukushima ein zeitlich nicht näher spezifiziertes Moratorium für den Bau neuer bzw. im Bau befindlicher Kernkraftwerke beschlossen. Die Reaktortechnologie ist inzwischen weitgehend von Leichtwasserreaktoren dominiert, auf die etwa 89% der installierten Kapazität entfällt. Da diese mit niedrig angereichertem Uran betrieben werden können, weist diese Technologie vergleichsweise geringere Proliferationsrisiken auf.

Weltweit gibt es bislang kein langfristiges Endlager für hochradioaktive Abfälle; zahlreiche Anlagen und unterschiedliche technologische Ansätze befinden sich im Aufbau. Der Großteil des anfallenden verbrauchten Brennmaterials wird in Zwischenlagern akkumuliert.

Kosteneskalationen, Zeitverzögerungen der Projekte, mangelnde Akzeptanz durch die Bevölkerung sowie das Vorhandensein alternativer Möglichkeiten lassen eine „nukleare Renaissance“ in vielen Industriestaaten unwahrscheinlich werden. Wegen der ungeklärten Risiken (die sich über den gesamten Lebenszyklus vom Bergbau bis zur ungeklärten Endlagerung von Abfällen erstrecken, insbesondere auch des Risikos schwerster Schadensfälle) und Kosten, die mit Nukleartechnologien verbunden sind, sowie wegen der assoziierten Proliferations- und Sicherheitsrisiken und der oben beschriebenen Pfadabhängigkeiten lehnt der WBGU eine auf Nukleartechnologie basierte Klimaschutzstrategie ab (WBGU, 2003).

4.1.5
Erneuerbare Energien

4.1.5.1
Emissionen und Eigenschaften

Die Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromgewinnung ist in der Regel mit erheblich niedrigeren Treibhausgasemissionen verbunden als die Nutzung fos-

siler Energieträger. Sehr niedrige spezifische Lebenszyklusemissionen von rund 25 g CO_2eq pro kWh_e Strom (WBGU, 2009a; 6,8–68 g CO_2 pro kWh_e) verursacht dabei Windenergie, gefolgt von Solarenergie mit etwa 75 g CO_2eq pro kWh_e.(12,5–360 g CO_2 pro kWh_e). Auch Wasserkraft kann mit sehr niedrigen Emissionen um die 25 g CO_2eq pro kWh_e (WBGU, 2009a; 3,5–120 g CO_2 pro kWh_e) verbunden sein, wobei dies allerdings standortabhängig ist. In Einzelfällen können bei flachen Stauseen in produktiven tropischen Regionen Methanemissionen zu höheren Emissionen aus Wasserkraftnutzung führen. Es wurden allerdings auch Reservoirs untersucht, die als Kohlenstoffsenke wirken. Insbesondere sollte aber auf umfangreiche Begleitnutzen von Wasserkraft verwiesen werden: 75 % aller Staudämme werden primär zur landwirtschaftlichen Bewässerung, für den Hochwasserschutz oder zur städtischen Wasserversorgung gebaut (IPCC, 2007c). Darüber hinaus kann Wasserkraft oft flexible Regelenergie bereitstellen.

Ein gemischtes Bild ergibt sich bei der Treibhausgasbilanz der Bioenergie, die je nach Rohstoffbasis, geographischer Lage, Prozessverfahren und Endprodukt sehr unterschiedlich ausfallen kann. Einzelne Nutzungspfade der Bioenergie können durchaus mit höheren Emissionen verbunden sein als die Nutzung fossiler Energieträger (WBGU, 2009a). Treibhausgasemissionen von Geothermie sind standortabhängig und in der Literatur werden Werte von 20–120 g CO_2 pro kWh_e genannt (Sullivan et al., 2010). In großen Tiefen gelegene Wasserschichten können zum Teil erhebliche Mengen an gelöstem CO_2 und toxische Elemente enthalten, was allerdings durch eine Rückführung der Flüssigkeit oder die Wärmeübertragung in Sekundärkreisläufe gelöst werden kann.

Erneuerbare Quellen mit Ausnahme von Geothermie sind durch relativ geringe räumliche Energiedichten charakterisiert. Daher werden relativ große Flächen nötig sein, um bedeutende Anteile der Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen zu decken. Dies kann teilweise durch multifunktionale Flächennutzung gelöst werden, etwa durch Windenergienutzung auf landwirtschaftlichen Flächen.

In der Regel sind kapitalintensive Konversionstechnologien notwendig, um erneuerbare Energiequellen nutzbar zu machen. Auch kann das Projektrisiko wie etwa im Fall großer Wasserkraftwerke bedeutend sein. Daher können erneuerbare Energien in heutigen Marktmodellen ökonomisch wenig attraktiv wirken, wenn etwa Vergleiche mit anderen Energieträgern unter der Anwendung hoher Diskontraten erfolgen und so die zukünftigen Kosten fossiler Optionen marginalisiert werden. Derzeit liegen die Gestehungskosten erneuerbarer Energien oft noch über jenen, die für fossile Energieträger ermittelt werden. Da viele der Technologien relativ neu sind wird erwartet, dass durch technologische Lernfortschritte Kosten deutlich reduziert werden können. Gute Standorte von Wasserkraft, Wind- und Biomasse haben bereits Kostenparität zu fossilen Quellen erreicht.

Erneuerbare Energien können insbesondere in Niedrigeinkommensländern den Zugang zu sauberen, sicheren und einfach verwendbaren Energieformen ermöglichen und dadurch erheblich zum Erreichen der Millenniumsentwicklungsziele beitragen. Wenn die Energieträger auf internationale Märkte gebracht werden können (Elektrizität aus Wasserkraft, Flüssigtreibstoffe) können sie die Handelsbilanz von Exportländern deutlich verbessern. Erneuerbare Energien stellen auch in Industrieländern einen Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung und Wertschöpfung in ländlichen und strukturschwachen Räumen dar. Sie verlängern Wertschöpfungsketten in rurale Räume (wo sie Gewebesteuern generieren und Arbeitsplätze schaffen) und reduzieren so regionale Einkommensungleichheiten (DENA, 2010).

Die verschiedenen erneuerbaren Quellen haben unterschiedliche Eigenschaften in Bezug auf ihre Einbindung in das Energiesystem. Die Fluktuationen der Energieverfügbarkeit bei einigen der ökonomisch attraktiven und technisch relativ weit entwickelten erneuerbaren Quellen wie Wind- und Solarenergie sind erheblich. Zur Systemintegration größerer Anteile fluktuierender Energiequellen ist ein Umbau der Energieinfrastruktur erforderlich (Kap. 4.4.2). Kostenimplikationen dieses Umbaus sind bisher noch wenig analysiert. Regionale Studien wie die des SRU (2010) weisen in diesem Zusammenhang auf große Einsparpotenziale hin, wenn der internationale Handel mit netzgebundenen Energieträgern verstärkt wird. Bioenergie und Wasserkraft sind für die Systemintegration besonders relevante erneuerbare Energien, die auch zum Ausgleich fluktuierender Einspeisung eingesetzt werden können. Pumpspeicher stellen derzeit die kostengünstigste Speicherform für Elektrizität dar, ihr Potenzial ist allerdings standortabhängig.

4.1.5.2 Potenziale

Nicht nur die theoretischen Potenziale, sondern auch die technischen und nachhaltig nutzbaren Potenziale erneuerbarer Energien übersteigen die derzeitige globale Energienachfrage bei weitem – diese lag im Jahr 2008 bei 492 EJ Primär- und 345 EJ Endenergie. Eine Übersicht über Abschätzungen des technischen Potenzials erneuerbarer Energien aus verschiedenen Literaturquellen findet sich in Tabelle 4.1-4. Allein die technischen Potenziale der Solarenergie übersteigen den aktuellen Gesamtverbrauch um mehr als eine Größen-

Tabelle 4.1-4
Erneuerbare Energien: Theoretische, technische und ökonomische Potenziale. Die Abschätzungen der nachhaltigen Potenziale stammen vom WBGU. Zum Vergleich: Der globale Primärenergieverbrauch lag 2008 bei 492 EJ.
Quellen: WBGU, 2003, 2009a; IEA, 2010a; GEA, 2011

	Theoretisches Potenzial	Technisches Potenzial	Nachhaltig nutzbares Potenzial	Produktion 2008
	[EJ/Jahr]	[EJ/Jahr]	[EJ/Jahr]	[EJ]
Biomasse	2.400	800	100	50,3
Geothermie	41.700.000	720	22	0,4
Wasserkraft	504.000	160	12	11,6
Solarenergie	3.900.000	280.000	10.000	0,5
Windenergie	110.000	1.700	>1.000	0,8
Gesamt: erneuerbare Energien	46.000.000	283.500	>11.000	64

ordnung; in einigen Literaturquellen gilt dies auch für die Geothermie. Damit ist die theoretische Möglichkeit einer globalen Vollversorgung mit erneuerbaren Energien gegeben.

Ausschlaggebend für eine Bewertung der Rolle erneuerbarer Energien in einem nachhaltigen transformierten Energiesystem der Zukunft ist aus Sicht des WBGU aber nicht das technische, sondern das nachhaltig nutzbare Potenzial (Kasten 4.1-1). Der WBGU hat im Jahr 2003 hierzu eine umfassende Analyse vorgelegt. Seither haben sich technologische und andere Parameter weiterentwickelt, so dass in einigen Teilen hier eine Aktualisierung und Neubewertung erfolgen muss. Tabelle 4.1-4 zeigt die aktuellen Abschätzungen des WBGU zum nachhaltig nutzbaren Potenzial verschiedener erneuerbarer Energien.

Die Abschätzungen des technischen Potenzials variieren je nach Autor teilweise erheblich. Besonders große Spannbreiten gibt es bei der Geothermie. Auch in den Potenzialabschätzungen für Wind- und Solarenergie bestehen große Unterschiede, die aber zum Teil auf technologische Weiterentwicklungen zurückzuführen sind. Im Fall der Windenergie wurden etwa Fortschritte in der Masthöhe und Rotorfläche der Anlagen und damit der Leistungsfähigkeit je Anlage erreicht. Außerdem können Offshore-Anlagen, z.B. in Form schwimmender Strukturen, inzwischen in größeren Wassertiefen als die früher oft angenommenen 40 m gebaut werden, so dass die technischen Potenziale im Vergleich zu früheren Studien (IAEA, 2000; WBGU, 2003) nach oben korrigiert wurden. Bei der Solarenergie wurden erhebliche Fortschritte erreicht, z.B. in der Konversionseffizienz von amorphem Silizium und Dünnfilmtechnologien. Neue Erfahrungen wurden mit Anlagen gesammelt, die mit Hilfe von konzentrierenden solarthermischen Verfahren Elektrizität erzeugen.

Zur Ermittlung der nachhaltig nutzbaren Potenziale wurden für die verschiedenen Quellen entsprechende Restriktionen berücksichtigt.

Bei der Biomassenutzung sollte vor allem die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion ausgeschlossen und die Biodiversität erhalten bleiben (WBGU, 2009a). Auch Anwendungen mit geringer Klimaschutzwirkung, wie sie bei bestimmten Pfaden der Biokraftstoffnutzung auftreten, wurden ausgeschlossen. Bei der geothermalen Energie muss zwischen thermischer und elektrischer Nutzung unterschieden werden. Für die elektrische Energieerzeugung kommen nur Standorte mit sehr hoher Bereitstellungstemperatur in Frage, während die mit Abstand größten Potenziale bei der Niedertemperatur-Wärmenutzung gesehen werden. Die Wasserkraftnutzung stellt zwar eine etablierte Technologie dar, jedoch wird der weitere Ausbau der Wasserkraftnutzung u.a. durch die Umweltauswirkungen in Bezug auf die biologische Vielfalt, die Versandung großer Stauseen, die Sedimentdynamik, die Methanemissionen überschwemmter Gebiete und die Änderung des Grundwasserspiegels begrenzt.

Auch für die Solar- und Windenergienutzung existieren Einschränkungen für das nachhaltige Potenzial. Beispiele sind die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion beim Flächenverbrauch bei Solaranlagen oder Lärmemissionen bei der Windenergienutzung.

Technische Biomassepotenziale werden im Vergleich zu früheren Studien aufgrund von Nutzungskonkurrenzen inzwischen deutlich kritischer gesehen (Kasten 4.1-4) und werden in neueren Studien niedriger als etwa im World Energy Assessment (IAEA, 2000) angesetzt. Vom WBGU (2003) wurde das jährliche nachhaltige Potenzial von Biomasse auf 100 EJ für moderne Quellen und 5 EJ in traditioneller Nutzung beziffert. Der WBGU (2009a) schätzte das jährliche nachhaltige Bioenergiepotenzial auf 30–120 EJ aus Energiepflanzen sowie zusätzlich etwa 50 EJ aus Abfall- und Reststoffen.

Kasten 4.1-4

Risiken eines ungesteuerten Bioenergieausbaus

Bioenergie kann entweder aus Rest- und Abfallstoffen gewonnen werden oder aus eigens angebauten Energiepflanzen. Es ist letztere Variante, die besondere Risiken nach sich zieht, da sie mit mehr und intensiverer Landnutzung verbunden ist. Bioenergienutzung steht somit in direkter Konkurrenz zur Ernährungssicherheit, dem Naturschutz und dem Klimaschutz. Um den Nahrungsbedarf einer wachsenden Weltbevölkerung zu decken, muss die globale Nahrungsmittelproduktion erheblich gesteigert werden und konkurriert damit mit dem Anbau von Energiepflanzen (Kap. 1.2.5). Diese Konkurrenz um Flächen kann sich etwa in höheren Lebensmittelpreisen niederschlagen. Der Anbau von Energiepflanzen kann direkt zur weiteren Umwandlung naturnaher Flächen in Ackerland führen oder aber den bereits bestehenden Anbau von Nahrungsmitteln verdrängen, der dann auf neue Flächen ausweichen muss. Die Umwandlung naturnaher Flächen verstärkt u.a. den Verlust biologischer Vielfalt und setzt in der Regel Treibhausgase frei. Ob der Anbau von Energiepflanzen Klimaschutz oder Klimaschaden bedeutet, hängt deshalb wesentlich vom genutzten Land ab. Bei der Umwandlung von Wäldern oder Feuchtgebieten für Bioenergie werden oft mehr Treibhausgase freigesetzt als durch die Nutzung der Bioenergie über etliche Jahre hinaus einspart werden kann. Für die Erzeugung von Stickstoffdünger, Mechanisierung der Produktion, Schädlingsbekämpfung und Transport der Erträge zur Weiterverarbeitung sind teilweise erhebliche Mengen an Treibstoffen und andere Energievorleistungen nötig. Die einfache Gleichung, dass Bioenergie in der Gesamtsumme keine CO_2-Emissionen verursacht, weil bei der Verbrennung nur so viel CO_2 abgegeben wird wie vorher durch die Pflanzen aufgenommen wurde, ist also nicht zutreffend. Eine nachhaltige Bioenergienutzung ist daher nur möglich, wenn die Politik national und international Rahmenbedingungen setzt, die die Klimaschutzwirkung und Nachhaltigkeit der Bioenergienutzung gewährleisten. Der WBGU hat im Jahr 2009 hierzu umfassende Empfehlungen gegeben (WBGU, 2009a).

4.1.5.3
Risiken und Rahmenbedingungen für die Nutzung

Die Nutzung erneuerbarer Energien kann mit Umweltfolgen oder unerwünschten sozialen Effekten verbunden sein. Beispielsweise können große Wasserkraftprojekte Umsiedlung der lokalen Bevölkerung erfordern und wertvolle Habitate zerstören. Auch große Biomasseprojekte können direkt zur Habitatszerstörung sowie zur Übernutzung von Böden und zur Wasserverknappung beitragen oder sich durch indirekte Effekte wie induzierte Landnutzungsänderungen in anderen Weltregionen oder steigende Lebensmittelpreise negativ auswirken (Kasten 4.1-4). Im Fall der Windenergie werden oft der Landschaftsschutz, Vogelschutz und eine akustische Belastung der Anwohner als Argumente gegen den Ausbau angeführt. In Deutschland erfolgt z.B. der Ausbau von Offshore-Anlagen entsprechend in großen Wassertiefen und außerhalb der Sichtweite der Küste sowie unter Einhaltung von Vogelschutzgebieten, was Zusatzkosten verursacht.

Auch erneuerbare Quellen können übernutzt werden: Biomassepotenziale können durch Erosion und Humusverlust, Bodenversalzung oder Nährstoffverarmung reduziert werden. Das Wasserkraftpotenzial von Stauseen kann drastisch sinken, wenn diese mit Sediment verfüllt werden. Auch geothermische Quellen können langfristig durch Abkühlung ihr Potenzial verlieren. Bei Wind- oder Solarenergie sind diese Risiken deutlich geringer, allerdings können hier möglicherweise durch Klimawandel Veränderungen der Ressourcenpotenziale erfolgen. Änderungen der Niederschlagsmuster und Schmelzwasserflüsse aus Gletschern etwa können Wasserkraft- und Biomassepotenziale erheblich beeinträchtigen.

Eine zeitlich beschränkte Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien, die der WBGU entschieden befürwortet, muss daher begleitet sein durch einen Rechtsrahmen, der die Nachhaltigkeit der Nutzung erneuerbarer Energien gewährleistet. Dies gilt in besonderem Maße für die Bioenergienutzung (WBGU, 2009a).

4.1.6
Eine Vision als Gedankenexperiment: Die globale Vollversorgung mit erneuerbaren Energien

Die nachhaltigen Potenziale erneuerbarer Energien reichen grundsätzlich aus, um die Welt mit Energie zu versorgen (Kap. 4.1.5). Das folgende Gedankenexperiment zeigt, dass bei einem energischen Ausbau erneuerbarer Energien aus technologischer Sicht bereits Mitte des Jahrhunderts genügend erneuerbare Energien erschlossen sein könnten, um die globale Energienachfrage zu decken. Hemmnisse wie etwa ökonomische Laufzeiten der bestehenden Infrastruktur oder Vorabkosten wurden dabei bewusst ausgeblendet. Diese Vision ist durch ein schnelles Auslaufen der fossilen Stromerzeugung, den Ersatz von Erdöl im Verkehr durch Elektromobilität und regenerative Kraftstoffe sowie den Ersatz fossiler Brennstoffe für Wärme und Kälte durch elektrische Wärmepumpen, Solarthermie und Kraft-Wärme-Kopplung charakterisiert.

Sollen bereits Mitte des Jahrhunderts genügend erneuerbare Energien für eine Vollversorgung zur Verfügung stehen, muss die Endenergieintensität der Wirtschaft deutlich fallen. Für die Vision wird angenommen, dass durch Effizienzmaßnahmen der globale Wärme- und Kältebedarf um 1 % pro Jahr gesenkt

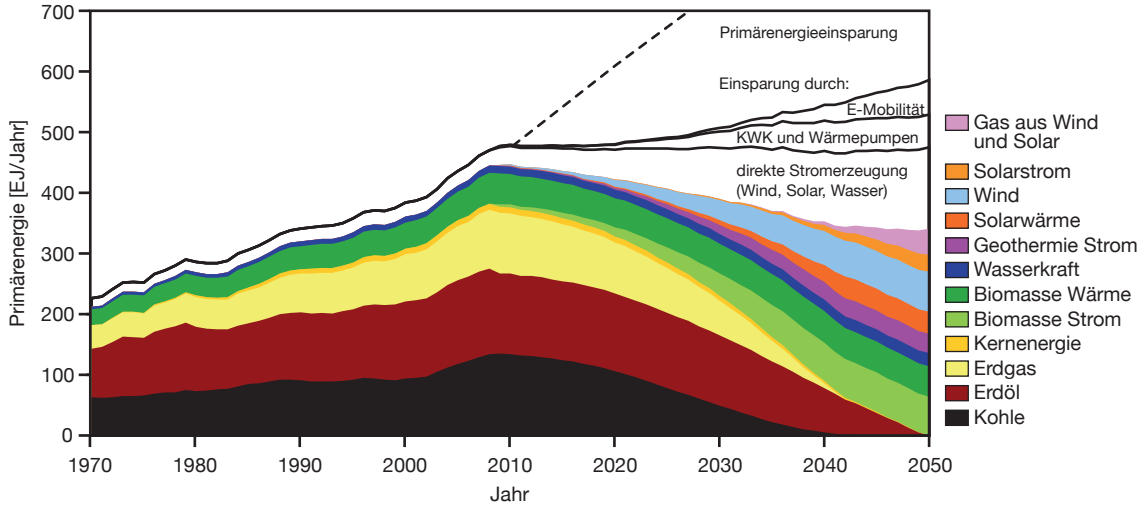


Abbildung 4.1-1
Vision zur globalen regenerativen Energieversorgung bis 2050: Dargestellt ist eine Aufschlüsselung des globalen Primärenergiebedarfs bis 2050 nach der Methode der direkten Energieäquivalente. Basis für das Szenario sind fortgeschriebene aktuelle Ausbauraten erneuerbarer Energien. Weiterhin wird den erneuerbaren Energien Priorität im Energiesystem eingeräumt, so dass die Nutzung bestehender konventioneller Energieträger verdrängt wird. Hierbei bleiben die Ökonomie bestehender Infrastrukturen und die Verfügbarkeit von Schlüsselwerkstoffen unbeachtet. Die gestrichelte Linie zeigt die Entwicklung der globalen Primärenergienachfrage ohne Transformation nach dem GEA-Baseline-Szenario (Abb. 1.2-4).
Quelle: WBGU

und das Wachstum der Energienachfrage für den Verkehr sowie das globale Wachstum der Stromnachfrage auf 1% pro Jahr begrenzt werden können. Dies kann durch eine Reihe von Maßnahmen erreicht werden. Diese umfassen die Einführung von Elektromobilität (der konventionelle Verbrennungsmotor hat einen Wirkungsgrad von lediglich 20–25%, der Elektroantrieb hingegen 70–80%), eine verstärkte Wärmedämmung von Gebäuden, den Einsatz von Wärmepumpen sowie die Durchführung von Effizienzmaßnahmen in der Industrie. Insgesamt wird die Endenergienachfrage durch diese Effizienzmaßnahmen soweit begrenzt, dass der fiktive jährliche Primärenergiebedarf nach der Substitutionsmethode (Kasten 4.1-2) bis 2050 auf maximal 700 EJ ansteigt. Die nach der Methode der direkten Energieäquivalente bestimmte Primärenergienachfrage sinkt, bedingt durch die Nutzung erneuerbarer Energien, die keine Abwärmeverluste verursachen, dagegen sogar (Abb. 4.1-1).

Bei den in Abbildung 4.1-1 skizzierten Ausbaupfaden wurden für die Windenergie und Photovoltaik historische jährliche Wachstumsraten zunächst fortgeschrieben und bei Erreichen größerer Anteile an der Gesamterzeugung reduziert. Für die anderen Technologien, für die teilweise keine historischen Wachstumsraten bekannt waren oder bei denen es sich um noch nicht am Markt etablierte Technologien handelt (erneuerbares Gas wie z.B. Wasserstoff oder Methan und Elektromobilität), wurden zukünftige Wachstumsraten nach eigenen Annahmen definiert. Die Biomasse wird auf ein nachhaltiges Potenzial von 150 EJ pro Jahr (WBGU, 2009a) begrenzt und wird 2050 ausschließlich mit Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Traditionelle Biomassenutzung in Entwicklungsländern sollte zu diesem Zeitpunkt vollständig durch moderne Technologien abgelöst sein. Die Wasserkraft wird nur geringfügig ausgebaut, da ihr nachhaltiges Potenzial begrenzt ist.

Der schwierigste Sektor in der Umstellung auf erneuerbare Energien ist der Verkehrsektor. Auf flüssige Biokraftstoffe wird in diesem Szenario verzichtet, da die Bioenergie im Stromsektor einen größeren Beitrag zum Klimaschutz leisten kann (WBGU, 2009a), stattdessen erfolgt eine rasche Einführung von Elektromobilität, von Gasmobilität (Wasserstoff, Methan in Erdgasfahrzeugen mit Verbrennungsmotor) und ergänzend von Brennstoffzellenfahrzeugen. Für spezielle Verkehrssegmente (Langstrecken, Flug, Schiff usw.) wird eine ausschließliche Nutzung von Wind- und Solarkraftstoffen angenommen. Im Jahr 2050 werden so 70% des Energiebedarfs im Verkehr elektrisch gedeckt sowie 30% durch erneuerbare Wind- und Solarkraftstoffe (Wasserstoff, Methan oder andere Kraftstoffe aus regenerativem H_2 und CO_2).

4.1.7 Emissionen aus der Landnutzung

An dieser Stelle sollen nur zwei Sektoren der Landnutzung herausgegriffen werden: Wälder und Landwirtschaft. Das in diesem Zusammenhang wichtige Thema

Bioenergie wurde ausführlich im WBGU-Gutachten „Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“ (WBGU, 2009a) sowie in Kapitel 4.1.5 und im Kasten 4.1-4 behandelt.

Etwa zwei Drittel der globalen Emissionen langlebiger Treibhausgase (THG) bzw. 78% der CO_2-Emissionen entstehen bei der Energieerzeugung, d.h. durch die Nutzung fossiler Energieträger. Der überwiegende Rest der Treibhausgasemissionen resultiert aus direkten Emissionen der Landwirtschaft und aus Landnutzungsänderungen.

Bei der Zuordnung von Emissionen aus der terrestrischen Biosphäre zu Sektoren oder Bedürfnisfeldern muss darauf geachtet werden, dass Doppelzählungen vermieden werden. So sind beispielsweise die CO_2-Emissionen aus Entwaldung von großer Bedeutung, sie machen knapp ein Achtel der gesamten globalen Emissionen aus und werden dem Sektor Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft zugeschrieben, während die Treibhausgasemissionen aus der Produktion von Agrargütern, etwa das Ausgasen von N_2O aus den Böden, dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet werden (IPCC, 1996).

Bei der Analyse von Emissionen aus Bedürfnisfeldern müssen die Emissionen des gesamten Lebenszyklus betrachtet werden. Bei Ernährung (Kap. 4.3.4) sind dies die direkten Emissionen aus der Landwirtschaft, aber auch die Emissionen aus dem weiteren Lebenszyklus der Produkte (Transport, Verarbeitung, Lagerung usw.). Hinzu kommen die assoziierten indirekten Emissionen etwa aus Waldrodungen, die vorgenommen werden, um später auf diesen Flächen Nahrungsmittel oder Biomasse für energetische oder stoffliche Nutzung zu erzeugen.

Diese indirekten Emissionen aus Landnutzungsänderungen spielen eine besonders große Rolle bei der Produktion von Agrargütern (WBGU, 2009a). Bei der Umwandlung von Wäldern und Feuchtgebieten in Äcker oder Weiden werden sofort und in den Folgejahren erhebliche Mengen an Treibhausgasen freigesetzt, die in der Biomasse sowie in den Böden gespeichert waren (u.a. durch Bodenerosion; Kap. 1.1.3). Für das Jahrzehnt 2000–2009 werden die Treibhausgasemissionen aus Landnutzungsänderungen im Mittel auf 4,0 Gt CO_2 pro Jahr geschätzt, mit abnehmender Tendenz, so dass ihr Anteil an den globalen CO_2-Emissionen von ca. 20% in den 1990er Jahren auf ca. 11,5% im Jahr 2009 gesunken ist, vor allem wegen verminderter Entwaldung in den Tropen (Friedlingstein et al., 2010; GCP, 2011). Knapp zwei Drittel der globalen CO_2-Emissionen aus Landnutzungsänderungen stammten 2005 aus Brasilien und Indonesien (WRI-CAIT, 2011). Zudem wird durch Rodung bzw. Trockenlegung natürlicher oder naturnaher Ökosysteme in der Regel aus einer THG-Senke eine THG-Quelle, so dass auch in den Folgejahren zusätzliche Emissionen hinzukommen. Insgesamt ist die Quantifizierung der Emissionen aus Landnutzungsänderungen mit größeren Unsicherheiten behaftet als die Emissionen aus dem Energiesektor (Herzog, 2009).

4.1.7.1 Wälder und Klimaschutz

Über 4 Mrd. ha Waldfläche bedecken etwa 31% der globalen Landfläche (FAO, 2010a). Der aktuelle Waldzustandsbericht der FAO verdeutlicht, dass sich die globale Waldfläche weiter verringert. Die globale Entwaldungsrate, die vornehmlich durch die Umwandlung von tropischen Wäldern in landwirtschaftliche Nutzfläche sowie zerstörerische Waldnutzung vorangetrieben wird, bleibt mit 13 Mio. ha pro Jahr in den letzten 10 Jahren auf einem sehr hohen Niveau. Großflächige Anpflanzungen in China, Indien und Vietnam haben vorübergehend dazu geführt, dass sich der globale Nettowaldverlust in den letzten 10 Jahren auf insgesamt 5,2 Mio. ha pro Jahr reduziert hat.

Die Wälder gehören zu den größten Kohlenstoffspeichern der Erde und speichern bis zu 650 Gt C (2.380 Gt CO_2). Davon sind ca. 44% in der Biomasse gebunden, 11% in Totholz und Streu, sowie ca. 45% im Boden (FAO, 2010a). Entwaldung und zerstörerische Waldnutzung stellen daher eine der größten CO_2-Quellen weltweit dar. Aktuell wird die Abnahme im globalen Kohlenstoffspeicher Wald auf 0,5 Gt C (1,8 Gt CO_2) pro Jahr im Zeitraum 2000–2010 geschätzt, was sich insgesamt für die Dekade auf 5 Gt C (18 Gt CO_2) summiert (FAO, 2010a). Allerdings könnten die Emissionen aus Entwaldung weitaus höher sein, da die vorhandenen Datensätze sowohl bezüglich der regionalen Verteilung als auch in der Gesamtsumme voneinander abweichen und nicht konsistent sind. Das Global Carbon Projekt schätzt die Emissionen, die alleine durch die fortschreitende Entwaldung und zerstörerische Waldnutzung durch den Menschen verursacht werden, auf 2,6–4,0 Gt CO_2 für die Jahre 2000–2009 (GCP, 2010).

Trends und Minderungspotenziale

Es ist davon auszugehen, dass die Ausweitung der Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion die Entwaldungsrate und die Emissionen weiter steigern werden. Insbesondere steigt die Zahl der Palmöl- und Sojaplantagen sehr schnell an. Die Trockenlegung und Rodung bewaldeter Moorböden in Südostasien setzt alleine geschätzte 632 Mt CO_2 pro Jahr frei, mit einem möglichen Anstieg zwischen 2015–2035 auf ein Emissionsmaximum von ungefähr 823 Mt pro Jahr (Hooijer et al., 2006). Weltweit werden die durch Trockenlegung und Brände von Moorböden entstehen-

den Emissionen auf über 2 Gt CO_2 pro Jahr geschätzt (Joosten, 2010). Die zunehmenden negativen Auswirkungen des Klimawandels, wie etwa Dürreperioden, Wald- und Torfbrände, Starkregen und Fluten, zusätzlich zur Entwaldung und Zerstörung der Moore, bleiben noch abzuwarten. Die Anreize für Wald- und Moorschutz sowie eine nachhaltige und multifunktionale Waldbewirtschaftung sollten daher weltweit eine größere Bedeutung erlangen, um zielgerichtet CO_2 zu binden und zu speichern. Aufforstungsprogramme sind an den Standort anzupassen und müssen vorher auf ihre THG-Bilanz untersucht werden, da sie nicht zwangsläufig zu einer nennenswerten Senkenbildung führen. Großskalige Aufforstung kann negative ökologische und sozioökonomische Auswirkungen haben.

Eine weitere Möglichkeit des Klimaschutzes im Waldbereich ist die Erhöhung der Kohlenstoffspeicher in bestehenden Wäldern durch verbesserte Managementtechniken, etwa eine Verlängerung von Erntezyklen oder eine Verringerung von Störungen, z.B. durch besseren Schutz vor Waldbränden (vor allem in subtropischen Breiten) oder durch Verminderung von Bodenverdichtung durch schwere Maschinen (vor allem in temperaten und borealen Breiten). Entscheidend ist zudem die Entwicklung eines effektiven Regimes zur Vermeidung von Emissionen aus Entwaldung und zerstörerischer Waldnutzung in den tropischen Waldländern in Verbindung mit Waldschutz, nachhaltiger Waldbewirtschaftung und einer sensiblen Aufforstung (REDD-plus) im Rahmen der Klimarahmenkonvention (UNFCCC; Kap. 7.3.7.2). Die verschiedenen Nachhaltigkeits- und Entwicklungsdimensionen müssen dabei berücksichtigt werden, wie etwa die Erhaltung der natürlichen Wälder und der biologischen Vielfalt sowie die Partizipation und die Rechte der lokalen sowie indigenen Bevölkerung. Weitere Potenziale für die Kohlenstoffsequestrierung und die indirekte Minderung von Emissionen ergeben sich in der Ausweitung und Umsetzung von unterstützenden Politiken zur Agroforstwirtschaft (ICRAF, 2010).

4.1.7.2 Landwirtschaft und Klimaschutz

Direkte Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion

Die Landwirtschaft trug laut (IPCC, 2007c) im Jahr 2005 mit 5,1–6,1 Gt CO_2eq pro Jahr ca. 10–12% zu den weltweiten anthropogenen THG-Emissionen bei, laut WRI-CAIT (2011) sind es sogar 16%. Insgesamt liegt der THG-Fußabdruck allein des Bedürfnisfelds Ernährung in derselben Größenordnung wie beim Bedürfnisfeld Mobilität (Abb. 4.3-1; Kap. 4.3.4; Fritsche und Eberle, 2007). Die CO_2-Emissionen aus der Landwirtschaft fallen dabei kaum ins Gewicht, sondern Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) sind zu etwa gleichen Teilen dafür verantwortlich. Lachgas ist ein Treibhausgas mit 114 Jahren Lebensdauer in der Atmosphäre. Es entsteht als Abbauprodukt nach Stickstoffdüngung und trägt mit etwa 2,8 Gt CO_2eq pro Jahr zu den anthropogenen Emissionen bei. 84% der globalen N_2O-Emissionen stammen aus der Landwirtschaft (Smith et al., 2008). Methan hat mit nur 12 Jahren eine deutlich geringere atmosphärische Lebensdauer und entsteht vor allem im Verdauungsapparat von wiederkäuendem Vieh sowie bei dem Anbau von Nassreis, insgesamt stammen etwa 3,3 Gt CO_2eq pro Jahr. 52% der globalen CH_4-Emissionen aus der Landwirtschaft (Smith et al., 2008).

Die direkten landwirtschaftlichen Emissionen von CH_4 und N_2O entstehen zu fast drei Vierteln in Entwicklungsländern (Smith et al., 2007; Thorpe, 2009). Dort sind Steigerungen zu beobachten, die mit der Ausweitung und Intensivierung der Landwirtschaft sowie der Zunahme der Viehwirtschaft zusammenhängen, während in Industrieländern die landwirtschaftlichen THG-Emissionen stagnieren (Smith et al., 2007).

Trends und Minderungspotenziale

In Zukunft wird mit weiter steigenden landwirtschaftlichen THG-Emissionen gerechnet, die vor allem durch die Bevölkerungsentwicklung und veränderte Ernährungsgewohnheiten verursacht werden (Kap. 1.2.5; IPCC, 2007c; Popp et al., 2010). Allerdings ist der künftige Verlauf der Emissionen höchst unsicher; die Schätzungen reichen von 6,7 bis 10,2 Gt CO_2eq pro Jahr im Jahr 2020 (Strengers et al., 2004; US-EPA, 2006). Das technische THG-Minderungspotenzial in der Landwirtschaft bis 2030 wird zwischen 5,0 und 6,0 Gt CO_2eq pro Jahr geschätzt (Caldeira et al., 2004; Smith et al., 2008). Je nach CO_2-Preis liegt das ökonomische Potenzial jährlich zwischen 1,5–1,6 Gt CO_2eq (<20 US-$ pro t CO_2eq) und 4,0–4,3 Gt CO_2eq (<100 US-$ pro t CO_2eq; Smith et al., 2008). Grob geschätzt wäre also die Hälfte der direkten landwirtschaftlichen Emissionen vermeidbar. 89% dieses Minderungspotenzials beruhen auf vermehrter C-Aufnahme der Böden durch verbessertes Management von Acker- und Weideland (Kap. 4.3.4.1). Etwa 70% des Potenzials liegt in Entwicklungsländern, etwa 20% in OECD-Ländern und 10% in Transitionsländern (IPCC, 2007c). Diese technischen Potenziale sind allerdings nicht so groß wie die Minderungen, die durch veränderte Ernährungsgewohnheiten erzielt werden können (Kap. 4.3.4.2).

4.2 Einsichten aus Energiemodellen und Klimaschutzszenarios

Die Literatur umfasst inzwischen mehrere Hundert komplexer globaler Szenarien, die langfristige Zukunftstrends des Energiesystems und damit verbundene Treibhausgasemissionen beschreiben. Bisher sind allerdings nur wenige transformative Szenarien darunter, die mit dem ambitionierten Ziel erstellt wurden, eine globale Temperaturerhöhung von mehr als 2 °C zu vermeiden (IPCC, 2007c; Meinshausen et al., 2009). Viele Modelle gehen von einer starken Trägheit der Energiesysteme aus und lassen deshalb nur relativ langsame, inkrementelle Abweichungen von einem projizierten Business-as-usual-Pfad zu. Beispielsweise wird in der Regel davon ausgegangen, dass ein Umbau nur im Rahmen der Investitionszyklen stattfinden kann, d.h. eine Infrastruktur wird so lange beibehalten, wie die ökonomische Lebensdauer es erlaubt bzw. die konventionelle Planungslogik es erfordert, z.B. mindestens 40 Jahre für ein Kohlekraftwerk. Andere sind anhand einer Backcasting-Strategie geschrieben, gehen also von einer in der Zukunft vorgegebenen Zielkonfiguration aus und beschreiben aus dieser Perspektive erforderliche Änderungsschritte, um diesen Richtungspunkt zu erreichen. Die dafür erforderlichen Veränderungsraten, etwa der Kohlenstoffintensität der Wirtschaft oder der Energieeffizienzverbesserung, können unter Umständen weit höher sein als jene, die aus historischen technischen Lernprozessen bekannt sind. Derartige Pfade sind daher auch spekulativer und z.T. an optimistische Annahmen in Bezug auf technische Lernfortschritte oder derzeit noch nicht entwickelte Technologien gebunden.

Im vorliegenden Kapitel analysiert der WBGU eine Anzahl transformativer Szenarien aus der Literatur. Ziel der Analyse ist nicht, aus den gegebenen Szenarien das aus Sicht des WBGU „beste" herauszufiltern und dessen Befolgung durch die Weltgemeinschaft zu empfehlen. Vielmehr geht es zunächst darum, ein Gesamtbild zu zeichnen. Die Szenarien zeigen eine Vielfalt transformativer Elemente, aus deren Kombination sich durchaus viele unterschiedliche Möglichkeiten ableiten lassen, wie das Energiesystem in Richtung einer nachhaltigen und klimaverträglichen Wirtschaftsweise verändert werden kann. Die Frage, ob eine Transformation möglich ist, die eine Einhaltung der 2 °C-Leitplanke erlaubt, ist damit zumindest in der Modellwelt eindeutig mit ja beantwortet. Und nicht nur das: Die Analysen legen nahe, dass auch eine solche Transformation, die einem erheblichen Zeitdruck unterliegt, noch einen großen politischen Gestaltungsspielraum lässt. Die genaue Bedeutung einzelner Technologien ergibt sich nicht zwangsläufig, sondern lässt Optionen zu.

4.2.1 Dynamiken der Primärtreiber

Demografische Trends und Wirtschaftswachstum sind primäre Treiber der Ressourcennachfrage und im Zeitalter der fossilen Energienutzung auch von THG-Emissionen (Abb. 4.2-1, 4.2-2, 4.2-3). Seit Anfang des 19. Jahrhunderts stieg die globale Bevölkerungszahl etwa um den Faktor 7 auf gegenwärtig knapp 7 Mrd. Die durchschnittliche Wachstumsrate betrug 0,9 % pro Jahr und die höchsten Wachstumsraten wurden dabei mit mehr als 2 % pro Jahr zwischen 1965 und 1970 verzeichnet. Seit 2000 ist das jährliche Bevölkerungswachstum auf etwa 1,2 % zurückgegangen und die Prognose der UN Population Division erwartet einen Rückgang auf 0,34 % bis 2050, wobei die Weltbevölkerung dann rund 9,2 Mrd. betragen wird (UN DESA, 2009b; Kasten 1.2-2).

Das globale Bruttoinlandsprodukt (BIP) stieg im langjährigen Durchschnitt von 1800 bis 2008 um 2,2 % pro Jahr, insgesamt um den Faktor 95, auf etwa 51.000 Mrd. US-$ (in internationalen Kaufkraftparitäten; Maddisson, 2010). Dieses Wachstum hat im Gegensatz zum Bevölkerungswachstum in den jüngsten Jahren deutlich zugelegt. Zwischen 1990 und 2008 verdoppelte sich das globale BIP etwa und die durchschnittliche Wachstumsrate zwischen 2000 und 2008 lag bei 4,2 % pro Jahr (Maddisson, 2010). Ein Sonderbericht des IPCC im Jahre 2000 beschäftigte sich mit der Fortschreibung dieser Dynamiken und der Sensitivität von Emissionstrajektorien auf Variationen in Primärtreibern (Nakicenovic et al., 2000). Seit den 1970er Jahren wird systematisch die Beziehung zwischen Primärtreibern und Umweltverbrauch diskutiert (Kasten 4.2-1).

Der globale Primärenergieverbrauch stieg seit 1800 um den Faktor 24 (durchschnittlich 1,5 % pro Jahr) und der Endenergieverbrauch um den Faktor 17 (1,4 % pro Jahr). Beide Größen wuchsen also rascher als der Bevölkerungsanstieg, aber deutlich langsamer als die Wirtschaftsleistung. Im Zeitraum 2000–2008, Jahren des raschen Wachstums vor allem in Asien, stieg die Primärenergienachfrage mit 2,6 % pro Jahr, die Endenergienachfrage mit rund 2,2 % pro Jahr. Grund für die Diskrepanz dieser Kenngrößen ist die rasch fortschreitende Nachfrage nach höherwertigen Energieträgern wie Elektrizität und Erdölprodukten, deren Herstellung Umwandlungsverluste mit sich bringt.

Die CO_2-Emissionen beliefen sich im Jahr 1850 noch auf etwa 2 Gt pro Jahr, wobei Emissionen aus Land-

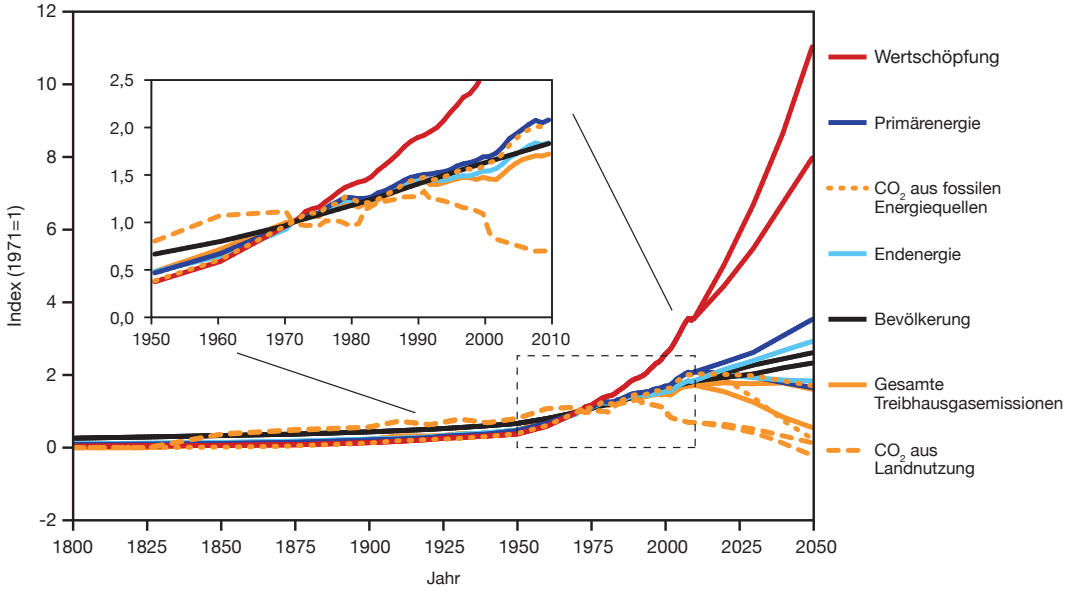


Abbildung 4.2-1
Globale Trends von Primärtreibern und Emissionen 1800–2008. In der Einsatzgraphik ist der Zeitraum 1950–2010 vergrößert dargestellt. Um die Trends vergleichbar zu machen, ist jeweils ein Index dargestellt, für den die Daten so skaliert wurden, dass der Wert im Jahr 1971 genau 1 beträgt. Datenquellen für den Vergleich der historischen Langzeittrends bis 2008 sind Grübler, 2008b; Houghton, 2008; Schneider et al., 2009; IEA, 2009a; Boden et al., 2010, aktualisiert mit Daten aus Friedlingstein et al., 2010. Die zukünftigen Trends 2008–2050 sind als Spannbreite (Maximal- und Minimalwerte) der in Kapitel 4.2.3 vorgestellten Szenarios abgebildet.
Quelle: WBGU, auf Grundlage der genannten Datenquellen

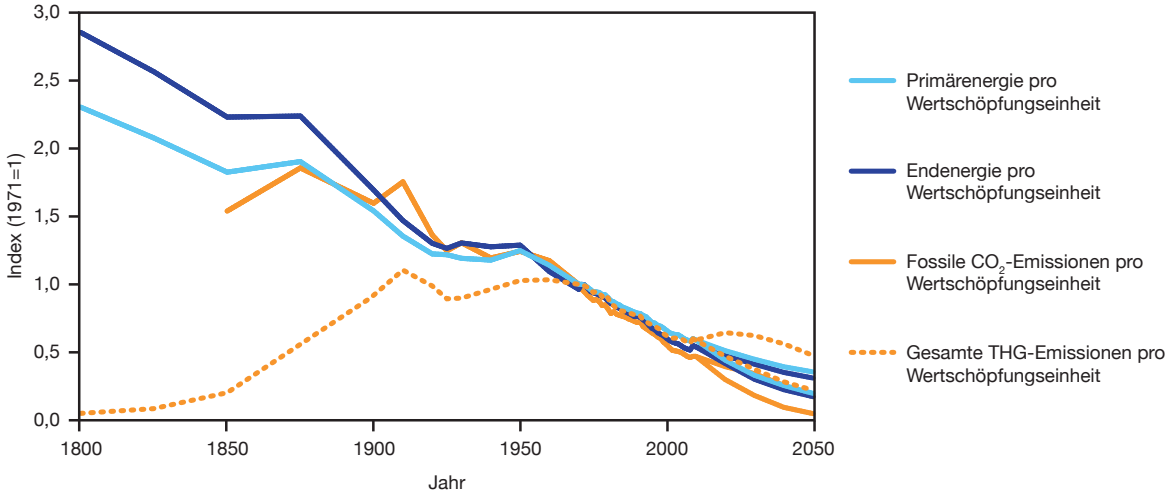


Abbildung 4.2-2
Globaler Energieverbrauch und CO_2-Emissionen pro Wertschöpfungseinheit. Um die Trends vergleichbar zu machen ist jeweils ein Index dargestellt, bei dem die Daten so skaliert wurden, dass der Wert im Jahr 1971 genau 1 beträgt. Die zukünftigen Trends 2008–2050 sind als Spannbreite (Maximal- und Minimalwerte) der in Kapitel 4.2.3 vorgestellten Szenarios abgebildet.
Quelle: WBGU, auf Grundlage der in Abbildung 4.2-1 genannten Datenquellen

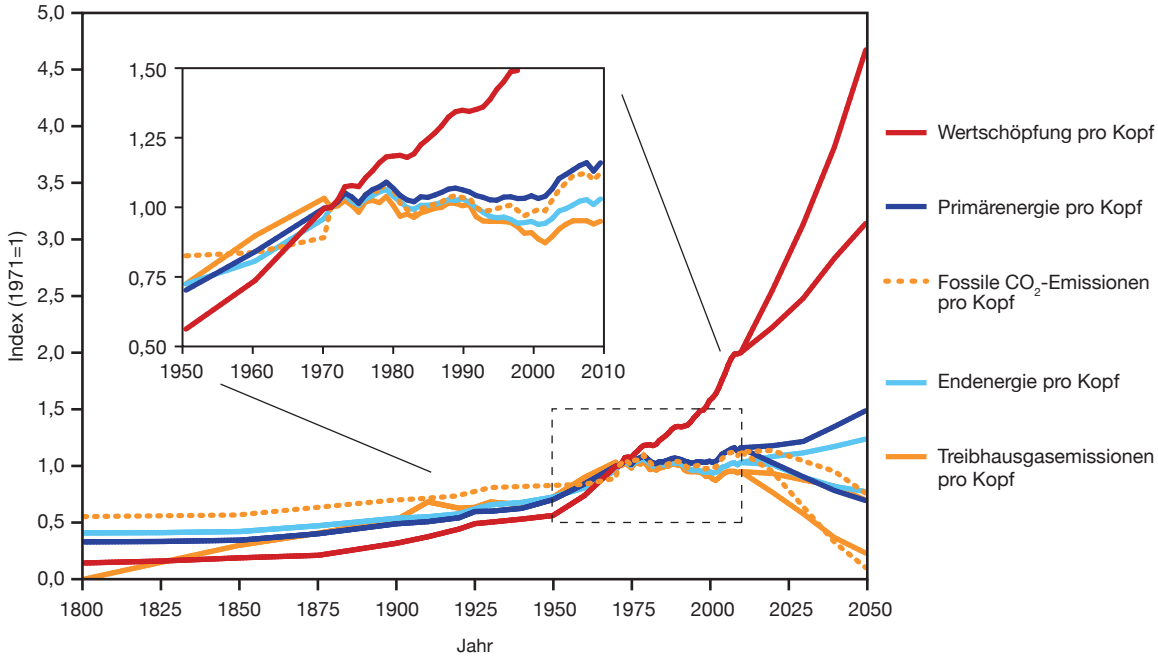


Abbildung 4.2-3
Jährlicher globaler Energieverbrauch und CO_2-Emissionen pro Kopf. In der Einsatzgraphik ist der Zeitraum 1950–2010 vergrößert dargestellt. Um die Trends vergleichbar zu machen, ist jeweils ein Index dargestellt, bei dem die Daten so skaliert wurden, dass der Wert im Jahr 1971 genau 1 beträgt. Die zukünftigen Trends 2008–2050 sind als Spannbreite (Maximal- und Minimalwerte) der in Kapitel 4.2.3 vorgestellten Szenarios abgebildet.
Quelle: WBGU, auf Grundlage der in Abbildung 4.2-1 genannten Datenquellen

nutzungsänderungen etwa das Zehnfache der Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger ausmachten (Houghton, 2008). Um 1910 waren beide Aktivitäten etwa gleichbedeutend und die jährlichen Emissionen lagen bei 6,5 Gt CO_2. Um 1970 lagen die jährlichen CO_2-Emissionen insgesamt bei 20 Gt, davon rund drei Viertel aus fossilen Quellen. Seit 1990 sind CO_2-Emissionen aus Landnutzungsänderungen rückläufig. Die gesamten CO_2-Emissionen umfassten im Jahr 2008 etwa 35 Gt, etwa ein Zehntel davon geht nach wie vor auf Landnutzungsänderungen zurück (Friedlingstein et al., 2010).

Einige der komplexeren Integrated-assessment-Modelle wie IMAGE oder MESSAGE berücksichtigen neben CO_2 auch explizit andere Treibhausgase wie z. B. CH_4 und N_2O aus der Landwirtschaft sowie Treibhausgase aus Industrieprozessen; in vielen anderen Modellen werden sie nicht modelliert.

Die Energieintensität der globalen Wertschöpfung sank über die vergangenen 208 Jahre etwa um den Faktor 4 für Primärenergie und Faktor 5 für Endenergie. Die fossile CO_2-Intensität der Wertschöpfung stieg bis in die erste Dekade des 20. Jahrhunderts auf globaler Ebene und ging seit etwa 1970 deutlich zurück. Die gesamte CO_2-Intensität (inklusive Landnutzungsänderungen) sank seit 1850 etwa um den Faktor 3. Seit 2000 sinken Primär- und Endenergieintensität im Mittel um 1,5 % bzw. 1,9 % jährlich, CO_2-Intensität aus fossilen Quellen bzw. gesamt CO_2-Intensität (inklusive Landnutzungsänderungen) sinken um 1,2 % bzw. 2,3 % jährlich (eigene Rechnung auf Basis der Quellen von Abb. 4.2-1).

Die Wertschöpfung pro Kopf stieg seit 1800 etwa um den Faktor 14, durchschnittlich um 1,3 % pro Jahr. In der Zeit seit 1990 lag dieser Wert bei durchschnittlich 2,9 %.

Der Endenergieverbrauch pro Kopf von 2008 entspricht etwa dem 2,5-fachen Wert von 1800 und der Primärenergieverbrauch stieg um den Faktor 3,5. Der Primärenergieverbrauch pro Kopf blieb zwischen 1970 und 2000 etwa konstant, seit 2000 wächst er allerdings wieder um durchschnittlich 1,4 % pro Jahr.

Die gesamten CO_2-Emissionen pro Kopf erreichten in den frühen 1970er Jahren Höchstwerte von rund 5,5 t pro Kopf. Seitdem wuchsen Emissionen zunächst ähnlich schnell wie die Bevölkerung, wodurch globale Pro-Kopf-Emissionen etwa konstant blieben. Emissionen von CO_2 aus Landnutzungsänderungen waren seit 1990 allerdings deutlich rückläufig, ein Trend der zunächst die weiterhin steigenden CO_2-Emissionen aus fossilen Energiequellen überkompensierte. Zwischen 2000 und 2008 stiegen die Emissionen aus fossilen Quellen allerdings pro Kopf etwa um 1,7 % pro Jahr, die Gesamtemissionen (inklusive CO_2 aus Landnutzungs-

Kasten 4.2-1

Wirtschaftswachstum und Transformation

Wirtschaftswachstum kann die Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft einerseits begünstigen, andererseits behindern (Kasten 5.2-1). Zumindest in der Vergangenheit waren zunehmender Wohlstand der Weltgesellschaft und ein erhöhter Ausstoß von CO_2-Emissionen stark korreliert (Raupach et al., 2007; Edenhofer et al., 2009a). Seit langer Zeit wird im Kontext des Umweltschutzes eine Debatte um die Möglichkeit oder Unmöglichkeit eines unbegrenzten Wachstums sowie um die Vereinbarkeit von Klimaschutz bzw. nachhaltigem Ressourcenverbrauch mit Wirtschaftswachstum geführt (Georgescu-Roegen, 1971; Kasten 5.2-1). Dabei ist bis heute völlig offen, ob die im Zuge der Transformation geforderte globale Reduktion der CO_2-Emissionen bei einer wachsenden Weltwirtschaft und steigenden Bevölkerungszahlen, wie sie bis mindestens 2050 prognostiziert werden, möglich ist. Dazu müsste eine absolute Entkopplung ökonomischer Aktivität von CO_2-Emissionen erreicht werden, wobei aus heutiger Sicht unklar ist, ob dies machbar ist.

Gemäß der sogenannten Kaya-Identität (Ehrlich und Holdren, 1971; Nakicenovic et al., 2000) gibt es vier Haupteinflussgrößen auf die CO_2-Emissionen einer Volkswirtschaft: die Bevölkerungszahl, die Höhe des Wohlstands (BIP pro Kopf), die Energieintensität des BIP (Energieverbrauch pro Einheit BIP) und die CO_2-Intensität der Energieerzeugung (CO_2-Emissionen pro Einheit erzeugte Energie). Diese Einflussgrößen stehen in multiplikativem Zusammenhang:

CO_2-Emissionen = Bevölkerung x (BIP/Bevölkerungszahl) x (Energieverbrauch/BIP) x (CO_2-Emissionen/erzeugte Energie)

Das globale Bevölkerungswachstum verlangsamte sich seit den Spitzenwerten in den 1970er Jahren auf derzeit etwa 1% pro Jahr (Maddison, 2010). Die UN Population Division rechnet in ihrer mittleren Prognose damit, dass bis zum Zeitraum 2045–2050 die jährliche Wachstumsrate auf etwa 0,34% zurückgeht (UN DESA, 2009b). Das globale Wirtschaftswachstum (gemessen in Kaufkraftparitäten) lag im langfristigen Durchschnitt zwischen 1800 und 2008 bei etwa 2,2% und zwischen 2000 und 2008 bei durchschnittlich 4,2% (Maddisson, 2010).

Eine absolute Entkopplung wäre erreicht, wenn bei steigender Bevölkerungszahl und fortwährendem Wirtschaftswachstum die CO_2-Emissionen konstant blieben oder sogar absinken würden. Dazu sind eine Reduktion der Energieintensität des BIP (Energieverbrauch/BIP) sowie der CO_2-Intensität der Energieerzeugung (CO_2-Emissionen/Energieverbrauch) notwendig. Zwischen 1980 und 2008 verringerte sich die Energieintensität der Produktion global um ca. 32%, was im Durchschnitt der letzten 30 Jahre einer jährlichen Reduktion um etwa 1,1% entspricht (van Vuuren et al., 2010; IEA, 2010c). Die CO_2-Intensität der Energieerzeugung verringerte sich global zwischen 1971 und 2005 um etwa 0,1% (US-EIA, 2010; van Vuuren et al., 2010).

Die bisher erfolgten Verringerungen in der Energieintensität des BIP sowie in der CO_2-Intensität der Energieerzeugung reichten also noch nicht aus, um eine absolute Entkopplung zu erreichen. Dementsprechend nahmen die globalen CO_2-Emissionen in den vergangenen Jahren global kontinuierlich zu. Insgesamt stiegen die globalen Emissionen zwischen 1990 und 1999 um etwa 1% jährlich und zwischen 2000 und 2005 um etwas mehr als 3% jährlich (Raupach et al., 2007). Die Fortsetzung dieses Emissionstrends wird auch für die kommenden Jahre erwartet, sobald die Weltwirtschaft nach der Finanz- und Wirtschaftskrise wieder auf ihren Wachstumspfad zurückgefunden hat (Friedlingstein et al., 2010).

Ist absolute Entkopplung möglich? Ergebnisse aus der Dekompositionsanalyse

In den vergangenen Jahren hat das Wirtschaftswachstum die Effizienzgewinne aus technischen Innovationen in der Energieerzeugung und Produktion überkompensiert. Zu diesem Ergebnis kommen auch verschiedene Studien, die mit Hilfe der Dekompositionsanalysen die zeitliche Entwicklung der CO_2-Emissionen aus der Entwicklung seiner Einflussfaktoren über die Zeit erklären (z.B. Hamilton und Turton, 2002).

Dies bedeutet jedoch nicht, dass dies auch in Zukunft so sein muss. Edenhofer et al. (2009a) vergleichen verschiedene Integrated-assessment-Modelle (REMIND-R, IMACLIM-R, WITCH) um zu untersuchen, ob eine Dekarbonisierung der Weltwirtschaft mit einer Stabilisierung der atmosphärischen CO_2-Konzentration bei 450 ppm kompatibel ist. In ihrer Dekompositionsanalyse kommen sie zu dem Ergebnis, dass bei einer Transformation der Energiesysteme mit dem Ziel der Stabilisierung der CO_2-Konzentration bei 450 ppm technologische Innovationen (d.h. Verbesserung der Energieeffizienz sowie eine Dekarbonisierung der Energieerzeugung) den durch Wirtschaftswachstum bedingten Emissionsanstieg überkompensieren können. Dadurch könnte bei durchschnittlichen langfristigen Wachstumsraten des BIP in Höhe von global ca. 2,1–2,4% pro Jahr im Zeitraum bis 2100 zumindest in den Modellen ein Rückgang der CO_2-Emissionen ab etwa 2020 oder 2025 erreicht werden (Edenhofer et al., 2009a; Jakob et al., 2009).

Ähnliche Berechnungen werden von Edenhofer et al. (2010) auch mit den Modellen MERGE, POLES, TIMER und E3MG durchgeführt. Auch in diesem Modellvergleich werden BIP-Wachstumsraten im Bereich von jährlich 3% bis Mitte des Jahrhunderts zugrundegelegt (Edenhofer et al., 2010; van Vuuren et al., 2010). Die Modellrechnungen von Edenhofer et al. (2009a, 2010) zeigen insgesamt, dass bei durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten im Bereich von 3% bis Mitte des Jahrhunderts bzw. von 2% bis 2100 eine Dekarbonisierung auf Basis technischer Innovationen theoretisch möglich, wenn auch herausfordernd ist. Dafür ist eine Vervielfachung der Maßnahmen zur Dekarbonisierung sowie zur Erhöhung der Energieeffizienz weltweit erforderlich. Nach Schätzungen der IEA müsste die Verringerung der CO_2-Intensität der Wirtschaft insgesamt (t CO_2 pro BIP) für eine Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq verglichen mit dem Zeitraum 1990–2008 im Zeitraum 2008–2020 mit der doppelten Änderungsrate und im Zeitraum zwischen 2020 und 2035 mit der vierfachen Änderungsrate vonstatten gehen (IEA, 2010c).

änderungen) stiegen um 0,6 % pro Jahr (Friedlingstein et al., 2010).

4.2.2 Klimaschutz in Modellen

Klimaschutz kann in Modellen und Szenarien unterschiedlich repräsentiert werden. Es lassen sich zunächst grob drei einander ergänzende Strategien zur Vermeidung von CO_2-Emissionen kategorisieren.

1. Effizienzsteigerungen in der Art und Weise, wie Energie bereitgestellt und verbraucht wird, stellen das zunächst größte und in der Regel kostengünstigste Einsparpotenzial für Treibhausgasemissionen dar, nicht zuletzt weil dabei zukünftige Energiekosten eingespart werden. In den vergangenen 200 Jahren wuchs die Wirtschaft durchweg schneller als die Energienachfrage (Abb. 4.2-2), die Energieintensität der globalen Wirtschaftsleistung nahm also durchgehend ab. Neben Änderungen der Wirtschaftsstruktur und zunehmender Bedeutung des tertiären Sektors sind dabei technische Verbesserungen der energetischen Effizienz wirksam. Besonders relevant sind dabei Verbesserungen der Endnutzungseffizienz, da sie Multiplikatoreffekte auf den Primärenergiebedarf erzielen. Eine Einheit Strom, die eingespart wird, ersetzt drei Einheiten Primärenergie und deren Emissionen, solange die Energieerzeugung auf fossiler Basis erfolgt. Verbesserungen der Endnutzungseffizienz werden aber dadurch erschwert, dass sie oft dezentral nahe am Verbraucher erfolgen müssen. Sie betreffen dadurch viele Akteure, Institutionen und Technologien, potenziell auch Normen und Verhaltensmuster. Im Gegensatz dazu zeichnet sich die Angebotsseite des Energiesystems (z.B. die Stromerzeugung) durch ein hohes Maß an Zentralisierung aus. Technische Änderungen sind dort leichter zu implementieren.
2. Die Dekarbonisierung der Energiebereitstellung ist ein genereller Trend in der technischen Evolution von Energiesystemen und schritt in den vergangenen 150 Jahren mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 % pro Jahr voran (Nakicenovic, 1996). Energiebedingte Treibhausgasemissionen stiegen im langjährigen Durchschnitt langsamer als der Energieverbrauch (Abb. 4.2-1). Dieser Prozess wird durch die Substitution kohlenstoffreicher Energieträger mit relativ niedriger Energiedichte wie Biomasse und Kohle durch weniger kohlenstoffhaltige Energieträger mit höherer Energiedichte (wie Öl, Gas) und nahezu treibhausgasfreie Energieformen (Nuklearenergie, erneuerbare Quellen) hervorgerufen. Der generelle Trend auf der Nachfrageseite hin zu netzgebundenen Energieträgern (Strom, Gas), die für den Konsumenten sicherer und bequemer zu verwenden sind, unterstützt diese Dynamik. Für die Beschleunigung dieses Prozesses besteht eine Vielzahl technischer Optionen, inklusive des Ausbaus treibhausgasarmer Energien (erneuerbare Quellen, Nuklearenergie) sowie der technischen Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid (CCS). Es war in den Jahren seit 2000 allerdings eine „Rekarbonisierung" des globalen Energiesystems zu beobachten, die vom Langzeittrend abwich. Diese wurde vor allem durch den rapiden Ausbau von Kohlekraftwerken zur Stromerzeugung in China verursacht.
3. Eine Vielzahl von Maßnahmen kann die Aufnahme und Speicherung von Kohlenstoff in Böden im Rahmen land- und forstwirtschaftlicher Nutzung verstärken und Trends der Bodenerosion und des Humusverlusts revidieren (Kap. 7.3.7). Dazu gehören Initiativen zum Stopp der Entwaldung und zum Schutz von Waldflächen vor Bränden. Solche Maßnahmen haben über den Klimaschutz hinaus eine Vielzahl von sozialen und ökosystemaren Begleitnutzen, erfordern aber neben Infrastrukturinvestitionen, z.B. in Bewässerungssysteme und Nährstoffversorgung, an vielen Stellen institutionelle Strukturveränderungen, z.B. Landreformen. Friedlingstein et al. (2010) berichten von Fortschritten in der Eindämmung landnutzungsbedingter CO_2-Emissionen in der jüngsten Vergangenheit: Nach ihren Untersuchungen sanken diese von über 5 Gt im Jahr 2000 auf derzeit rund 3,2 Gt.

Die im folgenden Abschnitt vorgestellten Szenarien können anhand der oben präsentierten Kernparameter (z.B. Änderungsraten der Treibhausgasintensität des Energiesystems, Energieintensität des BIP, BIP und Energieverbrauch pro Kopf usw.) sowie anhand von Unterschieden in der Kombination der hier vorgestellten Maßnahmen verglichen werden. Für den Klimaschutz sind letztendlich nicht allein die CO_2-Emissionen ausschlaggebend – auch die Emissionen anderer Treibhausgase spielen eine Rolle. Diese werden allerdings nicht in allen der hier vorgestellten Szenarien explizit mit berechnet.

4.2.3 Szenarios

Im Folgenden werden 14 Szenarios und Modellergebnisse vorgestellt, die alternativ mögliche Pfade einer Transformation in Richtung eines klimaverträglichen Energiesystems zeigen. Die Szenarien bestehen jeweils aus Kombinationen von plausiblen Maßnahmen, die

zukünftige Emissionstrends bestimmen. Die dazu verwendeten Modelle unterscheiden sich deutlich in ihrer Komplexität und reichen von einfachen Tabellenkalkulationen zu vollen Integrated-assessment-Modellen die in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung die Kopplung von Ökonomie, Energiesystem und Umweltprozessen abbilden. Nachfolgend werden die berücksichtigten Modelle und Szenarios vorgestellt.

Anhand des MESSAGE-Modells wurden für das *Global Energy Assessment* (GEA, 2011) Szenarios berechnet, die neben dem Ziel der Klimastabilisierung zahlreiche Begleitnutzen transformativer Änderungen der Energiesysteme untersuchen. Neben der Herausforderung, universellen Zugang zu Energiedienstleistungen zu schaffen, werden z.B. auch Implikationen auf Versorgungssicherheit und Luftverschmutzung analysiert. Diese Anforderungen gleichzeitig zu erfüllen ist ein normatives Ziel der Szenarien. Drei Szenarios wurden für das Global Energy Assessment erstellt, die durch Subszenarios mit Technologievarianten ergänzt werden (die Nummerierung der Modelle in den folgenden Absätzen entspricht der Abfolge der Szenarien in Abbildung 4.2-2 von links nach rechts): GEA-Efficiency (1) ist eine Szenariengruppe, die auf die maximale Nutzung von Energieeffizienz, insbesondere auf der Nachfrageseite, eingeht. Die Szenariengruppe mit dem Titel GEA-Mix (2) beschreibt einen mittleren Weg mit einer ausgewogenen Kombination von Technologieelementen. Es liegt damit zwischen den beiden Extrempositionen der Szenariogruppen GEA-Efficiency (1) und GEA-Supply (3). GEA-Supply betont Möglichkeiten der Technologieentwicklungen auf der Angebotsseite des Energiesystems sowie Fortschritte in Transporttechnologien und anderen Wachstumssektoren (Riahi et al., 2010).

In Vorbereitung des für 2014 geplanten 5. Sachstandsberichts des IPCC werden derzeit repräsentative Konzentrationspfade alternativer Entwicklungstrends (Representative Concentration Pathways, RCP) erarbeitet (IIASA, 2009). Das anspruchsvollste dort verwendete Szenario wurde mit Hilfe des IMAGE-Modells erstellt und zielt auf eine Klimastabilisierung unter 3 W pro m² (van Vuuren et al., 2007). Es trägt den Titel IMAGE 3PD (4) (peak and decline), und beschreibt einen Pfad, bei dem die Treibhausgaskonzentration im Jahr 2040 ein Maximum erreicht und anschließend wieder fällt – dabei wird eine maximale anthropogene Strahlungswirkung von 3 W pro m² erreicht, die im weiteren Verlauf des 21. Jahrhunderts auf 2,6–2,8 W pro m² zurückgeht.

Das REMIND-Modell (5) wurde in dem von WWF und der Allianz Versicherung geförderten Projekt RECIPE (Report on Energy and Climate Policy in Europe) verwendet (Edenhofer et al., 2009a).

Im Rahmen des EU-Projektes mit dem Titel ADAM (Adaptation and Mitigation Strategies) wurden u.a. Modellergebnisse verglichen, die von verschiedenen europäischen Forschergruppen mit den Modellen REMIND (6), MERGE ETL (7) und POLES (9) durchgeführt wurden (Edenhofer et al., 2010).

Für den IEA-Bericht „Energy Technology Perspectives 2008“ wurde mit Hilfe des Markal-Modells das Szenario ETP blue (8) erstellt.

Gemeinsam mit dem World Energy Council wurden am IIASA Szenarios mit dem Titel „Global Energy Perspectives“ unter Verwendung des MESSAGE-Modells berechnet (Nakicenovic et al., 1998). Ein Szenario mit dem Titel C1 (10) wird hier vorgestellt.

Im Energiesystemmodell MESAP wurden von DLR im Auftrag von Greenpeace und dem European Renewable Energy Council Szenarios mit dem Titel „Energy [R]evolution“ durchgeführt. Die erste dieser Studien wurde im Jahr 2007 veröffentlicht, sie wurde im Jahr 2008 aktualisiert (EREC und Greenpeace, 2008) (11) sowie im Jahr 2010 erneut aktualisiert (12) und in diesem Jahr noch durch eine weitere, ehrgeizigere Szenariovariante mit dem Titel „Advanced Energy [R]evolution“ (13) ergänzt (EREC und Greenpeace, 2010).

Das Szenario mit dem Titel „WBGU“ (14) diskutiert die Vision, bis 2050 eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energieträgern zu erreichen. Es basiert auf Extrapolationen gegenwärtiger Ausbauraten dieser Energiequellen. Die dazu getroffenen Annahmen wurden bereits in Kap. 4.1.5 im Detail diskutiert.

Weitere Details zu den Szenarios sind in der Tabelle 4.2-1 aufgeführt. Eine Gegenüberstellung des jeweiligen Primär- bzw. Endenergiebedarfs in den Szenarios ist, aufgeschlüsselt nach Energieträgern bzw. Energieformen, in Abbildung 4.2-4 und Abbildung 4.2-5 zu sehen. Zum Vergleich wird auch die historische Entwicklung des Energieverbrauchs von 1800 bis 2008 dargestellt, sowie von 2010 bis 2050 der Entwicklungspfad „GEA Efficiency“. Abbildung 4.2-6 zeigt jeweils die relativen Beiträge der einzelnen Energiequellen und Endnutzungsformen. In allen Darstellungen wird Primärenergie in Direktäquivalenten beschrieben (Kap. 4.1).

4.2.4 Szenariovergleich

Die Szenarien des GEA (2011), die mit den Modellen MESSAGE und IMAGE erarbeitet wurden, teilen mit 375–481 EJ Endenergie im Jahr 2050 eine aggressive Begrenzung der Nachfragesteigerung. Im Fall von GEA-Efficiency liegt die Endenergienachfrage 2050 kaum über der gegenwärtigen Nachfrage von 352 EJ im

Tabelle 4.2-1
Vergleich transformativer Energieszenarios bezüglich kumulativen CO_2-Emissionen bis 2050 und der Wahrscheinlichkeit 2 °C zu überschreiten. Die mit * markierten Szenarios bilden nur Teile der anthropogenen CO_2-Emissionen ab. Nicht-CO_2-Treibhausgase und landnutzungsbezogene Emissionen fehlen in diesen Szenarios. Emissionen aus dem internationalen Flug- und Schiffsverkehr, fugitive Emissionen und prozessbedingte Emissionen aus dem industriellen Sektor fehlen in einigen der markierten Szenarios. Um die fehlenden Anteile mit zu berücksichtigen (was zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit, 2 °C zu überschreiten, notwendig ist) wurden Korrekturfaktoren verwendet, ausgehend von den relativen Beiträgen dieser Aktivitäten im Jahr 2005. Die Wahrscheinlichkeiten, 2 °C zu überschreiten, wurden mithilfe des „2 °C check tool" aus dem ergänzenden Online-Material zu der Veröffentlichung von Meinshausen et al. (2009) berechnet.
§ Kohlenstoffpreise in US-$ pro t CO_2eq.
Quelle: WBGU auf Basis der in Abb. 4.2-4 aufgeführten Datenquellen.

Nr.	Modell, Szenario Name	Kumulative CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen 2000–2049	Wahrscheinlichkeit 2 °C zu überschreiten, ohne CCS	CCS bis 2050	Davon Bio-CCS	Wahrscheinlichkeit 2 °C zu überschreiten, mit CCS	Durchschnittliche Wachstumsrate erneuerbarer Energien 2010–2050	CO_2-Preise	
		[Gt CO_2]	[%]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[%]	[%/Jahr]	[US-$/t CO_2]	
								2030	2050
(1)	MESSAGE, GEA Efficiency	1.496	56	192	4,6	40	3	23	60§
(2)	MESSAGE, GEA Mix	1.391	47	92	4,6	40	3,5	67	177§
(3)	MESSAGE, GEA Supply	1.444	52	259	4,6	34	3,5	53	140§
(4)	IMAGE, RCP 3 PD	1.434	51	164	102	33	3	86	165
(5)	REMIND, RECIPE	1.455	51	77	35	43	4,4	22	92
(6)	REMIND, Adam	1.229	36	172	92	24	4,5	49	75
(7)	MERGE, ETL Adam	1.345	43	83	33	36	2,1	14	45
(8)	MARKAL, ETP Blue	?	?	59			3,6		
(9)	POLES, Adam	1.144	42	310	32	16	3,2	35	135
(10)	MESSAGE, WEC C1	1.138*	53				2		
(11)	MESAP, Energy [R]evolution 2008	?	?				3,7	30	50
(12)	MESAP, Energy [R]evolution 2010	1.107*	50				3,5	30	50
(13)	MESAP, Advanced Energy [R]evolution 2010	970*	38				4,1	30	50
(14)	WBGU	1.017*	41				4,8		

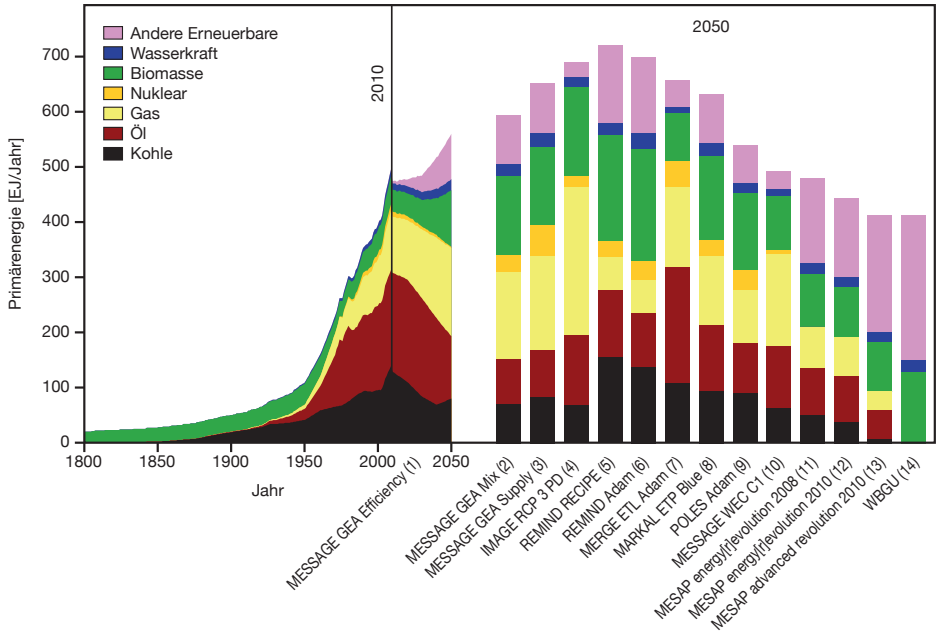


Abbildung 4.2-4
Globaler Primärenergiebedarf in transformativen Szenarien, aufgeschlüsselt nach Energieträgern. Für den Zeitraum 1800 bis 2008 ist der reale Primärenergiebedarf gezeigt, für die Jahre 2010 bis 2050 Ergebnisse aus dem Szenario MESSAGE GEA-Efficiency. Auf der rechten Seite ist eine Übersicht über die weiteren betrachteten Szenarien zu sehen: Gezeigt ist jeweils der Energiemix für das Jahr 2050, der sich aus dem jeweiligen Szenario ergibt. Wichtige Eigenschaften der Szenarien sind in Tabelle 4.2-1 zusammengestellt.
Quelle: WBGU, auf Basis der Daten von Nakicenovic, 1998; EREC und Greenpeace, 2008, 2010; IEA, 2008b; Edenhofer et al., 2009a, 2010; IIASA, 2009; GEA, 2011

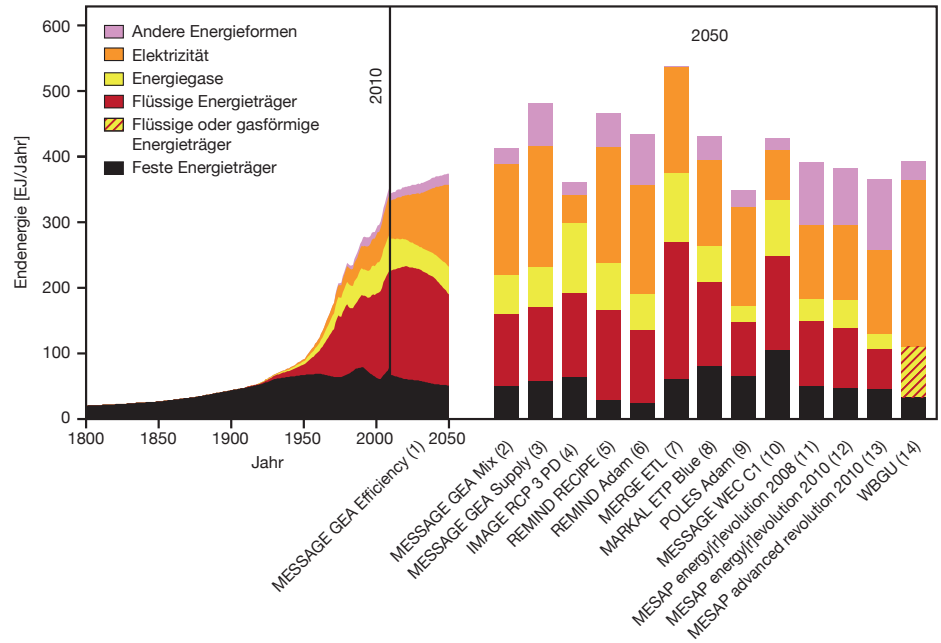


Abbildung 4.2-5
Globale Endenergienachfrage in transformativen Szenarien, aufgeschlüsselt nach Energieformen. Für den Zeitraum 1800 bis 2008 ist die reale Endenergienachfrage gezeigt, der Zeitverlauf 2010 bis 2050 stammt aus dem Szenario MESSAGE GEA-Efficiency; Auf der rechten Seite ist eine Übersicht über die weiteren betrachteten Szenarien zu sehen: Gezeigt ist jeweils die Endenergienachfrage und ihre Zusammensetzung für das Jahr 2050, die sich aus dem jeweiligen Szenario ergibt.
Quelle: WBGU, auf Basis der in Abbildung 4.2-4 aufgeführten Daten

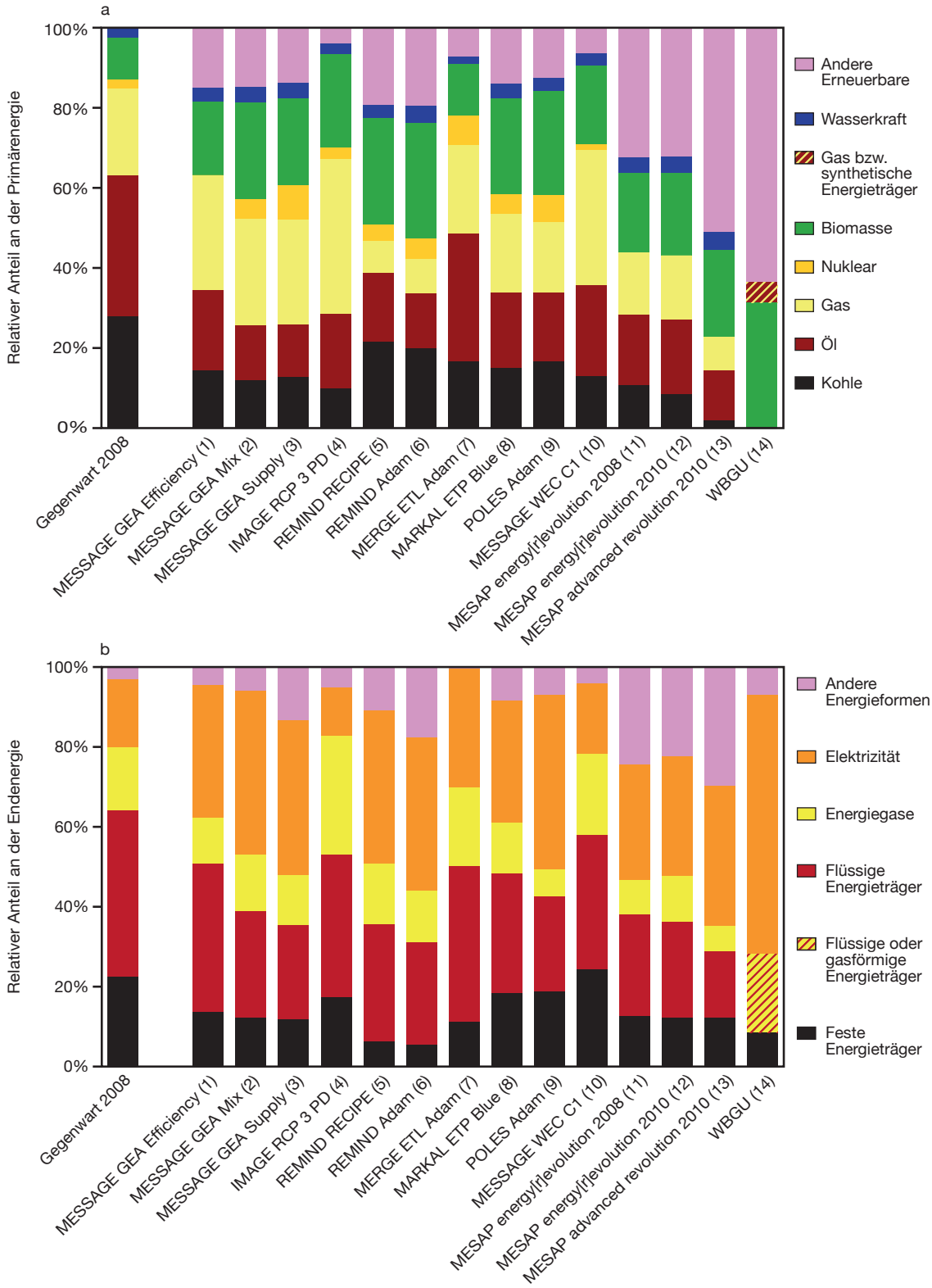


Abbildung 4.2-6
Relative Zusammensetzung von Primär- (oben) und Endenergie (unten) in der Gegenwart (2008) und im Jahr 2050, basierend auf verschiedenen transformativen Szenarien (Tab. 4.2-1; Abb. 4.2-4, 4.2-5).
Quelle: WBGU, auf Basis der in Abbildung 4.2-4 aufgeführten Daten

Jahr 2008. Die Komposition der Energieträger unterscheidet sich allerdings deutlich: 33–41% der Endenergie wird in Form von Strom nachgefragt, das ist mehr als doppelt so viel wie im Jahr 2008 (17%). Der relative Anteil an festen Energieträgern reduziert sich etwa um die Hälfte (von gegenwärtig 23% auf 12–14%). Auch die Bedeutung von Flüssigtreibstoffen, die gegenwärtig mit 42% die Endenergie dominieren, sinkt auf 23–37%, am deutlichsten im Szenario GEA-Supply. Die Kategorie „andere Energieformen" umfasst u.a. direkte Wärmenutzung wie solare Heizungssysteme sowie Block- und Fernheizungen (z.B. mit Kraft-Wärme-Kopplung). Diese Technologien vervielfachen ihren Beitrag zur Endenergie in allen GEA Szenarien von derzeit 11 EJ (3%) auf 17–65 EJ (4–13%) im Jahr 2050.

Auch auf der Angebotseite treten deutliche Verschiebungen auf: Der Beitrag von Kohle und Öl zur Primärenergie wird etwa auf die Hälfte reduziert, Biomasse und Wasserkraft verdoppeln etwa ihre Beiträge und die Kategorie „andere erneuerbare Energien" (hauptsächlich Wind und Solarenergie) wächst in diesen Szenarien in den kommenden 40 Jahren etwa um den Faktor 100. Im Szenario GEA-Efficiency kann Klimaschutz auch bei einem gleichzeitigen Ausstieg aus der Kernenergienutzung erreicht werden. Die Beiträge fossiler Energieträger werden von derzeit 85% auf 63–52% reduziert und der Gesamtbeitrag aller erneuerbaren Energien steigt mit 3–3,5% pro Jahr von derzeit 13% (64 EJ) auf 205–257 EJ, entsprechend 37–43% der Primärenergie. 92–259 Gt CO_2 werden in den GEA-Szenarien durch CCS gespeichert.

Das Szenario IMAGE RCP 3PD übertrifft die GEA-Szenarien in der Begrenzung des Endenergiewachstums: Mit 361 EJ liegt die Endenergienachfrage nur 9 EJ über dem Verbrauch von 2008. Im Gegensatz zu den GEA-Szenarien steigt in diesem Modell die Bedeutung von Energiegasen deutlich an. Diese stellen derzeit (2008) etwa gleich viel Endenergie zur Verfügung wie Elektrizität (rund 16%). Im IMAGE PCP 3PD steigt deren Bedeutung auf 30% bis 2050, der Anteil von Strom geht hingegen auf etwa 12% zurück. Feste und flüssige Energieträger verlieren auch hier an Bedeutung bei der Endenergie, allerdings weniger drastisch als bei den GEA-Szenarien.

Bei der Primärenergie betreffen bedeutende Verschiebungen im IMAGE RCP 3 PD den raschen Anstieg von Bioenergie: Bis 2050 steigt deren Beitrag um mehr als den Faktor 3 auf etwa 160 EJ, der Beitrag von Kohle sinkt von 28% auf 10% der Primärenergie und auch der Beitrag von Ölprodukten halbiert sich etwa. Andere erneuerbare Energien und Wasserkraft werden in diesem Modell nur vergleichsweise wenig ausgebaut. Auffällig hoch sind bei diesem Modell die Verluste zwischen Primär- und Endenergie: Nur rund 52% der Primärenergie werden als Endenergie nutzbar. Gegenwärtig betragen die Verluste auf globaler Ebene 29% und sinken in der Mehrzahl der Szenarien. Mit 102 Gt CO_2, die in Form von Bio-CCS gespeichert werden, dominiert in diesem Modell die Verwendung dieses Mechanismus zur Klimastabilisierung.

Zwei Versionen des Modells REMIND wurden hier betrachtet. Die Ergebnisse aus dem RECIPE Projekt, sowie die Ergebnisse aus dem EU Projekt ADAM weisen mit 717 EJ bzw. 696 EJ den höchsten Primärenergieverbrauch der Szenarien auf (145% des Verbrauchs von 2008). Der angenommene Ausbau der Bioenergie übertrifft mit 190 bzw. 200 EJ die Werte des IMAGE-Modells und den gegenwärtigen Verbrauch etwa um den Faktor 4. Das Modell teilt mit IMAGE die Eigenschaft großer Umwandlungsverluste zwischen Primär- und Endenergie: Nur 62–65% der Primärenergie werden in Endenergie umgesetzt. Dazu tragen insbesondere die relativ hohen Verluste in der Verarbeitung von Biomasse in hochwertige Energieträger und die Verluste bei der Kohleverstromung (auch mit CCS) bei. Auf Seiten der Endenergienutzung teilen die Ergebnisse von REMIND viele Eigenschaften mit den GEA-Szenarien: Auch hier wird Elektrizität mit 38% der Endenergie zum dominanten Energieträger, feste Energieträger werden hingegen um den Faktor 4 auf lediglich 6% des Endenergieverbrauchs reduziert. Auch in diesen Szenarien steigt der Beitrag der Kategorie „andere Energieformen" (vorwiegend direkte Wärmenutzung) mit 51–77 EJ auf das 5- bis 7-fache des Verbrauchs im Jahr 2008. Die Wachstumsraten der erneuerbaren Energien liegen mit 4,5-4,8% jährlich am oberen Rand dieses Modellvergleichs, die Gesamtmenge an CCS mit 77–172 Gt CO_2 im Mittelfeld. REMIND Adam liegt mit 92 Gt CO_2 als Bio-CCS allerdings auf Rang 2 für diesen Mechanismus.

Das Szenario MERGE-ETL ADAM weist mit 535 EJ die höchste Steigerung der Endenergienachfrage auf (+52% gegenüber 2008). Mit dann 39% flüssigen Energieträgern verringert sich deren Anteil nur geringfügig. Auch hier werden Elektrizität und Energiegase deutlich ausgebaut und der Anteil fester Energieträger etwa auf die Hälfte von 2008 reduziert. Auf der Primärenergieseite weist MERGE ETL gemeinsam mit GEA-Supply mit je rund 50 EJ Nuklearenergie einen der höchsten Werte in diesem Szenariovergleich auf (7–8% der Primärenergie im Jahr 2050).

Das von der IEA im Rahmen der Energy Technology Perspectives 2008 publizierte Szenario Markal ETP Blue ist auf der Nachfrageseite durch Steigerungen der Stromnachfrage auf 30% der Endenergie charakterisiert. Auf Seiten der Primärenergie wird sowohl Kernenergie als auch Biomasse etwa um den Faktor 3 (auf 30 EJ bzw. 150 EJ) gesteigert.

Poles ADAM weist mit 44% sehr hohe Anteile an Elektrizität an der Endenergie aus, und auch eine Steigerung der Kernenergie auf über 35 EJ Primärenergie. Mit über 310 Gt CO_2, die als CCS gespeichert werden, nutzt dieses Szenario diesen Mechanismus am stärksten unter den hier verglichenen Modellen. Es schafft es so, die Wahrscheinlichkeit, 2 °C zu überschreiten auf lediglich 16% zu reduzieren.

Das MESSAGE WEC C1 ist ein frühes ambitioniertes Klimaschutzmodell und durch hohe Anteile an Gas in Primär- und Endenergie bestimmt. Die Wachstumsraten erneuerbarer Energieträger liegen hier mit 2% pro Jahr niedrig im Vergleich zu den anderen Szenarien.

Die verbleibenden vier Szenarien MESAP Energy [R]evolution 2008, 2010 und Advanced Energy [R]evolution 2010 sowie das WBGU-Szenario sind die ambitioniertesten Szenarien in diesem Vergleich. In allen ist der Primärenergieverbrauch 2050 geringer als in der Gegenwart, auch wenn die Endenergienachfrage leicht gesteigert werden kann. Dies ist möglich, weil alle vier Szenarien noch stärker als in den REMIND Szenarien auf einen massiven Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung durch Wind und Photovoltaik setzen (Steigerungsraten der erneuerbaren Energien zwischen 3,7 und 4,8% pro Jahr). Insbesondere im Szenario Advanced Energy [R]evolution 2010 steigt auch die Nutzung von Geothermie. In den MESAP-Szenarien liegen die Steigerungsfaktoren im Zeitraum 2008–2050 für Primärenergieproduktion aus diesen Quellen zwischen Faktor 165 und 228, im Szenario WBGU bei Faktor 284. In allen vier Szenarien dominiert Elektrizität mit 29–65% die Endenergienachfrage. Im Szenario WBGU wird die Elektrizitätsproduktion insgesamt bis 2050 mit dem Faktor 4,2 gesteigert. In allen vier Szenarien wird sowohl eine globale Ausstiegstrategie aus Kerntechnologien verfolgt, als auch auf CCS verzichtet.

4.2.5 Diskussion

Alle hier ausgewählten Szenarios weisen eine deutliche Begrenzung der Endenergienachfrage auf, nur eines erwartet mehr als 500 EJ Endenergieverbrauch im Jahr 2050, einige bleiben unter 350 EJ und stabilisieren also etwa den aktuellen Verbrauch. Übereinstimmung besteht auch in der deutlichen Transformation der Endenergieform mit einem massiven Zuwachs netzgebundener Energien, d.h. ein deutliches Wachstum von Strom und Gas als Endenergie. Die erforderlichen Kohlenstoffpreise liegen zwischen 14 und 86 US-$ pro t CO_2 im Jahr 2030 und 45–165 US-$ pro t CO_2 im Jahr 2050.

Ausnahmslos alle Szenarios zeigen ambitionierte Ausbauraten erneuerbarer Energien, die meisten Szenarios mit durchschnittlichen Wachstumsraten von mehr als 3% oder sogar 4% pro Jahr über den 40-Jahreszeitraum von 2010 bis 2050. In vier der 14 verglichenen Szenarien können so bis 2050 mehr als 300 EJ Primärenergie pro Jahr aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden. Dies reicht jedoch nur in jenen Szenarios mit deutlich reduzierter Endenergienachfrage aus, um hohe prozentuale Anteile erneuerbarer Energien an der Primärenergie zu erreichen. In jenen Szenarios, in denen das Wachstum der Endenergienachfrage ambitioniert kontrolliert wurde, entstehen Handlungsoptionen auf der Angebotsseite, die es erlauben, auf Kernenergie zu verzichten und den Verbrauch fossiler Energien mit CCS gering zu halten.

Technologievarianten innerhalb einzelner Szenarios (Knock-out- oder Second-best-world-Varianten), wie sie in Integrated-assessment-Modellen z.B. mit MESSAGE bei den GEA-Szenarien oder im REMIND-Modell (Edenhofer et al., 2009a; Leimbach et al., 2010) durchgeführt wurden, weisen auf erhebliche Zusatzkosten der Klimastabilisierung hin, wenn das Technologieportfolio deutlich eingeschränkt wird, etwa z.B. gleichzeitig das Biomassepotenzial begrenzt ist, CCS nur stark eingeschränkt zur Verfügung steht, Kernenergie abgebaut wird und keine technischen Lernfortschritte bei Wind und Solartechnologien erfolgen. Die in den Modellen ermittelten Konsumverluste durch Klimastabilisierung steigen dann von 1% auf bis zu 4,2% des BIP und es ist fraglich, ob die in den Modellen angenommene Substitution von Energie durch Kapital in der Realität lösbar ist. Nur wenige der betrachteten Szenarien bleiben deutlich innerhalb des 2 °C- Emissionsbudgets von weniger als 750 Gt CO_2 im Zeitraum 2010 bis 2050 aus fossilen Quellen (Kasten 1.1-1) und erreichen mehr als 66% Wahrscheinlichkeit, den globalen Temperaturanstieg auf 2 °C zu begrenzen. Der WBGU schätzt die im Zeitraum 2000–2010 bereits erfolgten Emissionen auf 314 Gt CO_2. Die in der ersten Spalte von Tabelle 4.2-1 aufgeführten kumulierten CO_2-Emissionen abzüglich 314 Gt CO_2 geben also einen Richtwert für die kumulierten Emissionen der Szenarien für den Zeitraum 2010–2050. Nach dieser Überschlagsrechnung würden also nur MESAP Advanced Revolution und WBGU das Budget von 750 Gt CO_2 einhalten.

Das 2 °C-Ziel ist in der Regel über das ganze 21. Jahrhundert definiert und einige der Integrated-assessment-Modelle, z.B. (4), verfolgen sogenannte Overshoot-Trajektorien, die ein anfängliches Überschießen des sicheren Emissionsbudgets erlauben, das aber später durch ausgeprägte negative Emissionen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts kompensiert wird. Unter dieser Voraussetzung sind dann insgesamt wieder höhere Wahrscheinlichkeiten möglich als bis 2050 erkennbar, um die globale Temperaturerhöhung mit großer Wahr-

scheinlichkeit unter 2 °C zu halten.

Nicht alle der in Tabelle 4.2-1 angeführten Modelle konnten Emissionen aus der Landnutzung sowie Emissionen anderer Treibhausgase als CO_2 mit betrachten. Die Bewertung der Klimaverträglichkeit der Szenarien (10), (11), (12), (13) und (14) fußt in jenen Fällen (die in Spalte 2 von Tabelle 4.2.-1 mit * markiert sind) überwiegend auf der Analyse der CO_2-Emissionen aus fossilen Energieträgern - andere Emissionen wurden aufgrund ihrer relativen Beiträge im Jahr 2005 abgeschätzt (Tab. 4.2-1). Die vorliegende Metaanalyse von Klimaschutz- und Energieszenarien lässt aus Sicht des WBGU den Schluss zu, dass eine vollständige Dekarbonisierung der Energiesysteme möglich und erreichbar ist, um eine Einhaltung der 2 °C-Leitplanke mit etwa 50 % Wahrscheinlichkeit zu erlauben. Dafür muss allerdings der Umbau der Energiesysteme deutlich beschleunigt werden. Ein Umbau, der lediglich inkrementelle Abweichungen von einem scheinbar festgelegten BAU-Pfad erlaubt, wird keine Transformation erzeugen.

Ob und wie die Transformation erfolgreich sein kann wird jedoch keinesfalls innerhalb der Energiesysteme allein entschieden. Zahlreiche Faktoren, die in den gegenwärtigen Modellen nicht abgebildet werden können, bestimmen ihre Umsetzbarkeit. So wird etwa die Entwicklung der globalen Energienachfrage einen großen Einfluss darauf haben, wie viele Freiheiten beim Umbau der Energiesysteme möglich sind: Je besser es gelingt, den Anstieg der globalen Energienachfrage in den nächsten Jahrzehnten in Grenzen zu halten, desto eher kann auf riskante Technologien wie Nuklearenergie und CCS verzichtet werden. Ohnehin erstrebenswerte oder notwendige Veränderungen in vielen Lebensbereichen können genutzt werden, um Effizienzpotenziale und Einsparmöglichkeiten zu erschließen. Ein Beispiel dafür ist die fortschreitende Urbanisierung: Ihre Ausgestaltung wird einer der bestimmenden Faktoren für die Anforderungen an das Energiesystem der Zukunft sein.

4.3 Implikation auf Bedürfnisfelder

Im Folgenden sollen die Implikationen betrachtet werden, die eine Transformation in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaschutz für die verschiedenen Nachfragesektoren bzw. Konsumfelder hat. Skizziert wird, wie sich heutige Konsumpraktiken und Verhalten verändern müssen, um sowohl die Leitplanken einzuhalten (Kap. 1.1) als auch der gesamten Weltbevölkerung Zugang zu den mit Wohlstand verbundenen Dienstleistungen zu schaffen (Kap. 1.2.4), die auf Energienutzung basieren. Dabei geht es einerseits um die direkte und indirekte Energienachfrage, die aus den Sektoren erwächst. Die Begrenzung der globalen Endenergienachfrage bei wachsenden Energiedienstleistungen (besonders in Entwicklungsländern) ist eine wichtige Voraussetzung, um den Umbau der Energiesysteme zu ermöglichen und die 2 °C-Leitplanke einzuhalten (Kap. 4.2). Darüber hinaus geht es um die Begrenzung von Treibhausgasemissionen, die über die energiebedingten Emissionen hinaus direkt oder indirekt durch die verschiedenen Konsumfelder verursacht werden.

Noch immer hat ein großer Teil der Weltbevölkerung keinen Zugang zu modernen Energieformen und damit zu Dienstleistungen in den hier definierten Bedürfnisfeldern. 1,5–2,5 Mrd. Menschen haben keinen oder unzureichenden Zugang zu Elektrizität und etwa 3 Mrd. benutzen noch immer traditionelle Biomasse zum Kochen und teilweise auch zum Heizen, was gravierende wirtschaftliche, soziale und gesundheitliche Folgen hat (IEA et al., 2010b). Vielfach fehlt auch der Zugang zu ausreichend mechanischer Energie für Transport und Landwirtschaft. Während diese Zahlen ohne gezielte Maßnahmen sogar leicht steigen könnten, ist die Schaffung von universalem Zugang zu einem Mindestmaß an moderner Energie trotz Bevölkerungswachstum in den betroffenen Regionen bis zum Jahr 2030 erreichbar (IEA et al., 2010b; AGECC, 2010; GEA, 2011). Die Transformation der Energiesysteme in entwickelten Ländern und die Schaffung des Zugangs zu modernen Energiedienstleistungen in Ländern, in denen dieser noch nicht universell gegeben ist, können dabei Synergien erzeugen, die zur gleichzeitigen Bewältigung dieser beiden Transformationen genutzt werden sollten (AGECC, 2010). Werden in Ländern mit universellem Zugang zu Elektrizität effizientere Technologien, wie beispielsweise LED-Beleuchtung, zur Senkung des Stromverbrauchs entwickelt und kommerzialisiert, so verbessert dies die Möglichkeiten des Zugangs zu elektrischer Beleuchtung in ländlichen Gebieten, da der geringere Strombedarf trotz höherer Kapitalkosten leichter gedeckt werden kann. Dies gilt besonders für dezentrale Inselsysteme. Zwar sind nicht alle Technologien direkt übertragbar, aber neue Technologien, wie z. B. smart grids, lassen sich zum größten Teil auch vorteilhaft in dezentralen Netzen zur ländlichen Elektrifizierung nutzen. Zudem wird mit der Bereitstellung nachhaltiger Energieversorgung die Anschaffung CO_2-intensiver Technologien wie Dieselgeneratoren verhindert, womit Pfadabhängigkeiten in Bezug auf steigende Kosten und Treibhausgasemissionen vermieden werden (Casillas und Kammen, 2010).

Im Folgenden wird zuerst kurz erläutert, mit welcher Methodik den verschiedenen Konsumaktivitäten die gesamten, direkten wie indirekten, Umweltwirkungen wie z. B. Emissionen zugeordnet werden können. Danach werden für vier zentrale Bedürfnisfelder

die wissenschaftlichen Befunde zu aktuellen Emissionen und kurz- bis mittelfristigen Reduktionspotenzialen dargestellt. Dies wird jeweils um die Diskussion von einigen beispielhaften transformativen Änderungen in den Bereichen ergänzt. Diese sollen mögliche und denkbare Veränderungen zeigen, die eine zukünftige Ausweitung des Konsums ohne Beeinträchtigung der natürlichen Lebensgrundlagen ermöglichen.

Lebenszyklusanalysen zur Zuordnung von Emissionen

Die Daten der direkten Emissionen aus den Sektoren sind relativ gut bekannt, u.a. da sie von den Staaten regelmäßig an die UNFCCC berichtet werden. Ungleich schwieriger, und auch methodisch herausfordernder, ist die kausale Zuordnung von Umweltauswirkungen wie z.B. Emissionen oder Wasserverbrauch zu Konsumfeldern anhand von Prozessketten- und Lebenszyklusanalysen. Hertwich und Peters (2009) analysierten den sogenannten Treibhausgasfußabdruck, d.h. die direkten und indirekten Emissionen, für acht Konsumkategorien und 87 Länder bzw. Regionen für das Jahr 2001 (Abb. 4.3-1). Dabei wurden die Treibhausgasemissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger, Prozessemissionen sowie Methan- und Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft berücksichtigt. CO_2-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) sind in dieser Analyse nicht enthalten. Die durch Vorleistungsketten anfallenden Emissionen werden dabei anteilig den Komponenten der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage zugeordnet (Haushaltskonsum, Konsum öffentlicher Haushalte, Investitionen, Nettohandel), so dass auch räumliche Verlagerungen von Umweltdruck durch Handel abgebildet werden. Wenn etwa ein Land Rohstoffe und Industriegüter importiert, werden in dieser Darstellung die mit der Produktion verbundenen Emissionen dem Endverbraucher im Empfängerland zugeordnet. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass 72% der Gesamtemissionen in Verbindung mit dem Konsum der privaten Haushalte standen (household consumption), 10% mit dem Konsum des Staates (government consumption) und 18% in Verbindung mit Investitionen.

Die Ernährung zeichnet sich in dieser Analyse als das für die Gesamtemissionen relevanteste Konsumfeld ab, gefolgt von dem Betrieb und Erhalt des Wohnraums und der Mobilität. Betrachtet man nur CO_2-Emissionen, hat die Ernährung dagegen einen kleineren Einfluss, hier dominieren Wohnen und Mobilität. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass in dieser Analyse die CO_2-Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen (d.h. auch aus der Entwaldung) nicht enthalten sind. Da aber gerade die Ernährung über die Landwirtschaft aber zu einem der Treiber von Landnutzungsänderungen gehört (Kap. 4.3.4), ist die tatsächliche Bedeutung des Konsumfelds Ernährung für den Klimawandel größer als hier dargestellt.

Eine konsumbasierte Betrachtungsweise der Emissionen macht auch deutlich, dass der Einfluss, den Konsumenten über ihre Konsumentscheidungen auf den Klimaschutz ausüben, sich nicht auf das eigene Land beschränkt. Davis und Caldeira (2010) zeigen, dass 23% der globalen CO_2-Emissionen aus fossilen Energieträgern (6,2 Gt CO_2) im Jahr 2004 im Zusammenhang mit international gehandelten Gütern entstanden. Dabei handelte es sich überwiegend um Exporte von China und anderen Schwellenländern in Industrieländer. Die so netto „importierten" Emissionen beliefen sich in Deutschland auf 2,8 t CO_2 pro Kopf. Bei dieser Betrachtungsweise erhöht sich also die von Deutschland zu verantwortende Pro-Kopf-Emission im Jahr 2004 von 10,7 t CO_2 auf 13,5 t CO_2.

4.3.1 Nachhaltige Produktion und nachhaltiger Konsum: Emissionsminderung und Kreislaufwirtschaft

4.3.1.1 Direkte und indirekte Emissionsminderung

Die Produktion von Industriegütern erzeugte im Jahr 2004 Emissionen in Höhe von 12 Gt CO_2eq, wobei der größte Teil davon (9,9 Gt CO_2eq) direkt und indirekt durch Energienutzung verursacht wurde. Allein auf die energieintensiven Industrien (Eisen- und Stahlindustrie, Metalle, chemische Industrie, Zement, Glas) entfielen dabei ca. 85% (IPCC, 2007c). Da die Nachfrage nach Produkten der energieintensiven Industrien durch das hohe Konsumniveau der entwickelten Länder, durch das Anwachsen der Weltbevölkerung und die rasche wirtschaftliche Entwicklung in Schwellenländern auch in den kommenden Jahrzehnten zunehmen wird, ist eine deutliche Senkung der spezifischen Emissionen bei Produktionsprozessen nötig. Mittel- und langfristig ist die Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft notwendig. Diese ermöglicht neben der Reduktion des Rohstoffbedarfs und der Rohstoffintensität prinzipiell auch Reduktionen des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen. Die schrittweise Ausweitung des Recyclinganteils insbesondere von Metallen trägt heute schon zu Energiebedarfsminderungen bei (IPCC, 2007c). Kurz- bis mittelfristig werden die absoluten Stoffflüsse aber noch zunehmen, so dass weitere Rohstoffe gefördert und auch bei der traditionellen Rohstoffverwendung große Emissionsminderungen erreicht werden müssen. Es gibt weiterhin große Poten-

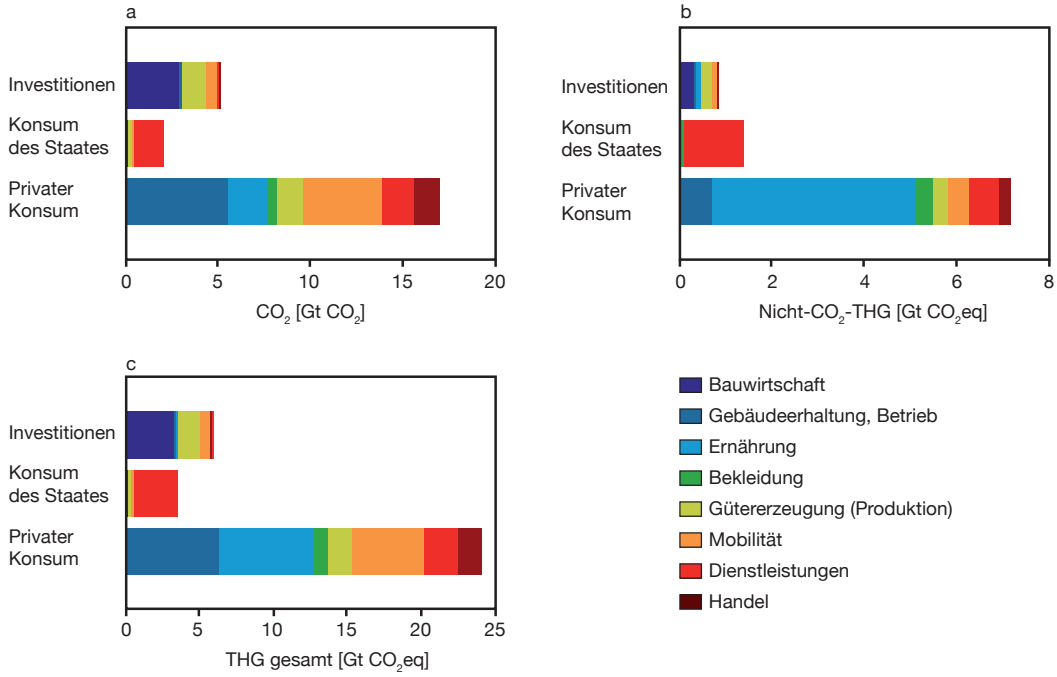


Abbildung 4.3-1
Treibhausgasfußabdruck verschiedener Konsumfelder im Jahr 2001.
Quelle: Hertwich und Peters, 2009

ziale für Effizienzverbesserungen: Allein die universale Umstellung der Produktion auf die besten verfügbaren Effizienztechnologien könnte zur Reduktion der Emissionen um 12–26 % führen (IEA, 2010a). Einen erheblichen Beitrag kann auch die Nutzung erneuerbarer Energien leisten. Angesichts der beschränkten nachhaltigen Potenziale (WBGU, 2009a) und der anderen Nutzungsoptionen für Biomasse muss sorgsam abgewogen werden, in welchem Umfang Biomasse zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie verwendet werden sollte. Bevorzugt sollte daher die Nutzung von Elektrizität aus erneuerbaren Quellen verstärkt und die Energieeffizienz erhöht werden, z. B. durch die Nutzung von Abwärme. Insbesondere für die direkten, nicht energiebezogenen Prozessemissionen, die 2007 insgesamt 1,4 Gt CO_2 betrugen (WRI-CAIT, 2011), sollte zudem CCS als Vermeidungsstrategie zur Anwendungsreife gebracht werden. Die Verfügbarkeit dieser Technologie könnte im Jahr 2050 die direkten Emissionen der Industrie (einschließlich der energiebezogenen Emissionen) um insgesamt 1,7–2,5 Gt CO_2 verringern (IEA, 2010a).

Berücksichtigung von Lebenszykluseinflüssen

Auch wenn eine deutliche Minderung der spezifischen Emissionen der Industrieproduktion schnellstmöglich erreicht werden sollte, sind bei der Umstellung der heutigen Produktionsformen verschiedene Faktoren ausgewogen zu berücksichtigen. So darf die Optimierung eines Umwelteinflusses, wie z. B. des Energieverbrauchs oder der Treibhausgasemissionen, nicht zur Vernachlässigung anderer Aspekte wie z. B. des Wasserverbrauchs, der Toxizität, des Ressourcenverbrauchs oder sozialer Auswirkungen führen. Dabei sollte der gesamte Lebenszyklus beachtet werden, also alle Auswirkungen der Herstellung, des Transports sowie der Nutzung und Entsorgung der Produkte. Nur eine umfassende Analyse der Lebenszyklusauswirkungen kann als Grundlage für fundierte Technologieentscheidungen verwendet werden. Damit dies umfassend geschehen kann, sollte die Datenbasis zu Produktions- und Nutzungsprozessen von Gütern verbessert werden. Die Erhebung relevanter Informationen zum Ressourcenaufwand (Förderung und Nutzung) und zu Umwelteinflüssen von Produktionsprozessen sollte harmonisiert und eine feinere regionale und sektorale Aufgliederung der Daten erreicht werden. Dies ermöglicht bei Anlage von einheitlichen Datenbanken die vergleichende Bewertung verschiedener Produkte und Produktionsformen.

4.3.1.2 Umstellung auf Kreislaufwirtschaft

Natürliche Ökosysteme sind durch funktionelle Geschlossenheit und Integration von Stoffkreisläufen gekennzeichnet: Abfallprodukte einer Organismengruppe werden in der Regel von anderen Lebens-

formen als Ressource und Rohstoffbasis verwendet. Durch vorausschauendes Design ist es möglich, auch industrielle Produktionsprozesse so zu organisieren, dass Nebenprodukte und Abwärme aus einem Prozess sowie die Altprodukte nach ihrem Gebrauch für weitere Produktionsverfahren als Grundlage dienen (Braungart und McDonough, 2002). So entsteht ein Kreislauf von Materialflüssen, so dass sowohl die Einbringung neuer Rohstoffe als auch die Beseitigung nicht mehr verwendbarer Reststoffe auf ein Minimum reduziert werden können. Die noch notwendige Aufbringung von Energie für die verschiedenen Prozesse sollte dabei möglichst effizient und aus erneuerbaren Energien erfolgen, ist aber im Allgemeinen geringer als bei Verwendung von Rohmaterialien. Bei Herstellung von Aluminium aus wiederverwertetem Material wird beispielsweise nur 5% der Energie benötigt, die zur Herstellung der gleichen Menge Rohaluminium aus Bauxit aufgewendet werden muss. Auch für viele andere Metalle und Papier verringert sich der Energiebedarf durch Recycling beträchtlich (IPCC, 2007c).

Die zügige Übernahme dieses Designprinzips für alle Produktions- und Konsumprozesse ist Voraussetzung für eine weitere Ausweitung der industriellen Produktion unter Einhaltung der Leitplanken (Kap. 1.1). Pioniere hierfür sind beispielsweise „öko-industrielle Cluster“ wie die Stadt Kalundborg in Dänemark, die zeigt, wie gute Integration unterschiedlicher Industriezweige, kommunaler Infrastruktur und landwirtschaftlicher Nutzergruppen unter der Maxime der Abfallvermeidung und Verbesserung der Ressourceneffizienz funktionieren kann (Jacobsen, 2006).

Die Optimierung der Ressourcennutzung darf nicht auf die Produktionsphase begrenzt sein, auch wenn mit diesem Lebenszyklusabschnitt oft maßgebliche Emissionen verbunden sind. Auch die eigentliche Nutzung ist oftmals, etwa bei langlebigen Konsumprodukten wie Haushaltsgeräten, Elektronik, Fahrzeugen, mit erheblichen Betriebskosten in Form von Energie und anderen Ressourcen verbunden. Am Ende des Lebenszyklus – für den Verbraucher oft der einzige Punkt, an dem er mit der Ressourcendimension seines Konsums konfrontiert wird – stellt sich die Frage der Entsorgung, wenn das Produkt nicht weiter genutzt werden kann. Gutes Design ermöglicht es, durch Reparaturen den Lebenszyklus von Produkten zu verlängern, zumindest Teile direkt weiterzuverwerten und, falls das nicht möglich ist, die Materialien gefahrlos zu recyceln. Insbesondere Elektronikprodukte enthalten oft Schwermetalle und andere Giftstoffe, die für Menschen und die Natur Gefahren darstellen, oder größere Mengen seltener Erden und Edelmetalle, die aus Gründen des Ressourcenschutzes nicht verschwendet werden sollten.

Die Ausweitung von Recyclingsystemen als Teil der erweiterten Produzenten- und Konsumentenverantwortung ist in den meisten OECD-Ländern zentrales Ziel der Umweltpolitik und Bestandteil von Strategien zu „green growth“ und „green jobs“ (OECD, 2009b). Aber auch zahlreiche Schwellenländer wie China und Korea legen ambitionierte Pläne und Gesetzesvorschriften mit dem Ziel der Schaffung einer Kreislaufwirtschaft vor (z.B. Circular Economy Law of the People’s Republic of China). Die Umstellung auf neue Geschäftsmodelle, die dem Produzenten Anreize zu recyclingfreundlichem Design geben, könnte allerdings noch effektiver zur Ausweitung der Recyclingquote beitragen als politische Verpflichtungen. Ein solches Geschäftsmodell wäre z.B. eine Spezialisierung auf die Wiederaufbereitung von Produktionsabfällen und Produktkomponenten. So startete beispielsweise Toyota mit den Unternehmen Toyota Chemical Engineering, Sumitomo Metal Mining und Primearth EV Energy (PEVE) ein neues Geschäftsmodell zur Wiederaufbereitung gebrauchter Nickel-Metallhydridbatterien von Hybridautos, wobei der Nickelanteil extrahiert und für die Produktion neuer Hybridbatterien benutzt werden kann (Toyota Motor Corporation, 2010). Ähnliche Geschäftsmodelle wären im gesamten Recyclingbereich denkbar und bei steigenden Energie- und Ressourcenpreisen langfristig wettbewerbsfähig.

Im Allgemeinen sind Recyclingsysteme allerdings transport- und energieaufwändig, was ihrer sinnvollen Dimensionierung Grenzen setzt. Urbane Räume als Zentren von Produktionsstätten und Konsumenten sind besonders geeignete Orte zur funktionellen Integration von Materialflüssen. Hier können die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft daher mit geringerem Aufwand demonstriert und optimiert werden.

Effizienzgewinne durch neue Konsummodelle und technologische Trends

Eine Reihe übergreifender technologischer Trends und neuer Konsummodelle kann mittelfristig maßgeblich zur Verbesserung der Ressourceneffizienz beitragen. Durch eine gezielte Verstärkung dieser Trends, die transformative Durchbrüche (Kap. 3) wahrscheinlicher macht, kann damit auch ein Beitrag zur Ressourcenschonung erbracht werden.

- *Nutzungs- statt Besitzrechte:* In vielen Feldern zeichnet sich eine nachlassende Bedeutung des Besitzes von Gegenständen ab (z.B. des Autos als Statussymbol), wobei gleichzeitig anstelle des Verkaufs das Anbieten von Nutzungsrechten und Dienstleistungen als Geschäftsmodell in den Mittelpunkt rückt. Durch Car Sharing, aber auch durch Leasing von Autokomponenten (z.B. Akkumulatoren von Elektroautos) und Elektronikgeräten verringert sich dabei der gesamte Stoffbedarf und gleichzeitig wird

der Aufbau von Strukturen der Kreislaufwirtschaft erleichtert.

- *Dematerialisierung:* Diese beschreibt auf abstrakter Ebene den Trend zu einem geringeren Ressourcendurchsatz pro Wertschöpfungseinheit. Dies wird durch wirtschaftlichen Strukturwandel und die Umwandlung von Industrie- zu Dienstleistungsgesellschaften (Tertiärisierung) erreicht, aber auch durch die langfristige Substitution von Materialien, z. B. Kohlefaser statt Stahl im Fahrzeugbau oder Gasbeton statt Ziegel im Wohnungsbau. Ein anderes Beispiel ist Precision Farming, bei dem Geoinformationssysteme und GPS zum Dosieren von Düngemitteln eingesetzt werden, so dass Dünger gespart und die Gewässerbelastung reduziert werden kann.
- *Industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe:* Der Ersatz von Erdölprodukten durch biogene Stoffe als Industriegrundstoffe, wie als Teil der Forschungsstrategie BioÖkonomie (BMBF, 2010b; Kap. 8.1.4.2) vorgesehen, verringert den Ressourcendruck und die Importabhängigkeit für Länder ohne eigene Erdölvorkommen. Da sich biogene Stoffe bei Beachtung der Nachhaltigkeitskriterien der Landwirtschaft in einem geschlossenen Stoffkreislauf befinden, trägt dieser gleichzeitig zum Strukturwandel in Richtung Kreislaufwirtschaft bei. Allerdings wird dies voraussichtlich die Flächennutzungskonkurrenz verschärfen (Kap. 1.2.5). Nach Schätzungen des WBGU (2009a) könnte bei einem halb so hohen Pro-Kopf-Verbrauch wie derzeit in Deutschland für eine Weltbevölkerung von etwa 9 Mrd. Menschen der Flächenbedarf für biobasierte Produkte (Textilien, chemische Produkte, Kunststoffe, Bitumen und Schmierstoffe) zusammen bei rund 10% der Weltagrarfläche liegen.
- *Green chemistry:* Dieser Begriff beschreibt einen Trend, in Anwendungen der technischen Chemie zunehmend natürliche biologische Prozesse zu simulieren. So enthalten z. B. Wasch- und Reinigungsmittel synthetisch erzeugte Enzyme (Biokatalysatoren), die bereits bei wesentlich niedrigeren Temperaturen als herkömmliche Waschlauge effektiv reinigen können. Auch die Herstellungsprozesse können dabei inzwischen oft unter Atmosphärendruck durchgeführt werden und entstehende Abwässer sind biologisch wesentlich besser abbaubar. Der Energieaufwand des gesamten Lebenszyklus und die Gewässerbelastung werden so deutlich verringert.
- *Nanotechnologie:* Die drastische Reduktion der Größe von Partikeln und Objekten führt oft zu völlig neuen Eigenschaften: Ihre Oberfläche ist im Verhältnis zum Volumen drastisch erhöht, ein Bruchteil der in konventionellen Prozessen nötigen Materie kann ähnliche katalytische Wirkungen erzielen. Auch für die Beschichtung von Oberflächen, Korrosionsschutz oder Halbleiterelektronik und Photovoltaik kann diese Technologie große Fortschritte bringen, da die Materialien in vielen Fällen extrem hohe spezifische elektrische oder Wärmeleitfähigkeit oder auch Stabilität aufweisen, was den Ressourcenaufwand stark reduzieren kann.

4.3.2 Gebäude, Wohnen und Raumordnung

Energieeffiziente Gebäude

Im Jahr 2004 betrugen die global durch den Gebäudesektor verursachten Emissionen 8,6 Gt CO_2 sowie 2 Gt CO_2eq an Emissionen anderer Gase, davon drei Viertel FCKW und HFC (IPCC, 2007c). Etwa zwei Drittel der CO_2-Emissionen entstanden dabei nicht in den Gebäuden selbst, sondern in den Kraftwerken, die Elektrizität und Wärme zur Nutzung in den Gebäuden erzeugten. Die Transformation des Gebäudesektors muss also die Emissionen minimieren, die das komplexe Gesamtsystem Gebäude verursacht. Dies lässt sich durch eine Verknüpfung von Verminderung des Energiebedarfs, der Nutzung kohlenstoffarmer oder erneuerbarer Energieträger und der Reduktion der Nicht-CO_2-Emissionen erreichen. Die Dekarbonisierung der Energiebereitstellung führt dazu, dass Maßnahmen zur Minderung des Energiebedarfs geringere Wirkung haben als bei Nutzung konventioneller Energieträger. Trotzdem ist die Verknüpfung beider Strategien notwendig, um die Emissionen zu minimieren. Dies hat zudem den Vorteil, dass Verzögerungen der technischen Innovation bei der einen Strategie durch beschleunigten Fortschritt in der anderen ausgeglichen werden können, was zur Robustheit des Transformationspfads beiträgt.

Da Raumtemperierung und Warmwassererzeugung global für zwei Drittel der Energienachfrage in Gebäuden verantwortlich sind (IEA, 2008c), hat die bessere Dämmung neuer Gebäude und die energetische Sanierung des Gebäudebestands (Kasten 4.3-1) gerade in höheren und in äquatorialen Breiten die höchste Priorität und verspricht hohe Einsparpotenziale bei häufig negativen Kosten (IEA, 2010a). Gerade bei einem dekarbonisierten Stromsektor kann durch den Einsatz von Wärmepumpen und der Kraft-Wärme-Kopplung die restliche benötigte Wärme effizient und emissionsarm bereitgestellt werden. Zudem kann bei Einsatz von Wärmespeichern und intelligenten Netzen vorrangig Strom bei Angebotsspitzen verwendet werden, so dass beide Wärmeerzeugungstechnologien zum Stromnetzmanagement beitragen. Zusätzlich können erneuerbare

Kasten 4.3-1

Gebäudetechnik für den Klimaschutz

Der Energieverbrauch für Heizung und Klimatisierung von bestehenden Gebäuden kann durch bessere Dämmung drastisch (um 80–90 %) gesenkt werden. Neue Gebäude können so konstruiert werden, dass sie nahezu keine Heizung oder Kühlung benötigen, die Energie für Heizung oder Kühlung vor Ort erzeugen oder durch die Integration von Photovoltaik sogar Nettoenergieproduzenten sind. Es sollen hier einige moderne Technologien vorgestellt werden, die sich zum Teil noch in der Erprobungsphase befinden, aber aussichtsreiche Kandidaten zur Erzielung von großen Energieeinsparungen sind.

Vakuumwärmedämmung, Vakuumverglasung

Vakuum ermöglicht eine sehr gute Wärmedämmung auf engstem Raum. Zur Vakuumdämmung von Fassaden werden Platten aus mikroporöser Kieselsäure in gas- und wasserdampfdichte Folie verpackt. Die Vakuumisolationspaneele haben schon bei grobem Vakuum von 1–10 mbar eine extrem geringe Wärmeleitfähigkeit. Ihre Dämmwirkung ist fünf bis zehn Mal höher als die von konventionellen Dämmsystemen, sie sind daher bei gleicher Dämmwirkung wesentlich Platz sparender als andere Dämmstoffe. Vakuumverglasungen könnten eine kostengünstige Alternative zu den mit teuren Edelgasen gefüllten gängigen Wärmeschutzverglasungen bieten. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert die Weiterentwicklung und den Test der Vakuumdämmung im Rahmen des Förderschwerpunkts „Energieoptimiertes Bauen – Vakuumisolation im Bauwesen“. Vakuumdämmung eignet sich nicht nur für Fassaden und Fenster, sondern ebenso für Dächer und Böden.

Transparente Wärmedämmung

Bei der konventionellen Wärmedämmung wird in der Regel der Wärmestrom von innen nach außen verringert, bei der transparenten Wärmedämmung werden zusätzlich solare Wärmegewinne ins Haus transportiert. Normale Dämmstoffe reflektieren das Sonnenlicht, bevor es auf das Mauerwerk trifft. Transparente Wärmedämmstoffe lassen das Sonnenlicht weiter zum Mauerwerk vor, wo große Teile durch eine Absorptionsschicht eingefangen werden und so die solare Wärme ins Hausinnere dringen kann.

Insbesondere bei Altbausanierungen kann die transparente Wärmedämmung sinnvoll sein. Jedoch kann bei nicht ausreichender Verschattung im Sommer eine Überhitzung des Hauses auftreten. In Zukunft werden jedoch elektrisch schaltbare Schichten (z. B. Mikrospiegel) eine Überhitzung sicher vermeiden, indem sie nur den zur Heizung benötigten Anteil der Solarstrahlung passieren lassen und den Rest reflektieren.

Beleuchtung

Für die Beleuchtung von Gebäuden sollten LED zur bedarfsgerechten Flächenbeleuchtung eingesetzt werden. Auch in der Straßenbeleuchtung kann durch Austausch der heute üblichen Natriumdampflampen durch LED viel Energie gespart werden, u. a. deswegen, weil diese Flächen gezielt ausleuchten können und nicht Energie durch Ausleuchten in alle Raumwinkel verschwenden. LED besitzen schon heute Wirkungsgrade, die teilweise bereits über denen von sogenannten Energiesparlampen (CFL) liegen. Eine weitere Steigerung des Wirkungsgrads von LED ist mit Sicherheit zu erwarten.

Für Displays und flächige Beleuchtung von Räumen können organische Leuchtdioden eingesetzt werden.

Quellen wie Solar- und Geothermie sowie Biomasse zur Wärmebereitstellung in Gebäuden und Nahwärmenetzen eingesetzt werden. Diese Maßnahmen gemeinsam ermöglichen im BLUE Map Szenario der IEA eine Reduktion der direkt in Gebäuden eingesetzten fossilen Brennstoffe von 44 EJ im Jahr 2007 auf nur noch 25 EJ im Jahr 2050 (IEA, 2010a).

Auch wenn der Energieverbrauch durch Beleuchtung und andere elektrische Geräte in Haushalten und im Dienstleistungssektor den kleineren Teil des Energiebedarfs der Gebäude ausmacht, sollten zusätzlich zur Dekarbonisierung des Stromangebots auch die Effizienzsteigerungspotenziale bei diesen Geräten ausgenutzt werden. Da ihre Nutzung sich durch neue Gerätetypen und den Trend zu mehr und größeren Geräten immer weiter ausdehnt, können nur so absolute Reduktionen der Treibhausgasemissionen aus diesem Nutzungsbereich erreicht werden. Effizienzsteigerungen durch Beleuchtung mit LED-basierten Lampen (Kasten 4.3-1), durch neue, sparsamere Kühlgeräte und verbesserte Computer und Mediengeräte sowie durch die Eliminierung von Stand-by-Verlusten aller Geräte können zu großen Stromeinsparungen der Haushalte führen. Allerdings muss damit gerechnet werden, dass die effektiven Stromeinsparungen aus diesen Effizienzverbesserungen aufgrund von Verhaltensänderungen der Konsumenten geringer ausfallen als rein rechnerisch zu erwarten wäre. Üblicherweise verleiten Energiekostenersparnisse aus Effizienzverbesserungen bei Energiedienstleistungen die Konsumenten eher zu einer Ausweitung der Nachfrage nach diesen Energiedienstleistungen (z. B. Betrieb elektrischer Geräte). Auf diese Weise wird ein Teil der Ersparnisse durch Mehrkonsum wieder kompensiert (Rebound-Effekt; Kasten 4.3-2).

Insgesamt wird der globale Stromverbrauch der Gebäude aufgrund der zunehmenden Nutzung von Wärmepumpen und Klimaanlagen auch mit diesen Maßnahmen zunehmen, so etwa im BLUE Map-Szenario der IEA von etwa 8.800 TWh im Jahr 2007 auf knapp 15.000 TWh 2050. Insgesamt erreicht dieses Szenario durch die gleichzeitige Dekarbonisierung des Stromangebots sowie Maßnahmen im Wärme- bzw. Kälte-Bereich eine Reduktion der CO_2-Emissionen von Gebäuden auf 2,6 Gt CO_2 im Jahr 2050, und somit eine Reduktion um knapp 70 % gegenüber 2007.

Kasten 4.3-2

Rebound-Effekt

Unter Rebound-Effekt versteht man in Zusammenhang mit dem Energieverbrauch die Zunahme des Energiekonsums infolge einer die Effizienz steigernden technischen Innovation. Ein Rebound-Effekt kann dadurch zustande kommen, dass infolge einer technischen Innovation der Konsum einer Energiedienstleistung (z. B. Fahren eines Kfz, Nutzung eines Haushaltsgerätes) aufgrund des niedrigeren Energieverbrauchs geringere Kosten verursacht als vor der technischen Innovation. Die Kosteneinsparung gibt dem Konsumenten einen Anreiz, den Konsum der Dienstleistung künftig zu erhöhen oder zu intensivieren (z. B. Fahren längerer Strecken mit energieeffizienteren Kfz, häufigere und längere Benutzung eines energieeffizienteren Haushaltsgerätes). Auf Unternehmensebene gilt analog, dass bei Verbesserung der Energieeffizienz des Produktionsprozesses ein Anreiz besteht, aufgrund der Kosteneinsparung die Produktion auszuweiten. Diese direkten Effekte werden „direkter Rebound" genannt.

Ebenso besteht aber auch die Möglichkeit, dass der Konsum der jeweiligen Energiedienstleistung trotz der Kosteneinsparung konstant gehalten wird, dafür jedoch eine andere Energiedienstleistung infolge der Einsparung stärker nachgefragt wird (z. B. wenn die Ersparnis durch ein effizienteres Kfz in häufigere Flugreisen investiert wird). Alternativ kann es aufgrund der durch die Energieeinsparung zunächst gesunkenen Energienachfrage zu einem Absinken der Energiepreise kommen, was wiederum andere Konsumenten zu stärkerem Energiekonsum anregt. In diesen Fällen ist von „indirektem Rebound" die Rede. Direkter und indirekter Rebound zusammen ergeben den gesamtwirtschaftlichen Rebound (Sorrell, 2007).

Die Höhe der Rebound-Effekte ist schwer abzuschätzen und hängt von den gemessenen Preiselastizitäten für Energie für verschiedene Konsumgüter ab. Der direkte Rebound liegt für die Heizung von Wohnräumen und die Nutzung privater Pkw in Industrieländern schätzungsweise zwischen 10 % und 30 % und variiert mit dem Anteil der Energiekosten an den Betriebskosten eines Gerätes (diese sind z. B. relativ hoch beim Kfz oder beim Heizen, eher niedrig beim Haushaltsgerät). Infolge des indirekten Rebound-Effektes dürfte der gesamtwirtschaftliche Rebound in Industrieländern etwas höher als 10–30 %, wohl aber unter 100 % liegen. In Entwicklungsländern dagegen kann der Rebound-Effekt aufgrund der ungesättigten Energienachfrage sogar Werte über 100 % erreichen, was als „Backfiring" bezeichnet wird (Sorrell, 2007; Herring, 2008).

Zusätzlich zum Kostenargument können auch noch Erkenntnisse aus der sozialpsychologischen Forschung den Rebound-Effekt erklären. So führen nach Thalers Theorie des „Mental Accounting" (Thaler, 1985, 1999) Konsumenten üblicherweise mentale Konten, in denen sie den Konsum verschiedener Kategorien verbuchen (z. B. Ausgaben für Nahrung, Kleidung, Reisen usw.). Eine verbesserte Energieeffizienz eines Produktes kann in der Wahrnehmung des Konsumenten dazu führen, dass auf dem „mentalen Konto für verursachte Umweltbelastungen" neues Guthaben verfügbar wird, welches für zusätzlichen umweltbelastenden Konsum „ausgegeben" werden kann.

Durch den gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekt wird die Umwelt- bzw. Klimawirkung von verbesserter Energieeffizienz geschmälert bzw. im schlechtesten Fall zunichte gemacht. Eine Möglichkeit, den Rebound-Effekt zu verringern, ist die sukzessive Erhöhung des Energie- bzw. Kohlenstoffpreises.

Der Gebäudesektor in Deutschland

In Deutschland wird der Strombedarf der Gebäude privater Haushalte und des Sektors „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen" bis 2050 abnehmen, wie auch das Referenzszenario der Energiestudie für die Bundesregierung ermittelte (EWI et al., 2010). Im Gegensatz zum globalen Durchschnitt ist die Ausstattung der Haushalte mit vielen Elektrogeräten schon so weit fortgeschritten, dass die Effizienzsteigerungen die Ausweitung der Nutzung überkompensieren. Trotzdem sollten mit aller Anstrengung weitere Einsparungen betrieben werden, erstens um Strommengen für anderweitige Anwendungen freizumachen und gleichzeitig die Stromversorgung möglichst vollständig mit den in Deutschland begrenzten erneuerbaren Potenzialen abdecken zu können und zweitens, weil die Entwicklung effizienter Gerätetechnologien deren globale Nutzung unterstützt.

In Industrieländern wie Deutschland ist die lange Nutzungsdauer des Gebäudebestands ein großes Hemmnis bei der Umsetzung des skizzierten Umbaus im Wärmebereich. Da in Industrieländern drei von vier heute stehenden Gebäuden auch in 40 Jahren noch in Betrieb sein werden (IEA, 2010a), ist ein Großteil der Einsparpotenziale nur durch aktive Unterstützung von energetischen Sanierungsarbeiten zu realisieren. Hierfür müssen insbesondere die Investitionshemmnisse bei Mietwohnraum und Geschäftsräumen (Mieter-Vermieter-Dilemma, allgemein principal agent barrier genannt) beseitigt werden, was durch eine Kombination von mietrechtlichen Regelungen, finanziellen Anreizen, Informationskampagnen und Standardsetzungen geschehen kann (IEA, 2007).

Transformation von Gebäudesektor und Raumordnung

Insgesamt weist der Gebäudesektor durch die vorhandene Gebäudeinfrastruktur hohe Pfadabhängigkeiten auf. Hier ist daher eine transformative Umstellung der Verbrauchsmuster besonders schwierig zu erreichen. Zudem ist die Besitzstruktur des Gebäudebestands stark fragmentiert: Zur Erreichung signifikanter Änderungen müssen daher viele Akteure handeln. Zur Umsetzung der optimalen Dekarbonisierungsstrategien ist in bestimmten Fällen (z. B. Nahwärmenetz, fußgängerfreundliche Raumordnung) zudem ein Konsens der verschiedenen Akteure nötig. Wirtschaftlich bewirkt

die Fragmentierung der Zuständigkeiten, dass viele zunächst kosteneffiziente Sanierungsmaßnahmen aufgrund der hohen Transaktionskosten bei der Planung der Sanierung unwirtschaftlich werden.

Auch im Gebäudebereich kann daher die Veränderung von Geschäftsmodellen einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Transformation leisten. Das Modell der Energy Service Companies (ESCO) bzw. des Energie-Contractings sind Beispiele hierfür. ESCO übernehmen für den Kunden als Vertragspartner die Planung und Durchführung sowie Vorfinanzierung von Energieeffizienzmaßnahmen, wobei die Rückflüsse aus den Investitionen in Form von Energiekostenersparnissen an die ESCO gehen. ESCO sind entsprechend oft in Form eines Treuhandfonds organisiert. Dadurch können neben der Besitzfragmentierung und der damit verbundenen Transaktionskosten noch zwei weitere Barrieren von Effizienzinvestitionen überwunden werden: fehlende Kenntnisse über Effizienztechnologien und die resultierenden Einsparungen sowie fehlende Anfangs-(Upfront-)Finanzierungsmöglichkeiten. In Deutschland leisten die regionalen Energieagenturen sowie das Kompetenzzentrum Contracting der DENA Informations- und Beratungsdienstleistungen zum Energiespar-Contracting.

Energie-Contracting spielt jedoch nicht nur für einmalige Effizienzinvestitionen eine Rolle, sondern kommt auch für die effiziente laufende Bereitstellung von Energiedienstleistungen zum Einsatz. So bietet in Deutschland der Stromanbieter Lichtblick in Kooperation mit Volkswagen seinen Kunden die Installation kleiner Blockheizkraftwerke im eigenen Keller an, die von Lichtblick betrieben und gewartet werden. Den Kunden entstehen – neben einer einmaligen Zahlung für die Installation und einer monatlichen Grundgebühr – nur die laufenden Kosten des Wärmeverbrauchs, während sie für den Standplatz im eigenen Keller eine monatliche Miete und für den ins Netz eingespeisten Strom einen jährlichen Rabatt auf die Wärmelieferungen erhalten (Lichtblick, 2010).

Noch größer sind die Pfadabhängigkeiten bei der Raumordnung, da die zeitliche Nutzungsdauer der jeweiligen Infrastrukturen noch um einiges größer ist als bei den für die Gebäude und deren Energienutzung relevanten Investitionsgütern (Abb. 4.3-2). Da die Raumordnung und die Infrastruktur aber einen großen Einfluss auf die Transportsysteme haben (Kap. 4.3.3), müssen stark wachsende Städte eine Raumordnung umsetzen, die mit nachhaltigen Mobilitätssystemen kompatibel ist. Für bestehende Stadtstrukturen müssen dagegen Rahmenbedingungen geschaffen werden, die eine Transformation der Raumnutzung bei weitgehender Erhaltung der großen baulichen Strukturen ermöglichen. Beispiele dafür könnten Sanierungen innerstädtischer Bezirke zu gemischten Wohn- und Arbeitsvierteln oder die Schaffung von Radwegesystemen, ausschließlicher Busspuren und autofreier Wohn- und Innenstadtbereiche sein.

4.3.3 Mobilität und Kommunikation

Im Jahr 2007 stammten 20% der globalen energiebezogenen CO_2-Emissionen direkt aus dem Transportsektor, überwiegend aus dem Straßenverkehr (WRI-CAIT, 2011). Gleichzeitig wird die Nachfrage nach Transportdienstleistungen mit anhaltendem starken Wirtschaftswachstum in Schwellen- und Entwicklungsländern weiter anwachsen. Ein nachhaltiges Szenario sollte daher auch einen zumindest teilweise dekarbonisierten Transportsektor enthalten sowie die Substitution von Mobilität durch Kommunikation. Wichtige Kernelemente eines zukünftigen nachhaltigen Transportsystems sollten daher schon heute entwickelt und die Investitionen in nachhaltige Verkehrssysteme gelenkt werden. Das Ziel der Emissionsreduktion erfordert insbesondere, dass die Verwendung fossiler Energieträger, die im Jahr 2008 etwa 94% der 96 EJ Primärenergie für Transport bereitstellten (IEA, 2008c), stark reduziert wird.

In Szenarien wie denen aus Kapitel 4.2, bei denen ein bestimmtes CO_2-Minderungsziel für die gesamte Wirtschaft vorgegeben ist, sinken die Emissionen im Verkehrssektor unterproportional, da Emissionsreduktionen in anderen Sektoren kostengünstiger zu erreichen sind. Daher stellen fossile Treibstoffe auch in ambitionierten Studien im Jahr 2050 noch mehr als die Hälfte der Endenergie im Verkehrssektor bereit. So sinkt im Szenario Advanced Energy [R]evolution (EREC und Greenpeace, 2010) der Anteil fossiler Treibstoffe auf 91% im Jahr 2020 und auf 57% im Jahr 2050; die IEA kommt in ihrem Blue-Map/Shifts-Szenario des ETP 2010 (IEA, 2010a) auf einen Anteil von 55% im Jahr 2050. Wichtige Elemente eines solchen graduellen Umbaus des Energiesystems in Richtung Nachhaltigkeit, die bei der Erstellung dieser Szenarien berücksichtigt werden, sind:

- *Vermeidung von unnötigem und ungewolltem Verkehr:* Die Reduktion des Verkehrsaufkommens ist die effektivste und zugleich günstigste Maßnahme zur Verringerung negativer Umwelteinflüsse wie Energie- und Flächenverbrauch sowie Lärm und Treibhausgasemissionen. Sowohl bei Güter- als auch bei Personenverkehr gibt es Spielräume zur Verkehrsvermeidung, insbesondere dort, wo Verkehr als Last empfunden wird oder nur durch verzerrte Anreizstrukturen ökonomisch sinnvoll ist. Dazu können eine integrierte Raumplanung, die Mischnutzung priorisiert (Kap. 4.3.2), und der Ausbau von

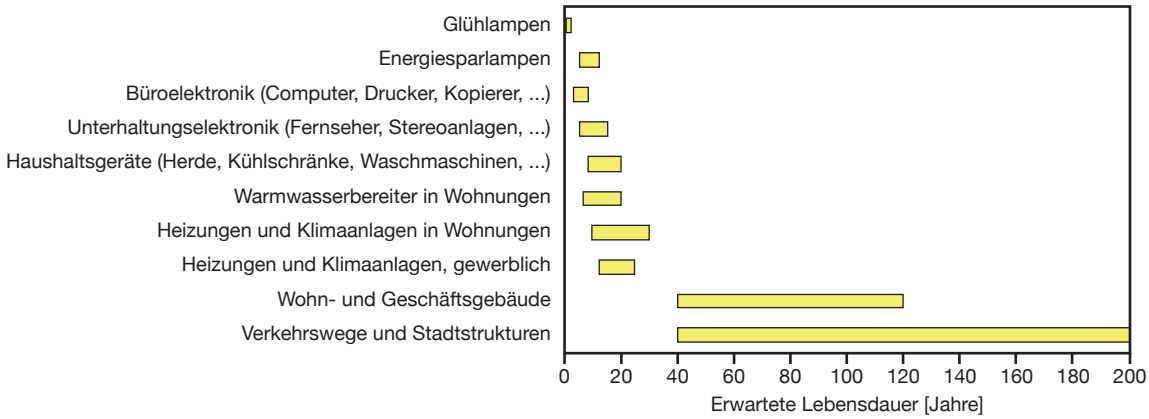


Abbildung 4.3-2
Die wirtschaftliche Lebensdauer verschiedener energierelevanter Investitionen.
Quelle: IEA, 2002

Möglichkeiten für Telekonferenzen, Arbeiten von zu Hause aus und weitere Ferndienstleistungen beitragen. Den Kommunikationstechnologien kommt zudem die Rolle zu, durch Verkehrsführung Fahrtstrecken zu reduzieren und Staus zu vermeiden. Da in den nächsten Dekaden nicht nur die Dekarbonisierung des jetzt bestehenden Verkehrsaufkommens erreicht werden soll, sondern gleichzeitig auch viele Menschen verbesserten Zugang zu Mobilitätsdienstleistungen erhalten sollen, ist ein bedachter Ressourceneinsatz unabdingbar. Die Substitution von individuellem durch öffentlichen Verkehr ist ein wichtiger Bestandteil diese Strategie.

- *Wechsel auf effizientere Fortbewegungsmittel:* Bei Kurzstrecken werden insbesondere die Möglichkeiten nichtmotorisierter Fortbewegungsarten, also zu Fuß gehen und Fahrrad fahren, gefördert, zumal dies auch starke positive Auswirkungen auf die Gesundheit hat (Woodcock et al., 2009). Öffentlicher Nahverkehr lässt sich durch den Einsatz moderner Kommunikationstechnologien attraktiver als Ergänzung des Gehens und Radfahrens anbieten und wird verstärkt genutzt. Für Langstrecken im Personen- und Güterverkehr hat die Verlagerung eines Teils des Verkehrs auf die Schiene großes Potenzial zur Effizienzsteigerung. Damit dieses ausgeschöpft wird, ist der Ausbau des Angebots auf der Schiene, von Schnellbahnstrecken und insbesondere von Strecken für Güterverkehr, notwendig. Die Verschiebung des Personen- und Gütertransports von der Straße (und vom Luftverkehr) auf die Schiene ist eine besonders effektive Maßnahme zur Reduktion von CO_2-Emissionen, da der Schienenverkehr effizienter ist als der Auto- bzw. Luftverkehr. Zusätzlich werden mit der Dekarbonisierung des Stromsektors auch die aus dem Strombedarf der Bahn resultierenden CO_2-Emissionen weiter gesenkt.
- *Effizienzsteigerungen aller Fortbewegungsmittel:* Die Erhöhung der Umwandlungseffizienz beim Antrieb, entweder durch Verbesserung der Technologie oder den Wechsel zu effizienteren Antriebstechnologien wie dem Elektromotor, die Reduktion des Energiebedarfs und der teilweise Wechsel auf weniger kohlenstoffintensive Treibstoffe reduziert die spezifischen Emissionen aller Fortbewegungsmittel. Mobilität muss deshalb zunehmend auf elektrischer Basis erfolgen und wird damit um den Faktor zwei bis drei effizienter als unsere heutigen Kraftfahrzeuge. Hierzu zählen rein elektrisch betriebene Fahrzeuge auf Batteriebasis mit und ohne Reichweitenverlängerer (range extender), wobei letzterer sowohl aus kleinen Verbrennungsmotoren als auch aus Brennstoffzellen in Kombination mit Methan oder Wasserstoff bestehen kann. Im städtischen Güterverkehr werden ebenfalls Hybridtechnologien eingesetzt. Pkw, Bahn und Bus beziehen ihre Energie über Oberleitungen, Akkumulatoren oder Brennstoffzellen. Die Akkumulatoren werden durch bidirektionale Ladegeräte an Ladestationen geladen. Zusätzlich können durch kontaktloses Laden beim Fahren (induktive Übertragung) die Speicherbatterien nachgeladen werden. Für den Güter- und Langstreckenverkehr sowie für Flugzeuge und Schiffe werden erneuerbare Kraftstoffe (Methan oder Wasserstoff) aus den Überschüssen der Stromproduktion aus Windenergie, Solarenergie und Wasserkraft hergestellt. Zudem sind Treibstoffe aus Biomasse, die weitgehenden Nachhaltigkeitsanforderungen genügen, denkbar.
- *Förderung neuer Geschäftsmodelle und Infrastruktur im Bereich Mobilität:* Mit Hilfe neuer Geschäftsmo-

delle (wie z. B. Car Sharing, multimodaler Transport) und entsprechender Infrastruktur sollte nachhaltige Mobilität in den Alltag der Nutzer integriert werden. Hierfür ist es notwendig die Rahmenbedingungen zu optimieren (z. B. Infrastruktur für Car Sharing), so dass die neuen Angebote bezüglich Flexibilität, Kosten und Informationsaufwand auch wirklich für alle Nutzer hinreichend attraktiv sind und sich problemlos in die gewohnten Tagesabläufe integrieren lassen. In diesem Zusammenhang sind Lösungen aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie von hoher Bedeutung, da sie die Flexibilität und Nutzerfreundlichkeit öffentlicher und gemeinschaftlich genutzter Verkehrsmittel bedeutend erhöhen können. Mit Hilfe von IT-Lösungen könnte z. B. die Routenplanung unter Einbeziehung verschiedener Transportarten (Elektromobilität, öffentliche Verkehrsmittel) integriert erfolgen. In einem Pilotprojekt in Singapur testet beispielsweise die Bosch-Gruppe derzeit eine softwarebasierte Diensteplattform (eMobility Solution), mit deren Hilfe Fahrer von Elektroautos u. a. ihre Route unter Berücksichtigung der Positionierung von Ladestationen sowie dem Einbezug öffentlicher Verkehrsmittel optimieren können (Bosch, 2010).

Auf diese Weise könnten Car-Sharing-Modelle künftig hohe Bedeutung erzielen. In der Schweiz hat sich bereits heute ein landesweites Car-Sharing-System für Privat- und Firmenkunden etabliert, das direkt mit ÖPNV- und Bahnangeboten kombiniert werden kann (Mobility, 2010). Auch das Car-Sharing-Angebot der Deutschen Bahn kann direkt mit Bahnreisen gebucht werden und ermöglicht Flexibilität am Zielort (DB, 2010). Solche Systeme könnten im Zusammenhang mit der Einführung der Elektromobilität gerade in Städten von großer Bedeutung sein. Sie können einerseits die Abhängigkeit vom eigenen Pkw zunehmend reduzieren und andererseits die Einführung einer energieeffizienten Pkw-Flotte sowie von Elektromobilität erleichtern.

Anders als in anderen Sektoren reichen heute verfügbare oder in der Entwicklung fortgeschrittene Technologien nicht für eine vollständige Dekarbonisierung des Transportsektors in den oben genannten Szenarien aus, die vergleichsweise ambitionierte Entwicklungen darstellen. Während der Schienenverkehr und der motorisierte Individualverkehr mittelfristig durch Elektrifizierung weitgehend zu dekarbonisieren sind, stehen für den Güterverkehr auf der Straße und den Flug- sowie Schiffsverkehr noch keine nachhaltigen Lösungen in der Phase der Markteinführung. Es ist durchaus möglich, auch Schiffe und Flugzeuge mit Methan oder Wasserstoff zu betreiben. Das jährliche nachhaltige Biomassepotenzial von 80–170 EJ Primärenergie (WBGU, 2009a) reicht voraussichtlich nicht aus, den zukünftig zu erwartenden Endenergiebedarf dieser Verkehrssektoren, der im Jahr 2050 knapp 100 EJ betragen wird (IEA, 2010a; WBCSD, 2004), vollständig abzudecken. Solange auch diese noch von fossilen Energieträgern, insbesondere Kohle abhängen, hält der WBGU die Nutzung von Biomasse in der Strom- und Wärmeversorgung zudem für den klimapolitisch wirksameren Weg (WBGU, 2009a). Daher erscheint es zweifelhaft, ob Biomasse eine nachhaltige Energieversorgung für diese Verkehrssektoren bieten kann.

Allerdings zeigen diese Szenarien lediglich mögliche Entwicklungen auf, die nach heutiger Einschätzung plausibel sind, was letztlich bedeutet, dass sie das Verhalten der Konsumenten und den technischen Wandel weitgehend fortschreiben. Wesentlich tiefgreifendere Transformationen sind aber durchaus denkbar. Der Personenverkehr wird von direkten Kundenentscheidungen bestimmt, welche nicht auf rein wirtschaftlichen Erwägungen basieren und sich somit auch ohne technischen Wandel verändern können. Da die Geschwindigkeit der technischen Entwicklung auch davon abhängt, wie sehr eine Technologie nachgefragt wird, können sich gegenseitig verstärkende Dynamiken entwickeln, die zu völlig neuartigen Mobilitätssystemen führen können. Entscheidend wird dabei sein, dass geeignete Geschäftsmodelle entwickelt werden, die die Vorteile technischer Neuerungen für innovative Mobilitätsprodukte nutzen, so dass sie den Kunden einen Mehrwert zum bisherigen System bieten (Kasten 4.3-3). Welche Innovationen sich durchsetzen werden, ist kaum vorhersagbar; technisch denkbar sind viele Alternativen. So könnten Magnetschwebebahnen oder mit Wasserstoff betriebene Flugzeuge den Langstreckenpersonenverkehr übernehmen. Stark ausgebaute öffentliche Verkehrsnetze in Städten, aber auch multimodale Systeme, bei denen je nach Bedarf und ohne Aufwand zwischen wenigen, aber schnellen öffentlichen Bahnen und Bussen, Fahrrädern mit und ohne Elektromotor sowie Elektroautos gewechselt werden kann, bieten Visionen für lebenswerte Städte.

Auch angesichts der vielen lokalen Probleme ist wahrscheinlich, dass sich weltweit die urbanen Mobilitätssysteme in den nächsten 40 Jahren stark verändern werden. Die Einhaltung der Leitplanken (Kap. 1.1) macht zudem aus Sicht des WBGU einen tief greifenden Wandel notwendig. Durch die lange Lebenszeit der Verkehrsinfrastruktur und die soziale Verankerung des vorherrschenden, auf privaten Pkw basierenden Systems bestehen allerdings hohe Pfadabhängigkeiten, so dass zu seiner Transformation große Anstrengungen notwendig sind.

Für eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration auf sehr niedrigen Werten (400 ppm CO_2eq) dürfte

Kasten 4.3-3

Neue Geschäftsmodelle für eine klimaverträgliche Gesellschaft

Nach dem Transitionmanagementansatz von Grin et al. (2010) bedarf es des Zusammenspiels aller in einer Gesellschaft vorhandenen Akteure sowie Nischen, Experimentierräumen und Pionieren, um eine Systemtransformation ins Rollen zu bringen (Kap. 3). Von ganz besonderer Bedeutung sind Pioniere, die in Marktnischen und Experimentierräumen alternative Geschäftsmodelle entwickeln und erproben. Unternehmen als wichtige Akteure innerhalb eines sozialen Systems können mit Hilfe des Transitionmanagementansatzes einerseits ihr eigenes Geschäftsmodell neu ausrichten und dadurch andererseits das bestehende soziale System entscheidend verändern (Loorbach et al., 2010). Innovative Produkte und Dienstleistungen bieten Alternativen zu bestehenden Konsummustern und Praktiken und können übliche Handlungs- und Denkweisen im gesamten gesellschaftlichen System durchbrechen. Sie sind deshalb ein wichtiger Teil der Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft.

Solche unternehmerischen Transformationen werden insbesondere dann stattfinden, wenn auch auf Meso- und Metaebene transformative Veränderungen, etwa durch veränderte Regulierung, stattfinden. Regierungen können unternehmerische Transformationen aber auch durch neue Kriterien in der staatlichen Beschaffungspolitik (Kap. 5.2) und finanzielle Unterstützung beim Aufbau neuer Geschäftsmodelle (Kap. 4.5) fördern. Ein öffentlicher Dialog über Wege in eine klimaverträgliche Gesellschaft kann in Unternehmen die Sensitivität für Umweltfragen erhöhen und in den Firmen Prozesse einer Neuausrichtung der Geschäftsstrategie in Gang setzen. Nach Loorbach et al. (2010) entwickeln sich neue Geschäftsmodelle insbesondere dann erfolgreich, wenn sie zunächst parallel zum Kerngeschäft eines Unternehmens erprobt werden, bis sie als eigenständige Geschäftsmodelle tragfähig sind.

zum Ende des Jahrhunderts eine vollständige Dekarbonisierung des Transportsektors erforderlich werden (van Vuuren et al., 2010). Daher ist es von großer Bedeutung, diejenigen Technologien und Geschäftsmodelle, die nachhaltige und CO_2-freie Mobilität ermöglichen, schnell zu entwickeln und einzusetzen. Die Demonstration dieser Konzepte gerade in den technisch hoch entwickelten und schnell wachsenden Regionen der Erde kann sofort beginnen und als Vorbild für das Überspringen technologischer Entwicklungsstufen (leapfrogging) in sich schnell entwickelnder Regionen fördern. Auch wenn das letztlich erfolgreiche Modell noch nicht vorhersehbar ist, ist es entscheidend, jetzt die Rahmenbedingungen so zu gestalten, dass Innovationen in den Markt vordringen können.

4.3.4 Ernährung

Die direkten Emissionen aus der Landwirtschaft betrugen im Jahr 2005 etwa 14% der weltweiten anthropogenen Treibhausgasemissionen (WRI-CAIT, 2011; Kap. 4.1.7). In Zukunft wird mit weiter steigenden landwirtschaftlichen Emissionen gerechnet (IPCC, 2007c). Um ein Gesamtbild des Bedürfnisfelds Ernährung zu erhalten, müssen allerdings die vollständigen THG-Emissionen bis „zum Teller" berücksichtigt werden (Produktion, Verarbeitung, Zubereitung, Lagerung, Transport, Verderben und Wegwerfen von Lebensmitteln in den Haushalten usw.). Zu den direkten Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft kommen auch die indirekten Emissionen, z.B. die CO_2-Emissionen aus der Umwandlung von Wäldern und Feuchtgebieten in Äcker oder Weiden (Landnutzungsänderungen).

Die Lebensmittelproduktion (einschließlich Distribution und Handel) trägt nahezu die Hälfte zu den Lebenszyklusemissionen der Ernährung bei (Fritsche und Eberle, 2007). Im Gegensatz zu den direkten Emissionen bestehen die indirekten vor allem aus CO_2. Etwa die Hälfte der Emissionen entsteht erst nach der landwirtschaftlichen Produktion, z.B. bei Lagerung und Zubereitung. Der Gütertransport macht nur etwa 3% aus, wobei der Lebensmitteltransport mit dem Flugzeug deutlich ins Gewicht fällt (Wiegmann et al., 2005). Die Emissionen, die durch ungenutzte Nahrungsmittel entstanden sind, durch Verluste nach der Ernte, durch Verderben aufgrund falscher Lagerung oder durch Wegwerfen in den Haushalten, sollten nicht vernachlässigt werden. Von der im Jahr 1990 global erzielten durchschnittlichen Ernte von 4.600 kcal pro Person und Tag (einschließlich Tierfutter) wurden letztlich nur 2.000 kcal vom Konsumenten verzehrt (Smil, 2000; Nellemann et al., 2009). Insgesamt ist der THG-Fußabdruck des Bedürfnisfelds Ernährung etwas größer als der des Bedürfnisfelds Mobilität (Abb. 4.3-1).

4.3.4.1 Klimaverträgliches Management in der Landwirtschaft

Grob geschätzt wäre bis 2030 etwa die Hälfte der direkten Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion vermeidbar (Caldeira et al., 2004; Smith et al., 2008), wobei etwa 70% des Potenzials in Entwicklungsländern, etwa 20% in OECD-Ländern und 10% in Transitionsländern liegt (IPCC, 2007c). Die wichtigsten Maßnahmen dazu sind verbessertes Management von Acker- und Weideland sowie von organischen Böden (Kap. 4.1.7.2).

Seit dem Beginn der Landwirtschaft sind etwa 40–90

Mrd. t Kohlenstoff (entsprechend 150–330 Gt CO_2) aus den Böden verloren gegangen (Caldeira et al., 2004). Diesen Prozess umzukehren und die Böden durch veränderte landwirtschaftliche Praktiken zur Sequestrierung von Kohlenstoff zu nutzen, ist mit 89% des gesamten technischen Minderungspotenzials die vielversprechendste Option für Klimaschutz im Sektor Landwirtschaft (Lal, 2004; IPCC, 2007c). Angesichts des durch Degradation (z.B. Erosion) bereits verlorenen gegangenen Bodenkohlenstoffs ist dies in Zukunft von besonderer Bedeutung (WBGU, 1994). Es geht dabei z.B. um Verzicht auf Umpflügen (Lal et al., 2004), die Erhaltung oder Restauration von Hecken gegen Winderosion, die Vermeidung der Drainage organischer Böden (Moore usw.) sowie um die Restauration degradierten Lands z.B. durch angepasste Bodenbearbeitung und Anbausysteme, verbessertes Nährstoff- und Wassermanagement sowie energieextensive Bewässerung (Smith et al., 2008). Das übrige technische Minderungspotenzial bezieht sich auf CH_4 (9%) und N_2O (2%; IPCC, 2007c). Viele dieser bereits einsatzbereiten Managementverbesserungen bringen zusätzliche Nutzen, weil sie die Produktion steigern und die Anpassung an den Klimawandel erleichtern (Smith et al., 2008; FAO, 2009c). Da aber diese Optionen in der Regel keine kurzfristigen Kostenvorteile für die Agrarbetriebe mit sich bringen, sind zusätzliche Anreize über Preise oder Politik notwendig (Schneider und Smith, 2009). Die Kosten für die Einführung dieser Maßnahmen sind je nach Region und nach Wahl der Option sehr unterschiedlich und liegen auf der Projektebene häufig im Bereich von 200–300 US-$ pro ha (FAO, 2009c).

Diesem großen Potenzial steht gegenüber, dass es seit 1990 kaum Fortschritte bei der Minderung landwirtschaftlicher Emissionen gegeben hat. Generell ist die Durchsetzungsfähigkeit von Regulierungen in vielen Bereichen der Land- und Forstwirtschaft und in vielen Regionen eher schwierig, so dass die Effektivität ordnungsrechtlicher Ansätze begrenzt ist. Ein sinnvoller Ansatzpunkt sind daher zusätzliche Anreize über Preise oder Politik (z.B. Abbau umweltschädigender Subventionen, Anreize und Zahlungen für Ökosystemleistungen; Kap. 7.3.7) für den Klimaschutz (Schneider und Smith, 2009; Eger et al., 1996; Kap. 5.2).

4.3.4.2 Ernährungsgewohnheiten und THG-Emissionen

Die technischen Emissionsminderungspotenziale durch klimafreundliches Management in der Landwirtschaft sind allerdings nicht so groß wie die Minderungen, die durch veränderte Ernährungsgewohnheiten erzielt werden können (Popp et al., 2010). Der Grund ist, dass die Lebenszyklusemissionen tierischer Lebensmittel (wie Fleisch, Milchprodukte, Eier) bei gleichem Gewicht bis zu zehnmal höher sind als die pflanzlicher Lebensmittel. Diese Werte sind allerdings je nach Produkt und in verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich. So verursacht z.B. die Rinderproduktion im Sahel nur rund halb so viel THG-Emissionen wie in den USA (Subak, 1999).

Die Viehwirtschaft ist der größte Einflussfaktor der weltweiten anthropogenen Landnutzung. Insgesamt werden global etwa 70% der landwirtschaftlichen Flächen für die Viehwirtschaft genutzt (als Weideland oder zur Futterproduktion), die nur 15% der globalen Kalorienversorgung bereitstellen (Steinfeld et al., 2006; PBL, 2009b). Entsprechend groß ist mit 18% der gesamte, also direkte wie indirekte, Beitrag der Viehwirtschaft zu anthropogenen Treibhausgasemissionen (Steinfeld et al., 2006). Zusätzlich zu den Klimawirkungen ist die Viehwirtschaft ein großer Treiber des Biodiversitätsverlusts, der Übernutzung und Verschmutzung von Wasserressourcen, des Nährstoffeintrags in die Umwelt sowie nicht zuletzt auch der Verbreitung infektiöser Krankheiten (z.B. Vogelgrippe, BSE). Wegen der deutlich geringeren Flächenintensität hätte der Wandel hin zu gesünderer Ernährung mit weniger tierischen Produkten daher eine sehr große Hebelwirkung nicht nur für die Emissionen, sondern auch für die Erhaltung biologischer Vielfalt (PBL, 2010). Ein besonders großen Unterschied für die Umweltverträglichkeit von Ernährungsgewohnheiten macht der Konsum von Rindfleisch (Marlow et al., 2009). Andererseits verschafft dieser Sektor ca. 1,3 Mrd. Menschen Beschäftigung und Einkommen und ist gerade in Entwicklungsländern häufig die einzig praktikable Option, um durch Beweidung aus marginalem Land Erträge zu erwirtschaften.

Gemäß des Anteils tierischer Produkte in der Ernährung ist der ökologische Fußabdruck der Ernährungsweise in Nordamerika und Europa heute etwa doppelt so groß wie in Afrika oder Asien (White, 2000). Dieses Verhältnis ändert sich derzeit rapide, z.B. hat sich in den letzten 50 Jahren der Pro-Kopf-Verbrauch von Fleisch in den Entwicklungsländern mehr als verdreifacht (FAO, 2010b). Es wird mit einer Fortsetzung dieses Trends gerechnet, so dass sich die Fleischproduktion bis 2050 verdoppeln könnte (Steinfeld et al., 2006). Dies hängt nicht nur mit dem Bevölkerungswachstum, sondern vor allem mit den veränderten Ernährungsgewohnheiten zusammen, die weltweit mit zunehmendem Wohlstand zu beobachten sind. In Entwicklungs- und Schwellenländern verbreitet sich eine fett- und proteinreichere Ernährung mit mehr tierischen Lebensmitteln, vor allem in Lateinamerika und Ostasien (von Koerber et al., 2008). So hat sich in China in den letzten drei Jahrzehnten der Fleischkonsum verfünffacht (FAO, 2006). Der Milchsektor trägt etwa 4% zu den anthropogenen THG-Emissionen bei, wobei CH_4 etwa

die Hälfte ausmacht (FAO, 2010c).

Diese Trends können je nach Ausprägung zu erheblichen zusätzlichen THG-Emissionen führen (Keyzer et al., 2005; Popp et al., 2010). Umgekehrt könnten globale THG-Emissionen aus der Landwirtschaft im Jahr 2055 sogar niedriger sein als 1995, wenn eine Umstellung auf geringere Anteile tierischer Produkte in der Ernährung erfolgte. In Kombination mit den technischen Minderungspotenzialen ergäbe sich im Jahr 2055 sogar eine Minderung der landwirtschaftlichen Emissionen auf etwa 2,5 Gt CO_2eq pro Jahr, was in etwa einer Halbierung der heutigen landwirtschaftlichen THG-Emissionen entspräche (Popp et al., 2010). Das Potenzial für die Klimaschutzwirkung eines verringerten Fleischkonsums ist also erheblich.

Auch aus gesundheitlicher Sicht enthält die in Industrieländern vorherrschende Ernährungsweise zu viele tierische Produkte. Stehfest et al. (2009) kommen zu dem Schluss, dass eine Verringerung des Fleischkonsums auf ein Maß, das aus gesundheitlicher Sicht empfehlenswert ist, die Minderungskosten für das Erreichen der Stabilisierung bei 450 ppm um die Hälfte senken würde. Es würden erhebliche Landflächen frei, die für andere Zwecke zur Verfügung stünden. Eine entsprechende Änderung der Ernährungsgewohnheiten hätte demnach einen doppelten Nutzen: für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt (McMichael et al., 2007; Tukker et al., 2009).

Ein weiterer wichtiger Faktor sind die Verluste im Haushalt durch Verderben und Wegwerfen von Lebensmitteln, von denen fast zwei Drittel vermeidbar wären. So könnten nicht nur Emissionen, sondern auch Kosten gespart werden (WRAP, 2009).

Die Botschaft lautet also: Eine gesunde Ernährungsweise ist auch klimafreundlich. Der heutige durchschnittliche Anteil tierischer Produkte an der Ernährung in Industrieländern und den wachsenden einkommensstarken Schichten in Entwicklungs- und Schwellenländern ist größer, als es für eine gesunde Ernährung angemessen wäre. Dabei ist eine Umstellung auf eine vollständig vegetarische oder sogar vegane Lebensweise keineswegs notwendig. Schon die vorgeschlagene Umstellung auf generell weniger Fleisch und insbesondere weniger Rindfleisch hätte einen erheblichen Klimaschutzeffekt (PBL, 2009a). Als Handlungsansätze bieten sich u.a. verbesserte Kommunikation und staatliche Rahmensetzung an (Brand et al., 2007; Kap. 7.3.7.4).

4.4 Exemplarischer transformativer Pfad des WBGU am Beispiel der EU-27

Im Folgenden diskutiert der WBGU Transformationsszenarien für Deutschland und Europa, die eine weitgehend bis vollständig auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung im Jahr 2050 erreichen. Hierzu werden bestehende Studien betrachtet (EREC und Greenpeace, 2009, 2010; Sterner, 2009; SRU, 2010; Klaus et al., 2010; BMU, 2010c; Roadmap 2050, 2011). Wie im Kapitel 4.1 gezeigt, sind die technischen Potenziale der erneuerbaren Energien hierfür ausreichend. Es soll im Folgenden die technische Machbarkeit eines auf Energieeffizienz und erneuerbaren Energien basierenden Energiesystems unterstrichen werden. Die Umsetzung dieser Szenarien ist von den politischen und ökonomischen Weichenstellungen abhängig. Ziel dieses Kapitels ist es, Kernelemente einer Dekarbonisierung des Energiesystems darzustellen und Möglichkeiten für die Integration von konventioneller und regenerativer Energiewirtschaft aufzuzeigen.

Während für die technische Umsetzung einer globalen, vollständig auf erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgung bisher nur wenige detaillierte Forschungsarbeiten vorliegen (z.B. Teske et al., 2008), wurden zeitlich hochauflösende Untersuchungen der Vollversorgung Europas bzw. des Stromverbundes Europa/Nordafrika oder Deutschland/Norwegen bereits durchgeführt (Roadmap 2050, 2011; Czisch, 2005). Czisch (2005) zeigte, dass bei einer optimierten Auswahl der Standorte für Wind- und Solarenergie, Bioenergie sowie Laufwasserkraft über das Szenariogebiet schon zu den damaligen Kosten der erneuerbaren Energieträger die durchschnittlichen Kosten für Stromerzeugung und -transport über ein transnationales Netz im Bereich von 5–6 €ct pro kWh liegen und sich damit im Bereich der Kosten für konventionellen Strom bewegen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU, 2010) hat in einer detaillierten Analyse gezeigt, dass unter strengen Anforderungen des Naturschutzes und unter Vermeidung anderer Nutzungskonflikte das Potenzial der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in Deutschland und Europa ausreicht, um in jeder Stunde eine vollständige regenerative Stromversorgung in Deutschland zu bezahlbaren Kosten zu ermöglichen. Hierbei spielen der europäische Netzausbau und die Anbindung der Nachbarländer die entscheidende Rolle.

Alle Szenarien verbindet, dass sie sowohl ressourcen- als auch politikgetrieben sind.

4.4.1 Eine regenerative Energieversorgung in Europa

Im Szenario Energy [R]evolution 2010 (EREC und Greenpeace, 2010) werden zwei exemplarische Pfade aufgezeigt, nach denen Europa bis 2050 seine Klimaschutzziele erfüllen kann. Das Basisszenario erfüllt das aktuelle Mindestziel hinsichtlich einer Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80% gegenüber 1990 bzw. eine Reduktion der CO_2-Emissionen um ca. 85%. Das ambitioniertere Advanced-Szenario erreicht sogar eine Reduktion um 95% durch eine nahezu vollständig regenerative Energieversorgung und durch stark intensivierte Energieeinsparungen. In beiden Pfaden wird dadurch die Versorgungssicherheit Europas gegenüber heute deutlich erhöht und die energetische Wertschöpfungskette auf Europa fokussiert.

Die demografischen, strukturellen und ökonomischen Eckdaten, welche die Volkswirtschaft und damit auch die Energienachfrage charakterisieren, entsprechen in dieser Untersuchung weitgehend denjenigen, die auch den Szenarien des IEA World Energy Outlooks zugrunde liegen.

Bis 2050 zeigen sich beträchtliche strukturelle Veränderungen. Die heute noch hohen Umwandlungsverluste werden durch den Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und den damit verbundenen starken Rückgang von Kondensationskraftwerken deutlich reduziert. Deren Anteil sinkt von derzeit 76% (fossil und nuklear) auf 57% bis 2020 und auf 32% bis 2030. Im Jahr 2050 sind nur noch flexible Gaskraftwerke (einschließlich gasgespeister Kraft-Wärme-Kopplung) zur Bereitstellung gesicherter Leistung von Bedeutung. Die noch verbleibenden fossil gefeuerten Kraftwerke (Kohle und Gas) werden in Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt. Der Hauptbeitrag wird von erneuerbaren Energien erbracht. Zudem werden der Verkehr weitgehend auf Elektromobilität umgestellt und große Energieeinsparmaßnahmen im Wärmebereich durchgeführt.

Diese Entwicklungen führen zu einem deutlichen Rückgang des Primärenergieeinsatzes, der im Referenz-Szenario um 3% gegenüber heute auf 76 EJ im Jahr 2050 steigt, während er in den Energy-[R]evolution-Szenarien durch den breiten Einsatz erneuerbarer Energien gedeckt werden kann und deutlich geringer ausfällt: Nach der Wirkungsgradmethode sinkt er im Advanced-Szenario bis 2020 auf 87% des Niveaus von 2007 und bis 2050 auf 62% des Ausgangswerts.

Der gleiche Versorgungsgrad bei geringerem Primärenergiebedarf resultiert daraus, dass sowohl Wind- und Solarenergie als auch Wasserkraft Abwärme vermeiden und eine deutliche Intensivierung von Energieeinsparungen in allen Sektoren zugrunde gelegt wird (Abb. 4.4-1).

Die energiebedingten Treibhausgasemissionen werden in diesem Szenario bis 2050 um 95% gegenüber 1990 reduziert. Allein in der Strom- und Dampferzeugung können durch Energieeinsparungen und dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien 1,4 Gt CO_2 pro Jahr eingespart werden. Mittelfristig ist die CO_2-Reduktion im Wärmesektor von großer Bedeutung und langfristig die regenerative Stromerzeugung.

Die Transformation der europäischen Energieversorgung ist anfangs nicht ohne hohe Investitionen möglich, die sich jedoch langfristig als Kosteneinsparungen erweisen. Die Mehrkosten belaufen sich im Advanced-Szenario auf 82 Mrd. € für 2020 und 73 Mrd. € für 2030, wobei diese Kosten im Vergleich zu den heutigen Ausgaben für Energieimporte von ca. 350 Mrd. € im Rahmen bleiben. Langfristig führen diese Investitionen in die Energiewende durch vermiedene Energieimporte und einer höheren Rohstoffunabhängigkeit zu großen Einsparungen, die sich europaweit auf 85 Mrd. € im Jahr 2050 belaufen.

Keimzellen für die Transformation sind Städte: Eine Vielzahl europäischer Städte hat es sich zum Ziel gesetzt, eine regenerative Vollversorgung zu realisieren. Damit werden Leuchtturmprojekte geschaffen, die in Zeiten zunehmender Urbanisierung wegweisend sind, um den Prozess der Verstädterung nachhaltig zu gestalten.

Die Stromversorgung in Europa nach dem Szenario Energy [R]evolution 2010

Der Stromsektor ist die tragende Säule in der Transformation der Energiesysteme. Die Dekarbonisierung gestaltet sich in diesem Sektor leichter als im Wärme- und Verkehrsbereich. Aber auch Wärmeanwendungen und Mobilität können über regenerativen Strom effizienter, klimafreundlicher und teilweise auch kostengünstiger ermöglicht werden. Aus diesen Gründen wird regenerativer Strom langfristig zur Primärenergie, wodurch der Gesamtstrombedarf trotz Energieeinsparungen bis 2050 nicht abnimmt.

Der regenerative Anteil steigt im Advanced-Szenario von 16% (2007) auf 43% (2020), 68% (2030) sowie 97% (2050) mit einer Kapazität von dann ca. 1.500 GW. Das Wachstum kommt überwiegend aus Wind- und Solarenergie. Das nachhaltige Biomassepotenzial ist etwa um 2030 ausgeschöpft. Ab 2030 spielt in diesem Szenario auch der Import von Strom aus erneuerbaren Energien (Wind, solarthermische Kraftwerke) eine zunehmende Rolle (Abb. 4.4-2).

Dieses Szenario mit einem sehr hohen Ausbau erneuerbarer Energien wird auch dann nicht obsolet, wenn sich einige Länder dazu entscheiden, die Kernenergie weiter als Teil ihres Strommix zu führen. Die

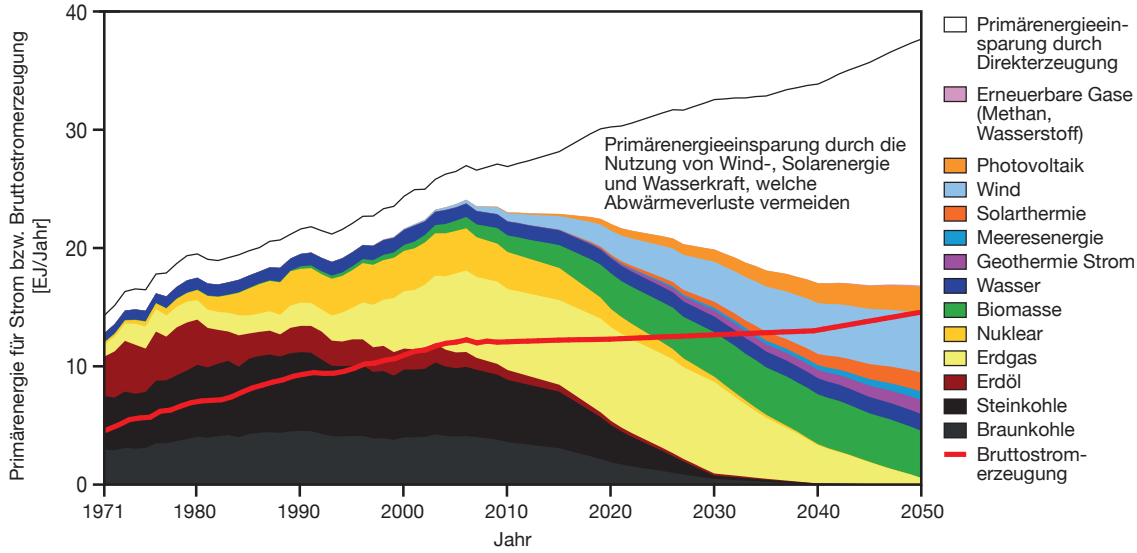


Abbildung 4.4-1
Primärenergieverbrauch in der EU-27 für Strom nach dem Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 von EREC und Greenpeace (2010) für den Zeitraum 1970–2050. Tragende Säulen sind Windenergie, Solarenergie und Biomasse. Große Primärenergieeinsparungen ergeben sich aus der Vermeidung von Abwärme durch die direkte Stromerzeugung aus Wind, Solar und Wasserkraft. Die Bruttostromerzeugung steigt dabei bis 2050 weiter moderat an (rote Linie; Abb. 4.4-2). Datengrundlage der historischen Daten bis einschließlich 2008 sind die Energiebilanzen der internationalen Energieagentur (IEA, 2010d).
Quelle: WBGU, nach den genannten Datenquellen

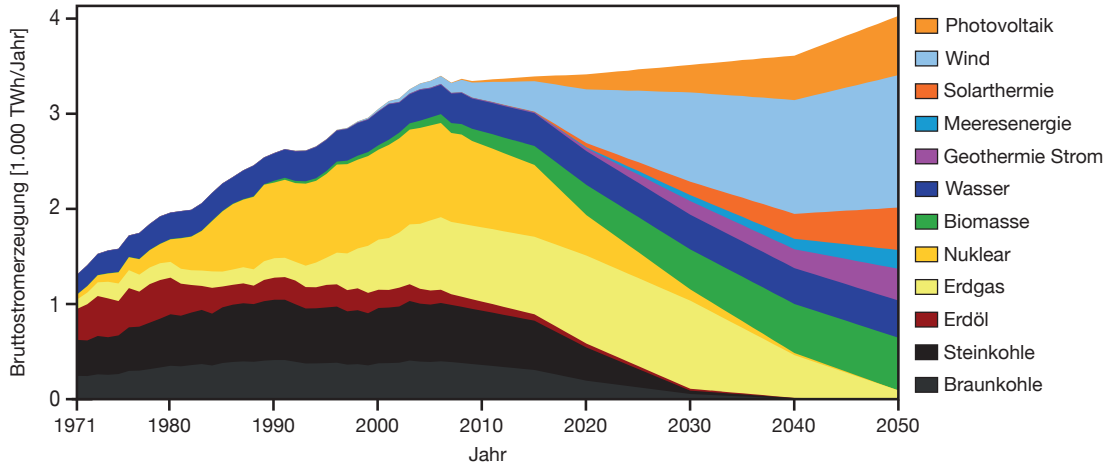


Abbildung 4.4-2
Bruttostromerzeugung in der EU-27 nach dem Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 (EREC und Greenpeace, 2010) für den Zeitraum 1970–2050. Der Anteil erneuerbarer Energien wird sukzessive ausgebaut und auf einen Anteil von 86% im Jahr 2050 gesteigert. Die größten Anteile haben Wind, Solar und Wasserkraft. Stromtransport, Energiespeicher und Energiemanagement gleichen Schwankungen auf Erzeugungs- und Verbrauchsseite aus. Der steigende Strombedarf zwischen 2030 und 2050 resultiert aus einer gestiegenen Nachfrage nach Strom für Wärme (Wärmepumpen) und den Verkehr (Elektromobilität). Datengrundlage der historischen Daten bis einschließlich 2008 sind die Energiebilanzen der internationalen Energieagentur (IEA, 2010d).
Quelle: WBGU, nach den genannten Datenquellen

konventionellen Kraftwerke müssen bei zunehmendem Ausbau erneuerbarer Energien immer häufiger in einen Teillastbetrieb gehen. Dieser ineffiziente und unwirtschaftliche Anlagenbetrieb, der bei fossilen Kraftwerken zu Mehremissionen führt und potenziell technische Komplikationen hervorruft, kann durch den Bau von Speichern und den europäischen Netzausbau vermieden werden.

Die Wärmeversorgung in Europa angelehnt an das Szenario Energy [R]evolution 2010

Der Anteil regenerativer Quellen an der Wärmeversorgung steigt europaweit von heute 13% bis 2020 auf 27% und bis 2050 auf 95% am Endenergieverbrauch. Fossile Energie wird schrittweise durch effizientere Technologien ersetzt.

Die Reduktion des Wärmebedarfs wird erreicht durch Energieeinsparung mit Hilfe verbesserter Wärmedämmung sowie verbesserter Wärmerückgewinnung bei der Lüftung. Beide Maßnahmen verringern bei Neubauten den Wärmebedarf drastisch. Im Bestand ist die Umsetzung dieser Maßnahmen an die Renovierungsrate gebunden, die im Vergleich zur historischen Rate beschleunigt wird.

Der verbleibende Wärmebedarf und auch die Prozesswärme werden durch eine Kombination aus elektrischen Wärmepumpen, der Kraft-Wärme-Kopplung, Solarthermie und erneuerbaren Gasen wie Wasserstoff oder Methangas gedeckt (Abb. 4.4-3). Wärmepumpen und die Kraft-Wärme-Kopplung eignen sich gut zum Ausgleich von Fluktuationen im Stromnetz: Während die Wärmepumpe bei Stromüberschuss in Betrieb genommen werden kann, hilft die Kraft-Wärme-Kopplung, Defizite bei der Stromerzeugung auszugleichen. In beiden Fällen erlaubt die thermische Masse der Gebäude bzw. eine geeignete Dimensionierung von Wärmespeichern eine Entkopplung von Strom- und Wärmefluss.

Abweichend zum Advanced-Szenario wird in der hier gezeigten Variante Biomasse verstärkt im Wärmesektor eingesetzt, da dort der Nutzungsgrad und die Effizienz der Anwendung doppelt so hoch sind wie im Verkehrssektor. Biomasse wie z. B. Holz ersetzt in Heizungen direkt 1:1 fossiles Öl, während Biomasse zur Kraftstoffproduktion unter hohen Verlusten z. T. mehrfach umgewandelt werden muss, um für die Mobilität verwendet werden zu können. Daher können mit der ohnehin begrenzten Bioenergie im Wärmebereich deutlich höhere CO_2-Einsparungen erreicht werden (WBGU, 2009a). Das dadurch frei gewordene Erdöl aus Heizungen wird als Kraftstoff für die Mobilität genutzt.

Regenerative Mobilität in Europa angelehnt an das Szenario Energy [R]evolution 2010

Im Verkehrssektor ist die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen noch am deutlichsten ausgeprägt und entsprechend gestaltet sich die Transformation als Herausforderung (Abb. 4.4-4). Wegen der beträchtlichen Wachstumsraten des Güterverkehrs dämpft die Effizienzsteigerung bei Verbrennungsmotoren nur den Verbrauchszuwachs.

Die eigentlichen Effizienzgewinne resultieren aus der regenerativen Elektromobilität, die einen um den Faktor drei bis vier höheren Wirkungsgrad besitzt als fossile Verbrennungsmotoren. Die Herausforderung bei der breiten Einführung elektrischer Fahrzeuge liegt in der Technologieentwicklung, der Kostenreduktion, nachhaltigen Rohstoffzyklen und der technischen Reife.

Das nachhaltige Potenzial von Biokraftstoffen wird für spezielle Verkehrssegmente (Langstrecken, Flug, Schiff, Gütertransport), die auf chemische Energieträger mit hoher Energiedichte angewiesen sind, voll ausgeschöpft. Erneuerbare Gase (Wasserstoff, Methan) spielen eine wichtige Rolle, um die begrenzten Potenziale von Biokraftstoffen zu ergänzen. Die Einführung von Wind- und Solarkraftstoffen vermeidet einerseits Nutzungskonkurrenzen, welche bei Biokraftstoffen auftreten und überwindet andererseits die Begrenzungen bei deren Verfügbarkeit.

Durch die zügige Einführung von Elektromobilität, den begrenzten Einsatz von nachhaltigen Biokraftstoffen und die Einführung von Wind- und Solarkraftstoffen können im Jahr 2050 ca. 90% der Mobilität mit erneuerbaren Energien ermöglicht werden. Die verbleibenden 10% werden weiter aus Erdöl gespeist, welches durch seine Verdrängung durch Biomasse in Wärmeanwendungen frei wird.

Übertragbarkeit der Ergebnisse für Europa auf andere Weltregionen

Europa besitzt den Vorteil einer gut ausgebauten Netzinfrastruktur und einer hohen Technologieverbreitung. Analog ließen sich diese Ergebnisse in Nordamerika und einigen asiatischen Ballungsräumen umsetzen. Für global differenzierte Betrachtungen eignen sich DLR Studien (z. B. EREC und Greenpeace, 2010), welche auch als Grundlage für den Sonderbericht zu erneuerbaren Energien des IPCC dienen.

4.4.2 Die Vernetzung der Energiesysteme als Kernelement der Transformation

Um erneuerbare Energien in die bestehenden Energieversorgungsstrukturen zu integrieren ist eine sektorenübergreifende Vernetzung notwendig. Der Ausbau der

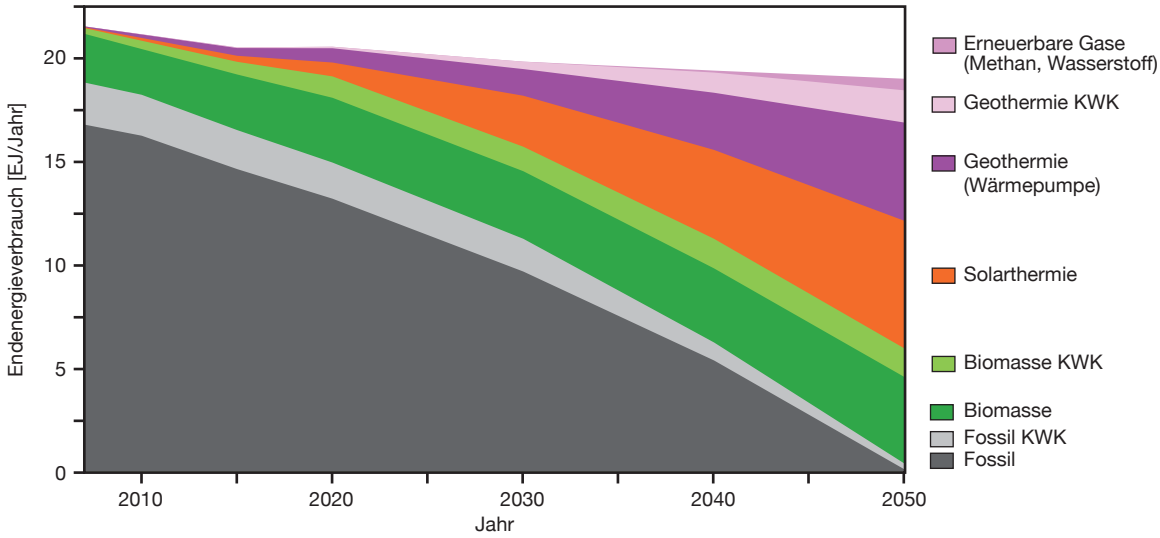


Abbildung 4.4-3
Endenergieverbrauch des Wärmesektors in der EU-27 angelehnt an das Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 für den Zeitraum 2007–2050 mit verstärktem Einsatz von Biomasse und verringertem Einsatz von Erdöl bis 2050. Energieeinsparmaßnahmen und die Einführung von Wärmepumpen, Solarthermie, Kraft-Wärme-Kopplung, Biomasse und erneuerbaren Gasen (Wasserstoff, Methan) ermöglichen eine rein regenerative Wärmebereitstellung bis 2050.
Quelle: WBGU, angelehnt an EREC und Greenpeace, 2010

Energienetze für Strom und Gas, ihre Kopplung untereinander und eine intelligente Verbindung mit dem IT-Netz sind unverzichtbar.

Dynamische Simulationen zur Integration erneuerbarer Energien in die Stromversorgung

Für die Analyse der regenerativen Versorgung mit hohen Anteilen an Windenergie und Photovoltaik müssen die zeitlichen Fluktuationen der Einspeisung aufgrund meteorologischer Schwankungen adäquat abgebildet werden, da diese den Einsatz von kompensierenden Maßnahmen wie Speicher oder Erzeugungs- und Lastmanagement erfordern, die technisch und ökonomisch mit zu betrachten sind.

Diese Problematik soll exemplarisch für Deutschland anhand der Studie von Klaus et al. (2010) dargestellt werden, in der eine Vollversorgung Deutschlands mit erneuerbaren Energien im Jahr 2050 realisiert wird. Die Studie zeigt, dass durch den ambitionierten Ausbau der nationalen erneuerbaren Energien, die Einführung von Elektromobilität im Verkehr, eine Verbesserung der Gebäudedämmung auf Niedrigenergiestandard, die Substitution konventioneller Heizungen durch elektrische Wärmepumpen sowie den Einsatz von Großspeichern (Pumpspeicher und Gasnetz) zum Ausgleich von Ungleichgewichten zwischen Erzeugung und Verbrauch eine komplette Dekarbonisierung des Energiesektors bis 2050 technisch und nachhaltig prinzipiell möglich ist. Für die bessere Übereinstimmung von Erzeugung und Verbrauch kann das Lastmanagement mit elektrischen Wärmepumpen, Klimatisierung und Elektromobilität einen wichtigen Beitrag leisten: Zu Zeiten, in denen die Erzeugung den aktuellen Verbrauch übersteigt, werden die Batterien der ans Netz angeschlossenen Elektrofahrzeuge geladen, die thermischen Speicher der auf Wärmepumpen basierenden Heizsysteme aufgeheizt oder die Klimaanlagen angeschaltet und damit der aktuelle Verbrauch erhöht, um die Zwischenspeicherung der elektrischen Energie in elektrischen Speichern zu vermeiden.

Abbildung 4.4-5 zeigt die in Klaus et al. (2010) simulierte Einspeisung für die Monate Dezember und August. Während in den Sommermonaten durch die Kombination von Wind- und Solarenergie nur kurzzeitige Differenzen zwischen Erzeugung und Verbrauch im Bereich weniger Stunden auftreten, zeigt die Simulation im Dezember eine zweiwöchige Periode mit deutlichen Defiziten in der Energieversorgung, die für ein zuverlässiges Energiesystem ausgeglichen werden müssen.

Ausbau der Energienetze

Der Ausbau und die Kopplung der Netze ermöglichen einen europaweiten Energietransport. Die Stromnetze sind in großem Umfang national sowie international auszubauen (DENA, 2010). Die Gasnetze können bereits heute als Super-Grid bezeichnet werden, da sie über hohe Übertragungsleistungen und gut ausgebaute Speicherkapazitäten von allein in Deutschland etwa 220 TWh_{th} verfügen. Ein starkes transeuropäisches Hochleistungstransportnetz für Strom und Gas ist

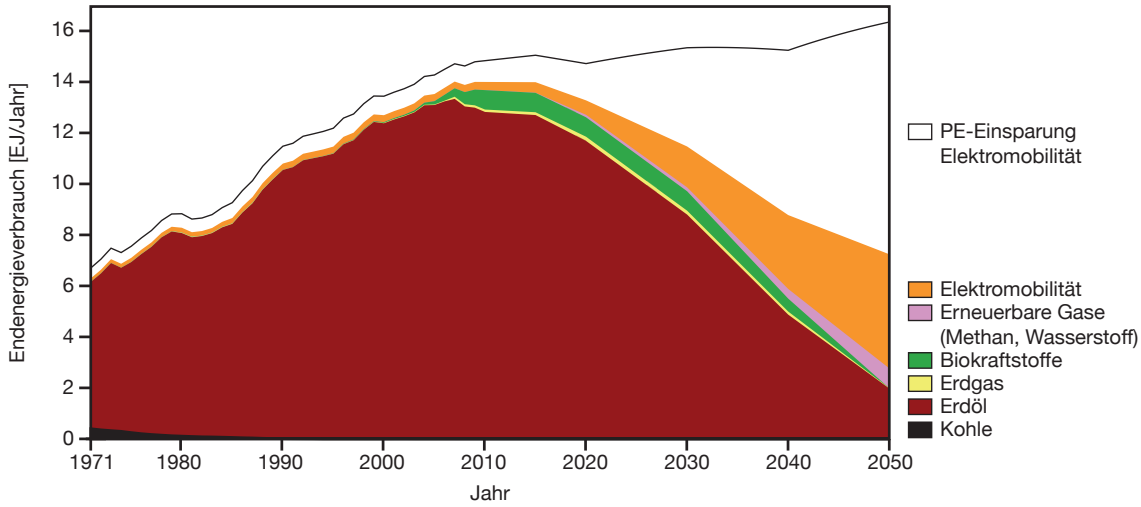


Abbildung 4.4-4
Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in der EU-27 angelehnt an das Energy [R]evolution Advanced Scenario 2010 für den Zeitraum 1970–2050 mit Biomasse als Brückentechnologie und Nutzung von Erdöl, welches im Wärmesektor frei wird bis 2050 (EREC und Greenpeace, 2010). Durch die Einführung der effizienten Elektromobilität kann der Endenergieverbrauch des Verkehrs deutlich gesenkt werden. Erneuerbare Gase (Methan, Wasserstoff) ergänzen Biokraftstoffe im Langstreckensegment. Datengrundlage der historischen Daten bis einschließlich 2008 sind die Energiebilanzen der internationalen Energieagentur (IEA, 2010d).
Quelle: WBGU, nach den genannten Datenquellen

Voraussetzung, um einerseits den Energietransport aus Wind- und Solarkraftwerken von Standorten mit hohen Erträgen in die Verbrauchszentren zu ermöglichen, und andererseits für einen großflächigen Ausgleich der lokal auftretenden Erzeugungsschwankungen zu sorgen. Auf diese Weise können große Offshore-Windkapazitäten und Solarstrom aus dem Mittelmeerraum in die europäische Energieversorgung eingebunden werden und vorhandene Speichermöglichkeiten im Gasnetz bzw. Speicherwasserkraft in Skandinavien, in den Pyrenäen und in den Alpen erschlossen werden.

Einbindung von Speichern sowie Kopplung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen

Mit zunehmenden Anteilen von Wind- und Solarenergie steigt der Speicherbedarf. Dabei ist zwischen Kurz- und Langzeitspeichern zu unterscheiden. Zum Ausgleich von Leistungsschwankungen im Stundenbereich lassen sich Pumpspeicherkraftwerke mit hohen Wirkungsgraden einsetzen. Ein weiterer Ausbau dieser bewährten Technik stößt vor allem aufgrund von Akzeptanzproblemen zumindest in Deutschland an Grenzen. Attraktiv wäre jedoch, die immense Speicherkapazität vor allem der norwegischen Speicherkraftwerke zu nutzen. Allerdings sind dafür leistungsfähige Transportleitungen zwischen Kerneuropa und Norwegen zu errichten. Die derzeit geplante Verbindung zwischen Deutschland und Norwegen mit einer Übertragungskapazität von 1,4 GW für ca. 1,5 Mrd. € kann dabei nur ein erster Schritt sein (NorGer, 2011). Eine weitere Verbesserung der Speicherkapazität kann durch den Umbau der heute in Norwegen existierenden Speicherwasserkraftwerke in Pumpspeicherwerke erreicht werden, wobei ökologische Aspekte wie die Vermischung von Salz- und Süßwasser zu beachten sind. Vor dem Hintergrund dieser sehr großen Speicherpotenziale (ca. 80 TWh_{el}) erscheint der Bau von Druckluftspeicherkraftwerken mit wesentlich geringeren Wirkungsgraden und höheren Kosten als zweitrangig (SRU, 2010).

Auch elektrische Batterien eignen sich prinzipiell für die Stabilisierung von Stromnetzen. Die heute und auf absehbare Zeit zu erwartenden Kosten für Batteriespeicher erlauben jedoch keinen konkurrenzfähigen Einsatz. Eine Ausnahme bildet der Speicher für Elektrofahrzeuge, vor allem beim optimierten Lademanagement. Eine regelmäßige Rückspeisung in das Stromnetz ist allerdings auch mit Batterien in Elektrofahrzeugen unwirtschaftlich, kann aber bei kritischen Zuständen attraktiv werden, in denen sich lukrative Erlöse für die Einspeisung für die Netzunterstützung erzielen lassen.

Mit Ausnahme der norwegischen Pumpspeicher ist eine Langzeitspeicherung zur Überbrückung z.B. einer Windflaute von 1–2 Wochen jedoch mit keinem der oben beschriebenen Speichertypen möglich (Abb. 4.4-5). Diese Lücken können zunächst mit Hilfe von sogenannten Backup-Kraftwerken geschlossen werden, etwa mit schnell reagierenden Gasturbinen-

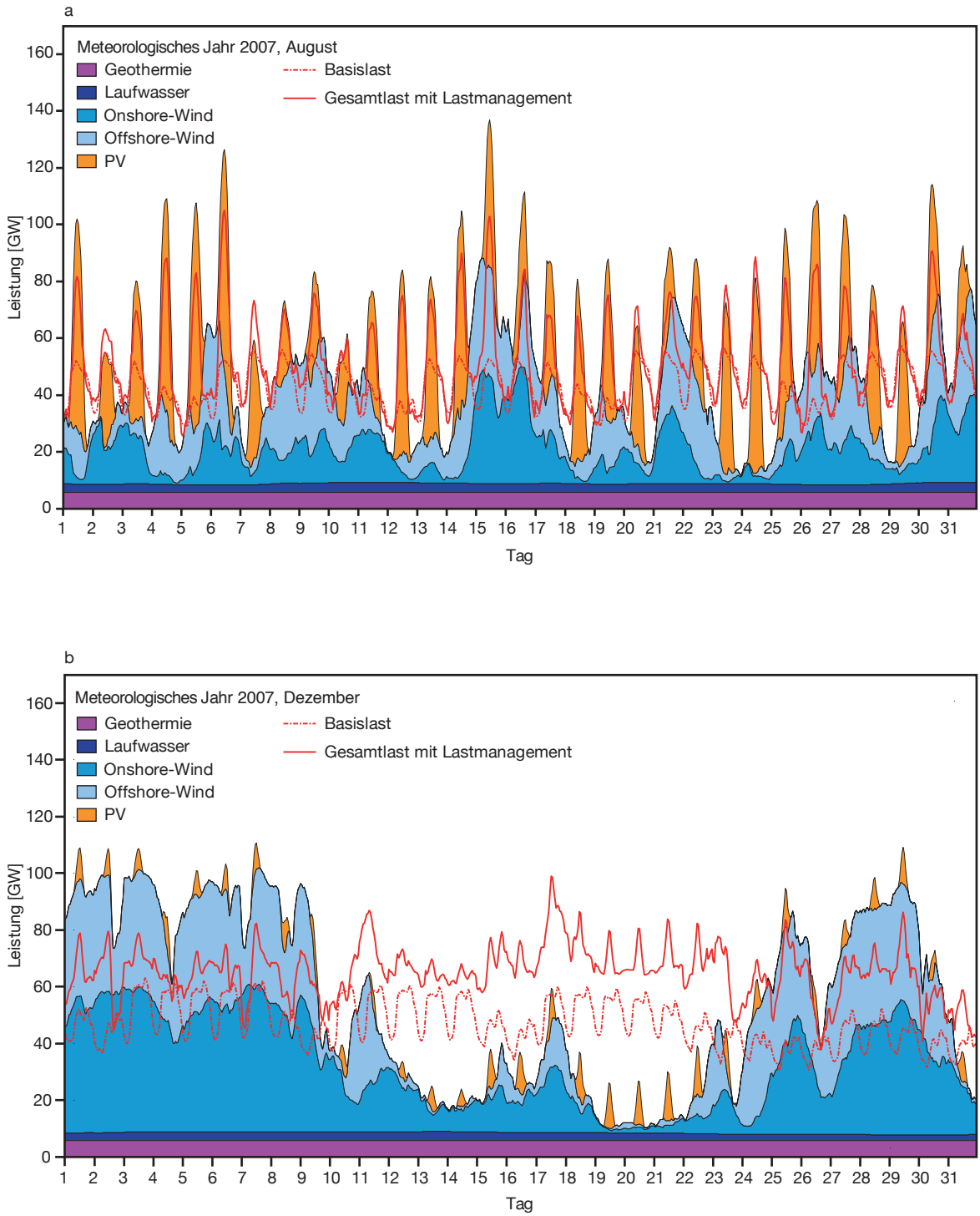


Abbildung 4.4-5
Simulierte Einspeisung aus erneuerbaren Energien (farbige Flächen) nach dem UBA-Szenario projiziert auf 2050 über einen Monat in Relation zur Basislast (gestrichelte rote Linie) und der sich mit gesteuertem Einsatz von Elektromobilität, Klimatisierung und Wärmepumpen (durchgezogene rote Linie) ergebenden Gesamtlast. Ein Sommer- und ein Wintermonat (a: August, b: Dezember) sind exemplarisch mit den meteorologischen Daten des Jahres 2007 dargestellt. Extreme Schwankungen in der Stromversorgung werden sowohl von Wind- als auch Solarenergie verursacht, die mit den drei Maßnahmen Netzausbau, Erzeugungs- und Lastmanagement und Speicher ausgeglichen werden können. Trotz idealen Netzausbaus und idealen Lastmanagements treten regelmäßig Versorgungslücken von ein bis zwei Wochen auf, die nur durch die Anbindung der großen skandinavischen Speicherkapazitäten oder die Kopplung von Strom- und Gasnetz geschlossen werden können.
Quelle: Klaus et al., 2010

kraftwerken, aber auch mit virtuellen Kraftwerken, die aus vielen dezentralen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bestehen welche mit Hilfe von smart grids synchron gesteuert werden.

Mit abnehmenden Anteilen fossiler Energieträger kann Erdgas zunächst durch Biogas ergänzt werden. Für eine vollständige Substitution ist jedoch die Erzeugung von erneuerbarem Methan aus Wind- und Solarstrom erforderlich. Für die Rückverstromung eignen sich dafür die ohnehin benötigten gasbetriebenen Backup-Kraftwerke und dezentralen Blockheizkraftwerken. Insgesamt ergibt sich aus dieser Kombination ein Langzeitspeicher, der regenerativen Strom zunächst in erdgasgleiches Methan konvertiert, diesen Energieträger mit Hilfe der bestehenden Erdgasinfrastruktur speichert und den Strom mit Hilfe der Backup-Kraftwerke bedarfsgerecht bereitstellt. Die Kapazität von Gasspeichern kann Lücken in der Stromversorgung von bis zu zwei Monaten schließen.

Auf diese Weise kann das Strom- mit dem Gasnetz sinnvoll verbunden werden. Diese Kopplung erlaubt eine Stabilisierung der elektrischen Netze durch Nutzung der um mehrere Größenordnungen höheren Speicherkapazität von Gasnetzen (Sterner, 2009). Der Aufbau von Nahwärmenetzen und deren Verbindung mit den Strom- bzw. Gasnetz ergibt eine weitere Synergie: Die Verstromung des gespeicherten Methans kann in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit hohen Gesamtwirkungsgraden erfolgen und damit auch einen Teil der Wärmeversorgung abdecken (Nast, 2007).

Verbindung von Strom- und IT-Netzen: Erzeugungs- und Lastmanagement

Als Grundvoraussetzung für eine effiziente Gestaltung der Energiedienstleistungen sollten alle Energienetze (Strom, Gas, Wärme) informationstechnisch miteinander vernetzt werden (smart grids). Der Einsatz von Erzeugungs- und Lastmanagement hilft, die Fluktuationen in der Stromversorgung zu glätten: erstens durch den bedarfsgerecht gesteuerten Einsatz von Elektromobilen, Kühlanlagen, Wärmepumpen und anderen Verbrauchern in Haushalt, Gewerbe und Industrie sowie zweitens über den nach dem elektrischen Bedarf gesteuerten Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung. Große Potenziale des Lastmanagements werden im Bereich der Industrieproduktion, im Handel und im privaten Haushaltsbereich gesehen (Stadler, 2006).

Das Erdgasnetz als multifunktionales Netz für Energietransport und Speicherung

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Form kleiner dezentraler Blockheizkraftwerke oder auch größerer Gas- und Dampfkraftwerke werden schon heute überwiegend mit Erdgas betrieben, was auch für die Zukunft eine ausgezeichnete Basis für die Vernetzung unterschiedlichster Energieträger bildet. Das heute existierende Erdgasnetz kann mehrere Aufgaben für ein vernetztes Energiesystem übernehmen (Abb. 4.4-6). Biogas kann durch Abtrennung von CO_2 in Methan umgewandelt werden, das in bestehende Erdgasnetze eingespeist so allen typischen Erdgasverbrauchern wie der Kraft-Wärme-Kopplung, Gaskraftwerken, Gasautos oder auch konventionellen Heizgeräten zugeführt werden kann. Auch Synthesegas aus Biomassevergasungsanlagen kann unter Abtrennung von CO_2 zu reinem Methan synthetisiert und eingespeist werden. Mit vergleichbaren Verfahren lässt sich auch Kohle über die Kohlevergasung unter Abtrennung von CO_2 in Methan konvertieren (US-DoE, 2006).

Eine neue Option stellt die Herstellung von Methan aus den Überschüssen der Stromproduktion dar. Dabei wird zunächst Wasserstoff über Elektrolyse produziert. Dieser Wasserstoff wird in einem anschließenden Konversionsprozess unter Reaktion mit CO_2 in reines Methan umgewandelt und lässt sich dann ebenfalls in bestehende Erdgasnetze einspeisen (Specht et al., 2010). Dieser Pfad kann die Langzeitspeicherung bereitstellen, die benötigt wird, um die jahreszeitlich unterschiedlich anfallenden Überschüsse der Wind- und Solarstromproduktion in die ein bis zwei Wochen andauernden Lasttäler zu verschieben. Dabei kann eine weitere wichtige Eigenschaft des bestehenden Erdgasnetzes genutzt werden, nämlich die Speichermöglichkeit in existierenden Erdgasspeichern mit einer Kapazität von 220 TWh_{th}, die den Bedarf für den Ausgleich der Stromproduktion um ein Vielfaches übersteigen (Sterner et al., 2010; Klaus et al., 2010).

Eine weitere attraktive Möglichkeit der Methansynthese aus Wasserstoff und CO_2 ergibt sich aus der Tatsache, dass dadurch dezentral anfallende CO_2-Ströme, z.B. aus Biogasanlagen, aber auch der Zement- und Kalkherstellung, zunächst eingesammelt werden können und nach der Konversion zu Methan über das bestehende Erdgasnetz großen zentralen Anlagen wie z.B. Gas-und-Dampfkraftwerken zur Sequestrierung zugefügt werden können.

Diese Strategie erlaubt ebenfalls den Einsatz von Kohle in Verbindung mit CO_2-Sequestrierung und bildet so ganz allgemein ein Sammelsystem für dezentral anfallendes CO_2. Für den Ausgleich der bei Wind- und Solarkraftwerken entstehenden Leistungsschwankungen lässt sich damit eine Entkopplung von der Verfügbarkeit der Biomasse erzielen und die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stark reduzieren. Die Verwendung der Erdgasinfrastruktur erlaubt weiterhin den Ferntransport dieses Energieträgers aus Biomasse, Kohle und Strom über bestehende Erdgas-Flüssiggasterminals und die Einbeziehung unkonventioneller Erd-

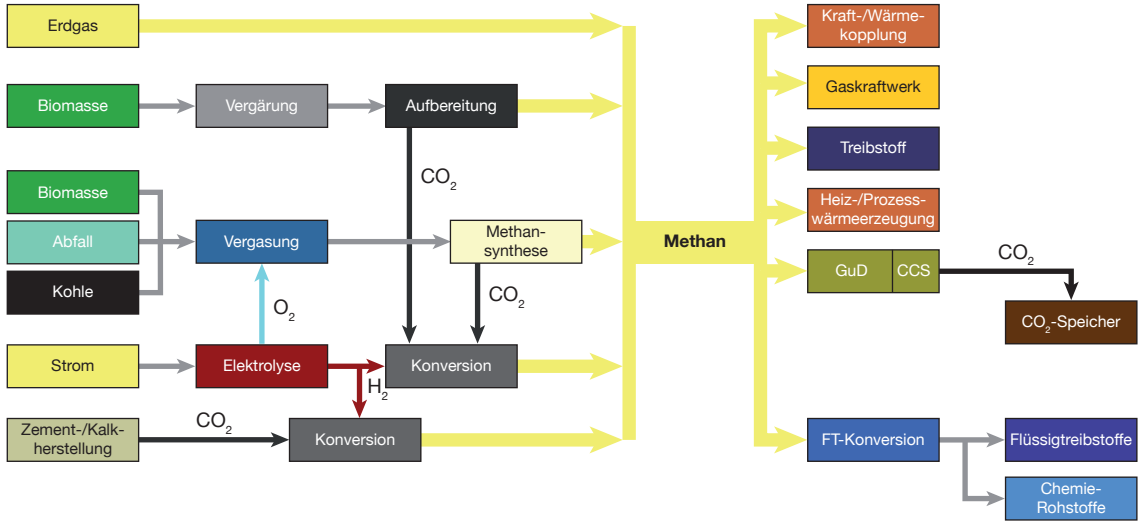


Abbildung 4.4-6
Mögliche Kopplung der Energienetze am Beispiel von Methan. Das bestehende Erdgasnetz wird als zentrales Element für den Transport und die Speicherung konventioneller und erneuerbarer Energien verwendet. Diese Struktur ermöglicht ein CO_2-Recycling bzw. die dezentrale Sammlung von CO_2 über das Erdgasnetz samt CO_2-Einlagerung nach der Anwendung in Kraftwerken. In Kombination mit Biomasse ergibt sich dadurch die Möglichkeit, negative Emissionen in Form einer Kohlenstoffsenke umzusetzen. Erneuerbare Energie aus Wind, Solar und Wasserkraft kann in Form von Methan in Gasspeichern zwischengelagert werden und zusammen mit Biomasse und (in der Übergangszeit) Kohle allen Energiesektoren zugeführt werden – auch dem Verkehr in optional verflüssigter Form über eine Fischer-Tropsch-Synthese (FT-Konversion).
Quelle: WBGU

gasvorkommen (Schiefergas).

Schließlich lassen sich über die Fischer-Tropsch-Synthese flüssige Energieträger für den Einsatz im Verkehr oder auch Rohstoffe für die Kunststoffindustrie herstellen. Das Erdgasnetz stellt auch für die Übergangsphase in ein nachhaltiges Energiesystem eine ideale Basis dar: So lassen sich schon heute erdgasbasierte Kraftwerke zum Ausgleich der Leistungsschwankungen im elektrischen Netz zügig ausbauen während auf der Erzeugungsseite das Erdgas sukzessive durch biogenes Methan oder auch Methan aus Stromüberschüssen ergänzt und später vollständig ersetzt werden kann.

4.5 Finanzierung der Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft

4.5.1 Investitionsbedarf für die Transformation der globalen Energiesysteme

Der für die Transformation in eine nachhaltige und klimaverträgliche Gesellschaft erforderliche globale Umbau der Energiesysteme einschließlich der Anpassungen in den einzelnen Bedürfnisfeldern (Kap. 4.3) ist im Vergleich zu einer Fortschreibung des business as usual (BAU) mit erheblichen Zusatzinvestitionen verbunden. Diese Investitionen müssen vor allem in die Bereiche Forschung und Entwicklung neuer Technologien (insbesondere Energietechnologien) sowie Technologiediffusion fließen, aber auch in den Ausbau erneuerbarer Energien, in energieeffizientere Produktionstechnologien, in den Umbau der Kommunikations- und Verkehrssysteme sowie in Verbesserungen der Endnutzungseffizienz (u.a. in den Bereichen Mobilität, Wohnen, Kommunikation).

Wichtige Voraussetzungen für die Transformation sind außerdem verstärkte Infrastrukturinvestitionen: So werden neben neuen Verkehrs- und Transportinfrastrukturen insbesondere zusätzliche Übertragungsnetze und Speicher benötigt, um die Einbindung hoher Anteile erneuerbarer Energien in den Energiemix zu ermöglichen.

Bereits heute ist der Energiesektor einer der größten und wichtigsten Wirtschaftssektoren der Welt, mit jährlichen Investitionen von mindestens 1–2 % des globalen Bruttoinlandsprodukts. Die globalen Energieinvestitionen betragen momentan etwa 740 Mrd. US-$. 210 Mrd. US-$ werden jährlich in Stromgewinnung investiert, 170 Mrd. US-$ in Transmission und Distribution, 130 Mrd. US-$ in industrielle Nutzung, sowie weitere 3.800 Mrd. US-$ allein im Transportsektor (IEA, 2010a). Die Investitionen im Gebäudebereich sowie für zahlreiche kleinere Industrien sind darin nicht

vollständig enthalten, da sie nur schwer abzugrenzen sind (IEA, 2010a).

4.5.1.1 Vergleich von Schätzungen zum Investitionsbedarf

Verschiedene Studien kommen zu dem Ergebnis, dass sich der globale zusätzliche Investitionsbedarf für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft (im Vergleich zum BAU) im jährlichen Durchschnitt in einer Größenordnung von mindestens 200 Mrd. bis zu etwa 1.000 Mrd. US-$ bezogen auf den Zeitraum bis 2030 sowie deutlich über 1.000 Mrd. US-$ jährlich bezogen auf den Zeitraum zwischen 2030 und 2050 bewegt (UNFCCC, 2008; McKinsey, 2009; IEA, 2010a; Edenhofer et al., 2009a; Project Catalyst, 2010; AGECC, 2010; World Bank, 2010b; GEA, 2011). Die verschiedenen Schätzungen sind in Tabelle 4.5-1 zusammengefasst.

Am unteren Ende der Spanne für den globalen Investitionsbedarf liegen die Schätzungen des Sekretariats der UNFCCC (2008), das den jährlichen zusätzlichen Investitionsbedarf im Jahr 2030 zur Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen um 25% gegenüber dem Niveau des Jahres 2000 auf etwas mehr als 200 Mrd. US-$ beziffert, wovon etwa die Hälfte in Entwicklungsländern investiert werden müssten. Dabei wurde bereits ein Rückgang der Investitionen im Bereich fossiler Energieerzeugung gegengerechnet. Im Gegensatz zu den nachfolgenden Studien handelt es sich bei den Schätzungen des UNFCCC-Sekretariats nur um die Investitionskosten für die Umsetzung eines Technologiemix aus bereits heute existierenden Technologien, während alle anderen Studien auch die Entwicklungskosten verschiedener (heute noch nicht entwickelter) Technologien mit berücksichtigen (UNFCCC, 2008).

McKinsey (2009) rechnet etwa mit Anfangsinvestitionen (upfront investments) zum Umbau der globalen Energie- und Landnutzungssysteme in Höhe von ca. 660–720 Mrd. US-$ (530 Mrd. €) im Jahr 2020 bzw. bis zu ca. 1.100 Mrd. US-$ (810 Mrd. €) im Jahr 2030, wobei in diesen Hochrechnungen anders als in den anderen Studien auch der Bereich Landnutzung inbegriffen ist. Auch die Schätzungen von McKinsey sind im Sinne zusätzlicher Investitionen im Vergleich zum BAU-Szenario zu sehen. Diese zusätzlichen Investitionen entsprechen 5–6% der Investitionen im BAU-Szenario (McKinsey, 2009).

Die Internationale Energieagentur (IEA) geht davon aus, dass die durchschnittlichen jährlichen Zusatzinvestitionen für eine Emissionsreduktion von 50% im Vergleich zu 2005 (Blue Map-Szenario) in der Größenordnung von 1.150 Mrd. US-$ bis 2050 liegen, wovon der größte Anteil (mehr als 50%) in den Umbau der Verkehrssysteme (insbesondere in neue Fahrzeugtechnologien) fließen müsste. In diesen Schätzungen enthalten sind auch private (nachfrageseitige) Investitionen in neue, emissionsarme Fahrzeuge und langlebige Konsumgüter, Gebäudeeffizienz sowie energieeffiziente Industrieanlagen (IEA, 2010a). Die IEA kommt zu dem Ergebnis, dass der Großteil der Investitionen nach 2030 anfallen wird. Im Jahr 2030 dürften die erforderlichen Investitionen bei etwa 750 Mrd. US-$ liegen und zwischen 2030 und 2050 auf 1.600 Mrd. US-$ jährlich anwachsen. Damit liegen die Investitionen im Blue Map-Szenario zwischen 2015 und 2030 um 8,6% und zwischen 2030 und 2050 um 16% über den Investitionen im Basisszenario. Diese zusätzlichen Investitionen werden jedoch laut IEA vollständig durch Einsparungen bei den fossilen Brennstoffen aufgewogen. So dürfte der Gegenwartswert der Nettoeinsparungen, d.h. der Einsparungen bei den fossilen Brennstoffen über den Zeitraum 2010–2050 abzüglich der zusätzlichen Investitionen in diesem Zeitraum, auch bei einem (vergleichsweise hohen) Diskontsatz von 10% noch bei 8.000 Mrd. US-$ liegen (IEA, 2010a).

Etwas geringer fallen die Investitionen aus, die gemäß der RECIPE-Studie (Edenhofer et al., 2009a) für die Energietransformation notwendig sind. Sie werden auf ca. 480–600 Mrd. US-$ jährlich bis 2030 geschätzt. In diesen Schätzungen sind jedoch im Gegensatz zu den Zahlen von McKinsey und der Internationalen Energieagentur keine nachfrageseitigen Investitionen (etwa in neue Fahrzeuge und Gebäudedämmung) enthalten. Der Großteil der Investitionen muss auch nach den Ergebnissen aus RECIPE vor Mitte des Jahrhunderts erfolgen. Bis Mitte des Jahrhunderts müssten die zusätzlichen Investitionen auf bis zu 1.200 Mrd. US-$ pro Jahr ansteigen.

Das Global Energy Assessment (GEA) geht von jährlichen angebotsseitigen Investitionen in Höhe von 1.700–2.100 Mrd. US-$ aus und legt damit die höchsten Werte vor. Hierbei handelt es sich jedoch nicht wie bei den anderen Studien nur um die zusätzlichen Investitionen, sondern um die notwendigen Gesamtinvestitionen. Die im Rahmen des GEA erstellten Szenarien sind zudem nicht allein auf das Ziel der Klimastabilisierung begrenzt. Sie umfassen auch das Erreichen der Millenniumsentwicklungsziele und die Überwindung anderer negativer Umwelteffekte des aktuellen Energiesystems. Die gegenwärtigen angebotsseitigen Investitionen von 740 Mrd. US-$ jährlich müssten demnach auf jährlich 1.600–2.100 Mrd. US-$ (entsprechend 65.000–85.000 Mrd. US-$ kumulativ zwischen 2010 und 2050) ansteigen. Bedeutende Anteile daran haben die Investitionen in erneuerbare Energien, die von gegenwärtig 162 Mrd. US-$ pro Jahr (UNEP-SEFI und BNEF, 2010) auf bis zu 590 Mrd. US-$ jähr-

Tabelle 4.5-1
Übersicht über verschiedene Schätzungen zu den jährlichen Anfangs-(Upfront-)Investitionskosten einer Dekarbonisierung der weltweiten Energiesysteme.
Quelle: WBGU

Studie	Höhe der geschätzten Investitionen	Region, auf die sich die Schätzung bezieht	Bereiche, auf die sich die Schätzung bezieht	Annahmen zu Emissionspfaden bzw. Berechnungsgrundlagen
UNFCCC (2008): Investment and Financial Flows to Address Climate Change – An Update	200–210 Mrd. US-$ jährlich (zusätzlich) im Jahr 2030, davon etwa die Hälfte in Entwicklungsländern	Welt	Energiesysteme und Landnutzung (Land- und Forstwirtschaft)	Reduktion um 25 % unter die Emissionen von 2000
McKinsey (2009): Pathways to a Low-Carbon Economy	530 Mrd. € jährlich (zusätzlich) im Jahr 2020 ~660 Mrd. US-$; 810 Mrd. € jährlich (zusätzlich) im Jahr 2030 ~1.000 Mrd. US-$	Welt	Energiesysteme und Landnutzung (Land- und Forstwirtschaft)	Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq; reine Investitionskosten, ohne Programm- und Transaktionskosten; keine Berücksichtigung von Rebound Zusätzlichkeit: im Vergleich zum BAU
IEA (2010a): Energy Technology Perspectives 2010	Durchschnittlich 1.150 Mrd. US-$ jährlich (zusätzlich) bis 2050 (insgesamt 46.000 Mrd. US-$ bis 2050)	Welt	Energiesysteme allgemein (inklusive Endnutzung in den Bereichen Industrie, Gebäude, Transport)	Stabilisierung bei 450–490 ppm CO_2eq; enthält auch Lern- und Entwicklungskosten für neue Technologien; Zusätzlichkeit: im Vergleich zum Basisszenario
Edenhofer et al. (2009a): RECIPE	480–600 Mrd. jährlich bis 2030; 1.200 Mrd. US-$ im Jahr 2050 zusätzlich zur Baseline (bei Rückgang der Investitionen in fossile Energieerzeugung von 300–500 Mrd. US-$)	Welt	Energiesysteme (ohne nachfrageseitige Investitionen)	Stabilisierung bei 410–450 ppm CO_2eq
GEA (2011): Global Energy Assessment	Gesamtinvestitionen: 1.700–2.100 Mrd. US-$ jährlich (insgesamt), entsprechend 65.000–85.000 Mrd. US-$ kumulativ zwischen 2010 und 2050 (insgesamt); Gesamtinvestitionen für erneuerbare Energien: 150 –590 Mrd. US-$ (insgesamt); Investitionen in Transmission und Speichertechnologie: bis zu 300–520 Mrd. US-$ bis 2050 (insgesamt)	Welt	Energiesystem allgemein inklusive Endnutzung	Klimastabilisierung unter 2 °C; Universeller Zugang und Beendigung von Energiearmut bis 2030; Verbesserung der Energiesicherheit; Deutliche Reduktion der Luftverschmutzung und anderer Emissionen
Project Catalyst (2010): From Climate Finance to Financing Green Growth	290 Mrd. US-$ jährlich (insgesamt) ab 2020	Entwicklungsländer	Energiesystem allgemein	Einhaltung der 2 °C-Leitplanke (Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq)
World Bank (2010b): World Development Report 2010	264–563 Mrd. US-$ jährlich (insgesamt) bis 2030	Entwicklungsländer	Vermeidungsmaßnahmen allgemein	Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq (Werte basieren auf Arbeiten von McKinsey, 2009; IIASA, 2009; IEA, 2008c und Knopf et al., 2010)
AGECCC (2010): Energy for a Sustainable Future	Durchschnittlich 35–40 Mrd. US-$ jährlich bis 2030 (insgesamt)	Entwicklungsländer	Überwindung der Energiearmut	Ziel: Bewältigung von Energiearmut
GEA (2011): Global Energy Assessment	Etwa 7–38 Mrd. US-$ jährlich bis 2030 (insgesamt)	Entwicklungsländer	Überwindung der Energiearmut	Ziel: Zugang zu Elektrizität und sauberen Energieträgern zum Kochen

lich erhöht werden müssten sowie Investitionen in Hochspannungsnetze und Speichertechnologie, die von gegenwärtig 190 Mrd. US-$ jährlich auf bis zu 300–520 Mrd. US-$ im Jahr 2050 ansteigen müssten (GEA, 2011).

Aufteilung des globalen Investitionsbedarfs auf Bereiche und Regionen

Die Aufteilung der Investitionen auf die verschiedenen Bereiche stellt sich in allen Schätzungen sehr ähnlich dar. Etwa die Hälfte der gesamten Investitionen muss in den Verkehrssektor fließen. An zweiter Stelle folgt der Gebäudesektor. So müssten nach Schätzungen der UNFCCC etwa 44% der Investitionen weltweit in den Verkehrssektor fließen, weitere 25% in den Gebäudesektor, etwa 20% in Forschung und Entwicklung, je ca. 18% in Industrie und Landwirtschaft und 11% in die Forstwirtschaft (UNFCCC, 2008). Nach der Schätzung von McKinsey müssten ebenfalls über die Hälfte der Investitionen im Verkehrs- und Gebäudesektor für energieeffiziente Gebäude und Fahrzeuge getätigt werden (McKinsey, 2009; Abb. 4.5-1). Etwa 16% bzw. 18% der zusätzlichen Gesamtinvestitionen müssen für die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien, Nuklearenergie sowie für CCS ausgegeben werden. Regional fallen die größten Investitionen in Nordamerika, Westeuropa und China an (Abb. 4.5-1; McKinsey, 2009). Nach Schätzung der IEA entfallen sogar 50% der insgesamt notwendigen Investitionen auf China, die USA und die EU (IEA, 2010c).

Auch in der Analyse der IEA dominieren die Investitionen im Verkehrssektor, an zweiter Stelle kommen Investitionen im Gebäudesektor, gefolgt von Investitionen im Energiesektor (IEA, 2010a; Abb. 4.5-2).

Bezüglich der Investitionskostenschätzungen aus Tabelle 4.5-1 muss berücksichtigt werden, dass diese aufgrund unterschiedlicher methodischer Herangehensweisen und unterschiedlicher Annahmen (z.B. bezüglich Energiemix und Stabilisierungspfad) nicht direkt vergleichbar sind. Die angegebenen Werte sind daher als grobe Anhaltspunkte zu verstehen. Präzisere und verlässlichere Schätzungen über die notwendigen zusätzlichen Anfangsinvestitionen in verschiedenen Bereichen und Bedürfnisfeldern, für verschiedene Länder und Regionen sowie für verschiedene Dekarbonisierungspfade sollten im Rahmen von Forschungsvorhaben zur Dekarbonisierung der Energiesysteme vorgenommen werden, um auf diese Weise eine solide Grundlage für politische Entscheidungen schaffen zu können (Kap. 8).

Auch wenn es sich bei den Werten in Tabelle 4.5-1 nur um Schätzungen handelt, kann dennoch die Schlussfolgerung gezogen werden, dass sich die weltweit erforderlichen zusätzlichen Investitionen über die nächsten zwei Dekaden im Bereich mehrerer hundert Mrd. US-$ bewegen werden und gegen Mitte des Jahrhunderts Werte bis über 1.000 Mrd. US-$ jährlich erreichen können. Zwei Bereiche, die offensichtlich besonders hohe Investitionen erfordern, sind der Verkehrssektor und der Gebäudesektor. Während ein Großteil des Investitionsbedarfs bis 2015 bei den Gebäuden liegt, verlagert er sich danach in den Verkehrssektor (McKinsey, 2009; IEA, 2010a; Mehling et al., 2010; Abb. 4.5-1).

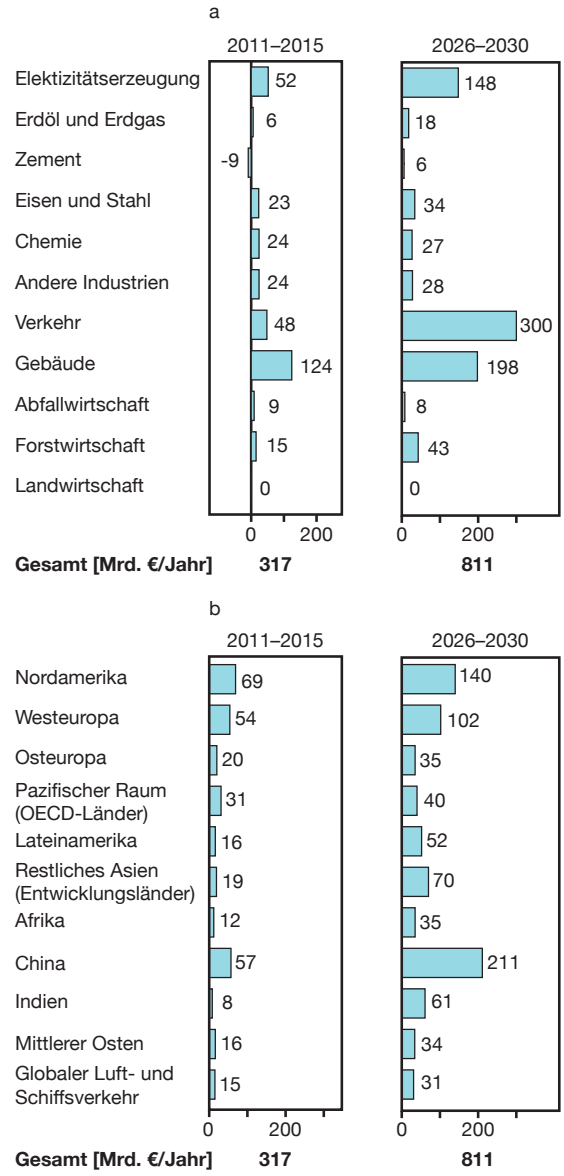
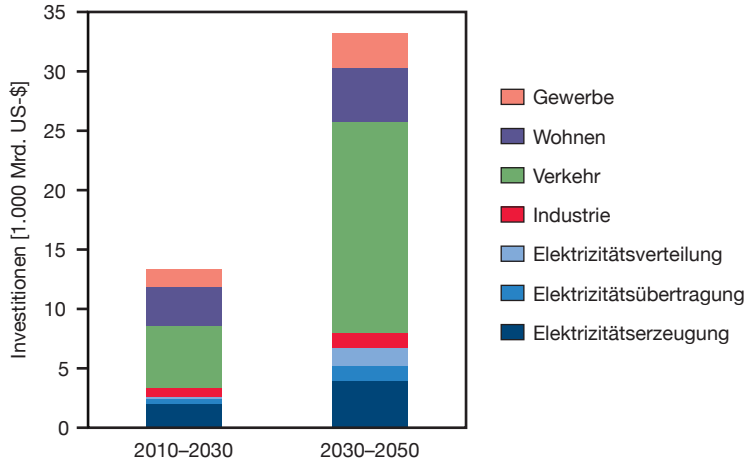


Abbildung 4.5-1
Zusätzliche jährliche globale Investitionen nach Bereichen (a) sowie Ländern bzw. Regionen (b) während der angegebenen Zeitperioden (links: 2011–2015; rechts: 2026–2030) in Mrd. €. Die Analyse bezieht sich auf einen Emissionspfad, der eine Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration bei 450 ppm CO_2eq zulässt. Quelle: McKinsey, 2009

Abbildung 4.5-2
Aufteilung der zusätzlichen globalen Investitionskosten auf verschiedene Bereiche, jeweils kumuliert über den genannten Zeitraum in US-$. Die Analyse bezieht sich auf einen Emissionspfad, der eine Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration bei 450–490 ppm CO_2eq zulässt.
Quelle: IEA, 2010a



Der Anstieg des Investitionsbedarfs über die Zeit spiegelt die weltweit immer höher werdenden Reduktionserfordernisse für Emissionen wider. Besonders hohe jährliche Investitionsflüsse können ab dem Jahr 2030 erwartet werden, wenn viele der Low-carbon-Technologien Marktreife erlangt haben und zwischenzeitlich die Nachfrage nach Konsumgütern und Energie in Entwicklungs- und Schwellenländern stark angestiegen ist (IEA, 2010a; McKinsey, 2009; Mehling et al., 2010). Die Internationale Energieagentur schätzt, dass allein für den Ausbau der erneuerbaren Energien für das Ziel einer Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq zwischen 2010 und 2035 jährlich in etwa 316 Mrd. US-$ notwendig wären, wobei ein Großteil davon in Windenergie und Wasserkraft fließen müsste (IEA, 2010c). Insgesamt müssten nach Schätzungen der IEA die gesamten Investitionen in klimaverträgliche Technologien bis 2030 etwa verfünffacht und bis 2050 verzehnfacht werden (IEA, 2010a), was die Größe der bevorstehenden Herausforderung verdeutlicht.

Schätzungen zum Investitionsbedarf im exemplarischen transformativen Pfad des WBGU

Der exemplarische transformative Pfad des WBGU mit nahezu 100% Elektrizität aus erneuerbaren Energien in Europa ist ein Teilausschnitt der globalen Energietransformation (Kap. 4.4). Allein für den Netzausbau bei einer Verbindung der Stromnetze Europas und Nordafrikas zur großskaligen Nutzung von Solarenergie müsste man mit jährlichen Investitionskosten rechnen, die im Jahr 2020 noch bei etwa 47 Mrd. € jährlich liegen und bis zum Jahr 2050 auf 395 Mrd. € jährlich ansteigen könnten (DLR, 2006). Weiter müssten zusätzliche Kapazitäten zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Europa installiert werden.

Die Autoren des Szenarios „Energy [R]evolution – Towards a Fully Renewable Energy Supply in the EU 27", das in etwa mit dem WBGU-Szenario vergleichbar ist, kommen zu dem Ergebnis, dass zum Erreichen einer Versorgung Europas mit nahezu 100% erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050 europaweit im Durchschnitt Investitionen im Energiesektor in Höhe von 87 Mrd. € jährlich notwendig wären (EREC und Greenpeace, 2010). Diese Zahlen sind insgesamt zu verstehen und nicht zusätzlich zum Referenzszenario. Der Investitionsbedarf liegt damit etwa 90% über dem des Referenzszenarios, in dem jährlich ca. 45 Mrd. € im Energiesektor zu investieren sind. Dem stehen Einsparungen bei fossilen Brennstoffen in Höhe von jährlich durchschnittlich 62 Mrd. € bis 2050 gegenüber. Kumuliert bis zum Jahr 2050 erforderte die Umsetzung des Szenarios Advanced Energy [R]evolution Investitionen in Höhe von 3.800 Mrd. €, mit gleichzeitig zu erwartenden kumulierten Einsparungen bei den fossilen Brennstoffen in Höhe von 2.600 Mrd. € (EREC und Greenpeace, 2010).

Absinken der Investitionskosten für erneuerbare Energien aufgrund von Lernkurveneffekten

Die Investitionskosten für erneuerbare Energien sinken aufgrund von Lernkurveneffekten pro erzeugter kWh mit zunehmender Installation von neuen Anlagen (Neij et al., 2003). Schon bei einem Anteil von 10–30% am Weltstrombedarf werden die erneuerbaren Energien im Hinblick auf ihre Gestehungskosten im Allgemeinen mit konventioneller Elektrizitätserzeugung vergleichbar und damit wettbewerbsfähig (Abb. 4.5-3).

In Abbildung 4.5-3 werden die Kostenreduktionspotenziale für vier Technologien zur Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien im Vergleich zu den Kostenbereichen konventioneller Stromerzeugung mit Hilfe von Kohle- und Gaskraftwerken (3–5 €ct pro kWh) aufgezeigt. Für fossile Kraftwerke mit CCS werden Zusatzkosten von 3 €ct pro kWh angesetzt (IPCC, 2005). Die

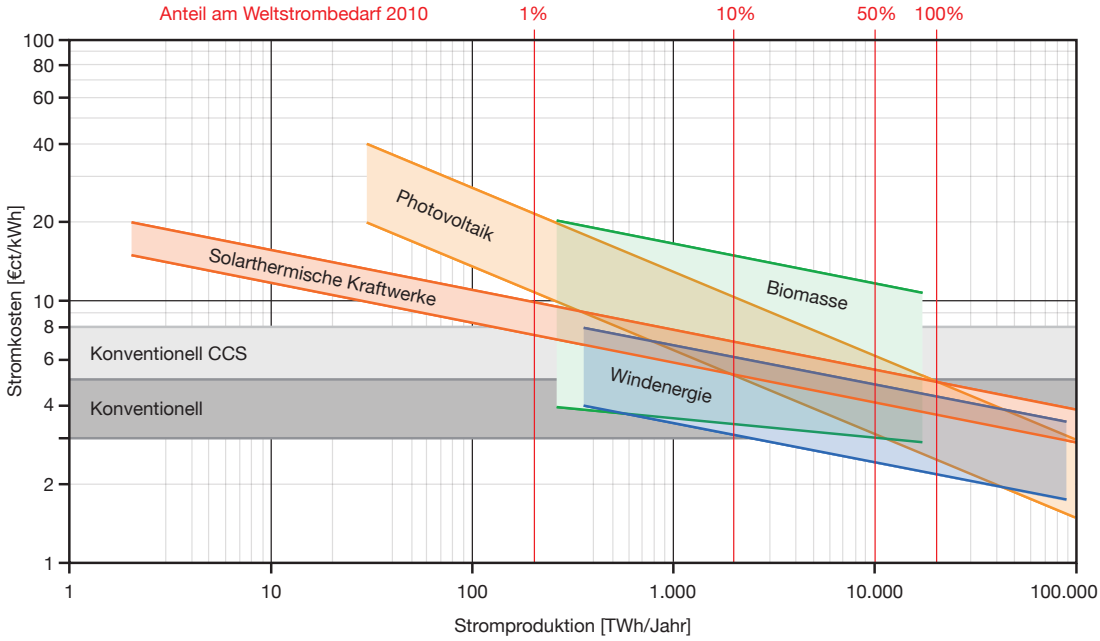


Abbildung 4.5-3
Weltweites Entwicklungspotenzial der Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien.
Quelle: WBGU, eigene Darstellung

Bandbreiten der Stromerzeugungskosten aus der Photovoltaik und der Windenergie ergeben sich aus der Standortabhängigkeit, der solaren Einstrahlung bzw. der Windgeschwindigkeit. Bei solarthermischen Kraftwerken ist die Bandbreite geringer, da sie wegen der Verwendung von Konzentratoren nur in Breitengraden mit einem hohen Direktstrahlungsanteil sinnvoll eingesetzt werden können. Die große Bandbreite der Stromerzeugungskosten aus Biomasse ergibt sich aus den unterschiedlichen Bioenergietechnologien.

Für die Berechnung der zu erwartenden Stromproduktionskosten wurden sogenannte Lernkurven verwendet. Diese werden sowohl für die Photovoltaik als auch für die Windenergie seit über 20 Jahren ermittelt und folgen bisher einem sehr stabilen Trend: Bei einer Verdopplung der global installierten kumulierten Erzeugungskapazität reduzieren sich die Stromkosten bei der Photovoltaik um 20% und bei der Windenergie um 10% (Staffhorst, 2006). Für solarthermische Kraftwerke existieren bislang noch zu wenige Erfahrungen für die Ermittlung eines stabilen Trends. Deshalb wurde, wie bei der Windenergie, eine Lernrate von nur 10% angesetzt. Für die Stromerzeugung aus Biomasse gibt es einen breiten Mix aus Fermentierungs-, Vergasungs- und Verbrennungstechnologien. Wegen der vergleichsweise konventionellen Technologien wurde hier eine Lernrate von nur 5% angesetzt. Das Band der Stromerzeugung aus Biomasse ist begrenzt auf maximal 15.000 TWh pro Jahr bzw. 54 EJ pro Jahr (Abb. 4.5-3), der Grenze für das nachhaltige Potenzial (bei einem Wirkungsgrad der Verstromung von ca. 50%). Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Stromerzeugungskosten für konventionelle fossile Kraftwerke in dieser Darstellung konstant gehalten werden. Einerseits existieren auch dort Lernfortschritte, andererseits kann jedoch von steigenden Brennstoffkosten und zusätzlich von steigenden Kosten für Emissionsrechte ausgegangen werden, welche die Lernfortschritte vermutlich mehr als kompensieren.

Schätzungen zum Investitionsbedarf in Entwicklungsländern

Der Investitionsbedarf für die Energietransformation in Entwicklungsländern ergibt sich anteilig am globalen Investitionsbedarf und wird bis 2030 in verschiedenen Studien auf Werte zwischen etwa 100 und 563 Mrd. US-$ jährlich geschätzt (Tab. 4.5-1). Gemäß UNFCCC (2008) sind etwa die Hälfte der geschätzten global zusätzlich notwendigen 200 Mrd. US-$ in Entwicklungsländern zu investieren, wobei hier der Rückgang von Investitionen in fossile Energieerzeugung bereits gegengerechnet ist. Nach der Analyse von Project Catalyst werden in Entwicklungsländern ab dem Jahr 2020 insgesamt bis zu 290 Mrd. US-$ jährlich benötigt, um die Investitionen in eine klimaverträgliche Wirtschaft, die mit der 2°C-Leitplanke kompatibel ist, zu finanzieren. Über die Hälfte davon (155 Mrd. US-$) müssten in neue Anlagen zur Energieerzeugung investiert werden, weitere 123 Mrd. US-$ würden für Energieeffizienzinvestitionen benötigt, während in Land-

und Forstwirtschaft nur geringe Investitionen zu finanzieren seien (Project Catalyst, 2010). Die Weltbank geht jedoch davon aus, dass für eine Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq in Entwicklungsländern zwischen 2010 und 2030 insgesamt Investitionen in Höhe von bis zu 264–563 Mrd. US-$ jährlich getätigt werden müssen (World Bank, 2010b). Diese Schätzung umfasst jedoch Vermeidungsmaßnahmen in allen Sektoren, nicht nur in der Energieerzeugung und -nutzung, und liegt deshalb über den Schätzungen von Project Catalyst.

Weiter werden Finanztransfers für den REDD-plus-Mechanismus zur Vermeidung von Entwaldung in Entwicklungsländern benötigt (Kap. 7.3.7.2). Für eine Halbierung der weltweiten Entwaldung sind dies ca. 20–33 Mrd. US-$ jährlich (Stern, 2008; Strassburg et al., 2008; Project Catalyst, 2010).

Investitionsbedarf für die Verringerung der Energiearmut

Zur Verringerung der Energiearmut in Entwicklungsländern sind dagegen „nur" Beträge im zweistelligen Milliardenbereich notwendig. Der Energie- und Klima-Beirat des UN-Generalsekretärs ermittelt etwa, dass in Entwicklungsländern Investitionen in Höhe von durchschnittlich 35–40 Mrd. US-$ pro Jahr bis 2030 notwendig sind, um das Energiesystem auf eine klimaverträgliche Basis zu stellen und gleichzeitig den universellen Zugang zu Energiedienstleistungen bis 2030 weltweit zu erreichen (AGECC, 2010). Dies würde die grundlegende Anbindung aller Haushalte an die Energieversorgung ermöglichen (AGECC, 2010; IEA, 2010c). Die Schätzungen gehen zurück auf Zahlen der IEA (35 Mrd. US-$ jährlich für den Zugang zu Elektrizität; IEA, 2009b) sowie UNDP (2–3 Mrd. US-$ jährlich für den Zugang zu modernen Brennstoffen; UNDP und ESMAP, 2005). Auf ähnliche Werte kommt das Global Energy Assessment (2011), das die nötigen Investitionen für die Schaffung eines universellen Zugangs zu Energie auf 7–38 Mrd. US-$ jährlich bis 2030 beziffert. Etwa 50% davon werden für den Netzausbau, der Rest für saubere Herdstellen und Energieträger zum Kochen benötigt (GEA, 2011). Diese Investitionsschätzungen sind jeweils absolut gemeint – nicht zusätzlich zum business as usual. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass die Verringerung der Energiearmut nicht losgelöst von der Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft gesehen werden kann. Dementsprechend überschneiden sich die Investitionserfordernisse und dürfen nicht additiv verstanden werden.

4.5.1.2 Kosten der Transformation der Energiesysteme

Der Investitionsbedarf für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist nicht mit deren Kosten gleichzusetzen. Zur Ermittlung der Kosten müssen die resultierenden Einsparungen (geringerer Energieverbrauch, geringere Ausgaben für fossile Energieträger) gegengerechnet werden. Wie bereits erwähnt werden nach den Schätzungen der IEA (2010a) und McKinsey (2009) die zusätzlichen Investitionen entweder vollständig oder nahezu vollständig durch Einsparungen bei den fossilen Brennstoffen kompensiert. Weiterhin müssten bei einer gesamtwirtschaftlichen Kostenbetrachtung auch Auswirkungen auf das globale Bruttoinlandsprodukt berücksichtigt werden, welche sich durch die strukturellen Änderungen im Energie- und Produktionssektor ergeben. Diese gesamtwirtschaftliche Betrachtung kann mit Hilfe von gekoppelten Klima-Ökonomie-Modellen (Integrated-assessment–Modelle; Kap. 4.2) erfolgen. Diese ermitteln die Entwicklung des globalen Bruttoinlandsproduktes mit und ohne Klimapolitik. Die Differenz zwischen beiden Entwicklungen zu jedem Zeitpunkt, abdiskontiert auf ein Basisjahr, spiegelt die Kosten der Vermeidungspolitik wider.

Vergleich verschiedener Kostenschätzungen

Ein Vergleich verschiedener Integrated-Assessment-Modelle kommt zu dem Ergebnis, dass die aggregierten gesamtwirtschaftlichen Kosten einer ambitionierten Dekarbonisierungsstrategie (Stabilisierung der CO_2-Konzentration bei 410 ppm CO_2eq) bis zum Jahr 2100 in Gegenwartswerten (d.h. abdiskontiert auf das Basisjahr 2005, unter Annahme einer Diskontrate von 3%) im Bereich von 0,7–4% des globalen BIP liegen dürften (Edenhofer et al., 2009a). Eine etwas weniger ambitionierte Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq würde in Gegenwartswerten sogar nur Einbußen in Höhe von 0,1% bis maximal 1,4% des globalen BIP bedeuten, wieder über den Zeitraum bis 2100 gerechnet (Edenhofer et al., 2009a). Die Höhe der Kosten hängt dabei stark von den Modellannahmen zur Technologieentwicklung ab. Unter der Annahme endogenen technologischen Wandels kommen die Modelle tendenziell auf niedrigere Kosten (Edenhofer et al., 2009a; Fisher et al., 2007). In dem Modellvergleich im ADAM-Projekt wurden die maximalen Wohlstandeinbußen auf 0,8% des globalen BIP bis zum Jahr 2100 bei Stabilisierung bei 550 ppm CO_2eq bzw. 2,5% des globalen BIP bis zum Jahr 2100 bei Stabilisierung bei 400 ppm CO_2eq ermittelt. Auch hier wurde eine Diskontrate von 3% angenommen (Edenhofer et al., 2010).

Ein Modellvergleich im Rahmen des 4. Sachstandsberichts des IPCC lässt für eine Stabilisierung bei 445–535 ppm CO_2eq auf maximale Wohlstandseinbu-

ßen in Höhe von 3% des globalen BIP bis zum Jahr 2030 und von 5,5% des globalen BIP bis zum Jahr 2050 schließen (Fisher et al., 2007). Dies entspricht einer Reduktion des jährlichen globalen BIP-Wachstums von maximal 0,12%.

Damit liegt die Bandbreite der Kostenschätzungen für die Dekarbonisierung je nach Modellannahmen, Zeithorizont und Stabilisierungsszenario im Bereich von 0,7 bis maximal 5,5% des globalen Bruttoinlandsprodukts in Gegenwartswerten, über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Dem stehen die hohen Kosten eines ungebremsten Klimawandels gegenüber, die gemäß Stern (2006) bis zu 20% des globalen Bruttoinlandsproduktes ausmachen könnten.

Kosten einer verspäteten Transformation

Ein Aufschieben der Transformation wird die Kosten weiter erhöhen, da dadurch noch drastischere Reduktionsmaßnahmen in kürzerer Zeit erforderlich wären, um die 2°C-Leitplanke einzuhalten. Edenhofer et al., (2009a) gehen davon aus, dass allein ein Verschieben von ambitionierter globaler Klimapolitik (Stabilisierung bei 450 ppm CO_2) um weitere 10 Jahre die Kosten der Emissionsreduktionen um mehr als 46% ansteigen ließe. Die aktuellen Szenarien der IEA deuten gar auf eine Verdopplung der Kosten der Transformation im Jahr 2035 hin, sollten in der kommenden Dekade nur die Reduktionsangebote der Länder nach den UN-Klimaverhandlungen in Kopenhagen umgesetzt werden. Diese würden eine dramatische Verschärfung des Transformationstempos nach 2020 erfordern, um ein mit der 2°C-Leitplanke kompatibles CO_2-Emissionsbudget (Kasten 1.1-1) einzuhalten. Dieses Ziel könnte nur durch eine beschleunigte Innovationstätigkeit in allen Transformationsbereichen erreicht werden. Bei einem verspäteten Umsteuern müssten zudem ökonomisch nicht rationale Entscheidungen getroffen werden, wie beispielsweise das Abschalten von fossilen Kraftwerken vor Ablauf ihrer Amortisationszeit. Unter Berücksichtigung solcher Umstände sowie aufgrund höherer Prognosen für das Wirtschaftswachstum bis 2035 sind dadurch die von der IEA geschätzten Kosten der Transformation der Energiesysteme im Vergleich zu den Schätzungen von 2009 (vor den Verhandlungen in Kopenhagen) um 1.000 Mrd. US-$ angestiegen (IEA, 2010c).

Zusatznutzen der Transformation

Die Transformation der Energiesysteme ist allerdings nicht nur mit Kosten verbunden, sondern bietet auch zusätzliche Vorteile, die über eine Vermeidung des gefährlichen Klimawandels hinausgehen. Solche weitergehenden Vorteile sind in den Integrated-assessment-Modellen nicht berücksichtigt. So bringt die Einhaltung der 2°C-Leitplanke auch verbesserte Luftqualität, verringerte Gesundheitskosen und generell verringerte Umweltschäden aus Schadstoffemissionen mit sich. Diese Vorteile würden sich insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern manifestieren. Schätzungsweise könnten in einem 450 ppm-Szenario die Kosten für Luftreinhaltung global um 23% reduziert werden. Weit mehr als 750 Mio. Lebensjahre (life-years) könnten dadurch vor allem in China und Indien gerettet werden. Auch die Kosten für die Anpassungen an den Klimawandel würden bei einer frühzeitigen Transformation deutlich gesenkt (IEA, 2010c). Weiter sind Zusatznutzen aus einer erhöhten Energiesicherheit und einer geringeren Abhängigkeit von Treibstoffimporten zu berücksichtigen (GEA, 2011).

Schließlich ist auch zu erwarten, dass eine Ausweitung der Investitionen im Bereich nachhaltiger und klimaverträglicher Technologien und Infrastrukturen die Schaffung neuer Geschäftsfelder und dadurch neue Arbeitsplätze mit sich bringt. Dies könnte in globaler Perspektive einen Beitrag zu weiterem wirtschaftlichen Wachstum und zur Armutsreduktion leisten (UNEP, 2011; Jaeger et al., 2011).

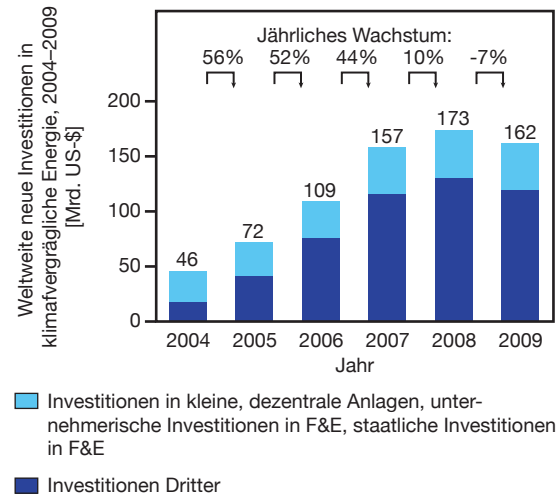


Abbildung 4.5-4
Globale Investitionen in klimaverträgliche Energien in den Jahren 2004–2009 in Mrd. US-$.
Quelle: UNEP-SEFI und BNEF, 2010

4.5.1.3 Bisher getätigte Investitionen, Investitionslücken und Investitionsbarrieren

Bisher getätigte Investitionen in klimaverträgliche Energietechnologien

Im Vergleich zum geschätzten jährlichen Investitionsbedarf für erneuerbare Energien von mindestens 150–300 Mrd. US-$ jährlich wurden im Jahr

2008 weltweit ca. 173 Mrd. US-$ und im Jahr 2009 ca. 162 Mrd. US-$ neu in klimaverträgliche Energien investiert (UNEP-SEFI und BNEF, 2010; Abb. 4.5-4).

Die Zahlen in Abbildung 4.5-4 umfassen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) sowie für die Installation von Anlagen zur klimaverträglichen Energieerzeugung, ohne Gegenrechnung von Einsparungen. Ein wesentlicher Anteil der Investitionen im Jahr 2009 floss in Windenergie (56%), gefolgt von Solarenergie (20%) und Bioenergie (15%). Weitere Anteile entfielen auf Geothermie, kleine Wasserkraftwerke und weitere klimaverträgliche Technologien. Die meisten dieser Investitionen erfolgten in Europa sowie Asien und Ozeanien, insbesondere in China (UNEP-SEFI und BNEF, 2010). Dabei kann nicht genau festgestellt werden, ob sie zusätzlich zu den Business-as-usual-Investitionen erfolgten. Die positive Entwicklung der Investitionen in erneuerbare Energien in Europa ist zu einem Großteil auf die Förderung durch Einspeisetarife zurückzuführen (UNECE, 2010). Derzeit werden Einspeisetarife weltweit in über 50 Ländern und mindestens 25 Bundesstaaten oder Provinzen eingesetzt (BNEF, 2010; REN21, 2010).

Investitionslücken

Dennoch werden die global erforderlichen Größenordnungen der benötigten zusätzlichen Investitionen in den Umbau der Energiesysteme (mindestens 200 Mrd. US-$ jährlich) derzeit insgesamt nicht oder höchstens knapp erreicht. Ein Bericht der IEA kommt zu dem Ergebnis, dass allein im Bereich der Forschung und Entwicklung hohe Investitionslücken bestehen. So fehlen jährlich 40–90 Mrd. US-$, die in F&E in den Bereichen neuer Fahrzeugtechnologien, Bioenergie, CCS, Energieeffizienz, effiziente Kohlenutzung, intelligente Netze sowie Wind- und Solarenergie investiert werden müssten (IEA, 2010a). Die staatliche Förderung von F&E im Energiesektor ging allerdings in den IEA-Mitgliedsländern seit dem Jahr 1979 kontinuierlich zurück, und dies obwohl die staatlichen Ausgaben für F&E allgemein in der letzten Dekade angestiegen sind (IEA, 2010a). Die gegenwärtigen Prioritäten in Ausgaben für F&E scheinen nicht auf die Herausforderung der Klimastabilisierung ausgerichtet zu sein (Grübler und Riahi, 2010).

Im Zuge der Wirtschafts- und Finanzkrise gingen die Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz stark zurück (UNEP-SEFI, 2009b; IEA, 2010b). Um die ambitionierten Stabilisierungsziele einzuhalten, muss daher künftig ein Vielfaches der vor der Wirtschafts– und Finanzkrise erfolgten Investitionen in den Umbau der Energiesysteme fließen. Eine besondere Herausforderung liegt darin, die nötigen Mittel für Investitionen in Endnutzungseffizienz rasch zu generieren (IEA, 2008b). Gerade der Bereich der Energieeffizienz ist derzeit stark unterfinanziert (IEA, 2010b). Neue Finanzierungs- und Geschäftsmodelle können hier entscheidend gegenwirken (Kap. 4.3; Kasten 4.3-3; Kap. 4.5.2.2).

Investitionsbarrieren

Ein wichtiger Grund für die Unterfinanzierung von Projekten im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz ist in einigen spezifischen Investitionsbarrieren zu suchen. So wurden weltweit noch keine langfristigen und verbindlichen Politikziele zur Dekarbonisierung der Energiesysteme festgelegt, weshalb Investoren einer hohen Unsicherheit bezüglich künftiger klima- und energiepolitischer Entwicklungen und daraus resultierender Marktpotenziale gegenüberstehen (Holmes und Mabey, 2010; Mehling et al., 2010). Zwar haben einzelne Länder Politikziele festgelegt, allerdings meist nur bis zum Jahr 2020, während die Investitionshorizonte für größere Projekte wie etwa Kraftwerke weitaus länger (teilweise bis zu 40 Jahre) sind. Da derzeit in den meisten OECD-Ländern ein neuer Investitionszyklus im Bereich der Elektrizitätserzeugung beginnt, werden in den kommenden Jahren die technologischen Weichen für die nächsten 40–50 Jahre gestellt. Die Gefahr von Lock-in-Effekten ist deshalb sehr groß (IEA, 2010a).

Zudem ist in vielen Fällen die Technologieentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien und der Effizienztechnologien noch im Anfangsstadium, so dass Risiken bezüglich künftiger Rückflüsse aus den Investitionen bestehen (Holmes und Mabey, 2010). In Bezug auf Effizienztechnologien besteht außerdem häufig eine Informationslücke bei Anwendern und Konsumenten, die dazu führt, dass gewinnbringende Investitionen nicht durchgeführt werden. Dies hat u.a. zur Folge, dass viele kleine, in der Masse aber bedeutende Effizienzpotenziale (z.B. in privaten Haushalten) nicht ausgeschöpft werden (Ohndorf et al., 2010). Im Bereich der Gebäudeeffizienz stellen zusätzlich die ungünstigen Anreizstrukturen für Gebäudebesitzer und Mieter bei Mietobjekten ein nicht unerhebliches Investitionshindernis dar (IEA, 2008b; Kap. 4.3.2, 5.2).

In Entwicklungsländern mangelt es außerdem häufig an den Grundvoraussetzungen für größere Investitionen in klimaverträgliche Technologien und erneuerbare Energien. In diesen Ländern muss zunächst ein regulatives Umfeld geschaffen werden, welches Investitionen anregt, z.B. mit Hilfe von Marktanreizprogrammen. Über eine Förderung erneuerbarer Energien mit Einspeisevergütungen, Effizienzstandards für Fahrzeuge oder eine Kraftstoffsteuer können wichtige Anreize für Investitionen in klimaverträgliche Technologien gesetzt werden. Zudem müssen für investitionswillige Unternehmen Anlaufstellen geschaffen werden, z.B. in

Form von Investitionsfördereinrichtungen und Beratungsstellen für CO_2-Vermeidungsprojekte (UNCTAD, 2010b). Dabei benötigen viele Länder finanzielle und technische Unterstützung der internationalen Gemeinschaft. Für diese Zwecke sollten Ressourcen aus den bi- und multilateralen Vermeidungsfonds reserviert werden.

4.5.2 Finanzierung der Transformation

Die Finanzierung der Transformation kann aufgrund ihres erforderlichen Umfangs nur im Zusammenspiel von Staaten, privaten Unternehmen und Investoren sowie der internationalen Finanzierungsorganisationen (u.a. Weltbank, IWF) und Entwicklungsbanken erfolgen. Ein Großteil der Finanzierung muss über private Unternehmen oder institutionelle Investoren (u.a. Investmentfonds, Pensionskassen, Versicherungen) geschehen, da die Investitionen in ihrer Größenordnung staatliche Budgets überschreiten. Dabei besteht bei vielen Low-carbon-Investitionen das Problem, dass sie mit relativ hohen Anfangsinvestitionen (upfront investments) verbunden sind, während eher kleine jährliche Rückflüsse über einen vergleichsweise langen Zeitraum verteilt sind. Deshalb zeichnen sich diese Investitionen üblicherweise durch eine längere Amortisationsdauer und geringere Renditen als Alternativinvestitionen aus. Hinzu kommt, dass in den vergangenen Jahren gerade auf den Kapitalmärkten die Renditeerwartungen unrealistisch hoch waren, was nachhaltige Anlageninvestitionen weiter benachteiligte.

Der Staat, die internationalen Finanzierungsorganisationen und die Entwicklungsbanken können durch langfristige und verbindliche Politikziele und ökonomische und regulatorische Maßnahmen (u.a. CO_2-Bepreisung, Effizienzstandards, technologiespezifische Förderungen) Anreize für private Investitionen setzen (Kap. 5.2) und diese durch die Vergabe von günstigen Krediten oder Kreditgarantien erleichtern sowie gleichzeitig rentabler machen (Leverage-Effekt). Die Finanzierung von Infrastrukturinvestitionen und großskaligen Projekten, wie z.B. dem Ausbau der Energieübertragungsnetze, bedarf jedoch in erster Linie der Mittelbereitstellung durch Staaten, nationale und regionale Investitionsbanken sowie Entwicklungsbanken, da solche Projekte häufig den Charakter eines öffentlichen Gutes besitzen, mit hohen Risiken verbunden sind und enormen Kapitaleinsatz erfordern (Helm, 2010). Um genügend Finanzmittel bereitstellen zu können, müssen neue Finanzierungsquellen auf staatlicher Ebene erschlossen werden. Entwicklungs- und Schwellenländer sollten durch Finanztransfers in der Transformation ihrer Ökonomien unterstützt werden (Kap. 7.3.9). Schließlich können neue Geschäftsmodelle dabei helfen, die Belastung von Haushalten und Unternehmen aufgrund hoher Anfangsinvestitionen zu reduzieren.

4.5.2.1 Neue Finanzierungsquellen auf staatlicher Ebene

Staaten können zur Finanzierung der Transformation einerseits auf nationale Steuereinnahmen zurückgreifen. Insbesondere Erlöse aus einer CO_2-Bepreisung, sei es in Form von Besteuerung oder Emissionshandel, könnten zusätzliche Staatseinnahmen generieren. Ebenso sind die Erlöse aus dem Abbau fossiler Energiesubventionen und von Agrarsubventionen, aus einer internationalen Besteuerung des internationalen Luft- und Schiffverkehrs sowie von internationalen Finanzmarkttransaktionen mögliche neue Finanzierungsquellen. Andererseits haben Staaten die Möglichkeit zur Fremdfinanzierung, etwa durch Kreditaufnahme bei den Nationalbanken oder den internationalen Finanzierungsorganisationen. Dabei richtet sich das Angebot der internationalen Finanzierungsorganisationen allerdings überwiegend an Regierungen und Finanzinstitute in Entwicklungsländern. Für Entwicklungsländer sind zusätzlich die Finanztransfers im Rahmen der UNFCCC eine wichtige Finanzierungsquelle für die Transformation.

Staatliche Einnahmen aus der Bepreisung von CO_2

Eine Bepreisung von CO_2, entweder in Form einer CO_2-Steuer oder eines Zertifikatehandels, kann auf nationaler Ebene zur Generierung erheblicher finanzieller Mittel führen (Kap. 5.2). Die High-level Advisory Group on Climate Change Financing (AGF) schätzt beispielsweise, dass die Einführung von Mechanismen zur Bepreisung von CO_2 in den Industrieländern bei einem Preis von 20–25 US-$ pro t CO_2eq ab dem Jahr 2020 jährliche Einnahmen in Höhe von insgesamt 300 Mrd. US-$ generieren könnte (AGF, 2010). Diese könnten teils zur Finanzierung der Transformation in den Industrieländern, teils für Finanztransfers an Entwicklungsländer verwendet werden.

Je nachdem, wie hoch die Besteuerung von CO_2 ausfällt oder wie knapp die Menge an Emissionszertifikaten in einem Emissionshandelssystem bemessen wird, variieren die möglichen Einnahmen sehr stark. Der WBGU geht davon aus, dass in Europa und den OECD-Ländern im Jahr 2020 ein CO_2-Preis mindestens bei 40–50 US-$ pro t CO_2 und im Jahr 2050 mindestens bei 110–130 US-$ pro t CO_2 liegen müsste, um eine transformative Wirkung im Sinne der Einhaltung der 2 °C-Grenze auszuüben. In diesem Falle dürften die jährlichen Einnahmen deutlich über den von der AGF geschätzten 300 Mrd. US-$ liegen. Dies wird auch durch Hochrechnungen der IEA plausibel. Die IEA

geht davon aus, dass in einem Emissionshandelssystem zwischen allen OECD- und EU-Ländern, das lediglich die Einhaltung der in Kopenhagen vorgelegten wenig anspruchsvollen Reduktionsangebote zum Ziel hat, bei Vollauktionierung der Zertifikate im Jahr 2020 bereits Erlöse in Höhe von 250 Mrd. US-$ erzielt würden (IEA, 2010c).

Eine CO_2-Steuer müsste über die Zeit ansteigen und die Zertifikatsmenge müsste in einem Emissionshandelssystem verknappt werden, um die gewünschte Lenkungswirkung zur Einhaltung der 2 °C-Leitplanke zu entfalten. Es ist daher anzunehmen, dass die Einnahmen aus der CO_2-Bepreisung über mehrere Jahrzehnte, etwa bis 2030/2040, weiter gesteigert werden könnten. Gegen Mitte des Jahrhunderts ist jedoch mit einem Rückgang der Erlöse zu rechnen, da bis dahin die Emissionen stark gesunken sein müssten, so dass sich die Steuerbasis bzw. die Zertifikatsmenge stark reduzieren würde. Erlöse aus der Bepreisung von CO_2, sei es aus einer Besteuerung oder aus der Auktionierung von Emissionszertifikaten, würden aus Sicht des WBGU über einen längeren Zeitraum eine verlässliche Einnahmequelle zur Klimafinanzierung bilden und gleichzeitig die notwendige Lenkungswirkung für künftige Investitionen sowie Konsum- und Produktionsentscheidungen entfalten (Kap. 5.2).

Abbau fossiler Energiesubventionen sowie Agrarsubventionen

Eine weitere mögliche Finanzierungsquelle ist der Abbau fossiler Energiesubventionen, welche derzeit vor allem in Nicht-OECD-Ländern immer noch weit verbreitet sind. Dies betrifft beispielsweise Russland, Iran, China, Saudi-Arabien, Indien, Indonesien und die Ukraine (UNEP, 2008). Nach Schätzungen der IEA betrugen die weltweiten Konsumsubventionen für fossile Energien im Jahr 2008 557 Mrd. US-$ und im Jahr 2009 312 Mrd. US-$. Zwei Drittel davon waren Subventionen für Erdöl und Erdgas, während Kohlesubventionen nur einen vergleichsweise geringen Betrag von 6 Mrd. US-$ umfassten. Andere Erhebungen gehen davon aus, dass die gesamten Energiesubventionen sowohl auf Produzenten- als auch auf Konsumentenseite bis zu 700 Mrd. US-$ jährlich ausmachen (GSI, 2009). Würden die Subventionen für fossile Energieträger bis 2020 komplett abgebaut, sänke die Energienachfrage nach Schätzungen der IEA global um etwa 5–6 %, was zu einer Reduktion der CO_2-Emissionen um etwa 6–7 % im Vergleich zum Status quo führen würde (IEA et al., 2010a; IEA, 2010c).

In jedem Fall übersteigen die Subventionen für fossile Energieträger bei weitem die derzeitige finanzielle Förderung erneuerbarer Energien, die im Jahr 2009 bei 57 Mrd. US-$ lag (IEA, 2010c). Die allein durch den Abbau der Subventionen für fossile Energieträger in den Industrieländern innerhalb der G20 frei werdenden öffentlichen Gelder werden auf etwa 8–10 Mrd. US-$ jährlich geschätzt (AGF, 2010) und könnten ebenfalls zur Finanzierung der notwendigen Transfers in Entwicklungsländer genutzt werden. In den Nicht-OECD-Ländern könnten die frei werdenden Gelder für den Aufbau einer Strominfrastruktur und den Zugang zu Energie auf Basis erneuerbarer Energien, insbesondere im ländlichen Raum, eingesetzt werden (IEA et al., 2010a).

Besteuerung des internationalen Verkehrs und internationaler Finanzmarkttransaktionen

Eine Besteuerung des internationalen Luft- und Schiffsverkehrs, oder alternativ die Einführung eines internationalen Emissionshandelssystems für diese Sektoren, kann zusätzliche Einnahmen für Investitionen in die Transformation generieren. Durch eine Bepreisung der Emissionen aus dem internationalen Luft- und Schiffsverkehr würde auch der negativen Klimawirkung dieser Emissionen Rechnung getragen. Würden weltweit bis zu 50 % der Einnahmen aus einer Besteuerung für die Transformation bereitgestellt, könnte dies nach Schätzungen der AGF insgesamt zu Finanzflüssen in Höhe von etwa 10 Mrd. US-$ jährlich führen (AGF, 2010).

Ein ebenso großer Betrag könnte nach Schätzung der AGF im Falle der Einführung einer Steuer auf internationale Finanzmarkttransaktionen von 0,001 % bis maximal 0,01 % erzielt werden (AGF, 2010). Die Wirkung einer Finanzmarkttransaktionssteuer auf die internationalen Finanzmärkte ist jedoch unklar. Es könnte zu erheblichen Umsteuerungen von Finanzflüssen kommen, die die Steuerbasis stark verringern würden (Campbell und Froot, 1993; Honohan und Yoder, 2010). Der Steuersatz sollte deshalb im Falle der Einführung einer Finanzmarkttransaktionssteuer sehr niedrig angesetzt werden, wie dies etwa auch im Berechnungsbespiel der AGF der Fall ist.

Mittelgenerierung im Rahmen der UNFCCC sowie der Entwicklungszusammenarbeit

Neben Zuschüssen und Krediten von internationalen Finanzierungsorganisationen sind die im Rahmen der UNFCCC vereinbarten Transferzahlungen sowie die internationale Entwicklungszusammenarbeit wichtige Finanzierungsquellen für viele Entwicklungsländer. Dazu kommen weitere bilaterale und multilaterale Fonds, welche Mittel für Vermeidungsprojekte in Entwicklungsländern zur Verfügung stellen.

Bisher gibt es im Rahmen der UNFCCC nur einen Finanzierungsmechanismus zur Förderung von Vermeidungsprojekten, die „Climate Change Focal Area" des Trust Fund der Global Environment Facility (GEF).

Kasten 4.5-1

Der UNFCCC Green Climate Fund

Ein Ergebnis der 16. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Cancún ist die Einrichtung des sogenannten Green Climate Fund, der Entwicklungsländern Mittel für Vermeidung, Anpassung, Kapazitätsaufbau und Technologietransfer zur Verfügung stellen soll (Art. 102–112 der Cancún Agreements). Das 24-köpfige Leitungsgremium des Fonds soll zu gleichen Teilen von Entwicklungs- und Industrieländern besetzt werden, und der Fond zunächst bei der Weltbank angesiedelt sein. Der Umfang und die Finanzierungsquellen des Fonds sind jedoch noch nicht festgelegt. Die Annex-I-Länder verpflichteten sich für den Zeitraum 2010–2012 eine Summe von 30 Mrd. US-$ für Fast Start-Finanzierung bereitzustellen und wollen für die langfristige Finanzierung bis 2020 die Mobilisierung von 100 US-$ jährlich erreicht haben. Ein signifikanter Anteil der für Anpassung vorgesehenen Gelder soll nach den Beschlüssen von Cancún durch den neu eingerichteten Fonds fließen. Die genaue Struktur und Operationsweise des Fonds ist noch unklar. Zur Operationalisierung des Fonds wurde ein Transitional Committee vorgeschlagen, das sich aus 15 Vertretern aus Industrieländern und 25 Vertretern aus Entwicklungsländern zusammensetzen soll (UNFCCC, 2010; Müller, 2011).

Die weiteren Fonds unter dem Dach der UNFCCC (Adaptation Fund, Special Climate Change Fund, Least Developed Countries Fund) haben ihren Fokus auf Anpassungsfinanzierung. Als neuer und möglicherweise künftig wichtigster multilateraler Finanzierungsmechanismus wurde von der UNFCCC 2010 in Cancún die Einrichtung des sogenannten Green Climate Fund beschlossen (Kasten 4.5-1).

Bereits bei den Klimaverhandlungen in Kopenhagen im Jahr 2009 wurde angekündigt, dass zwischen 2010 und 2012 neue und zusätzliche Mittel in Höhe von bis zu 30 Mrd. US-$ für Minderung und Anpassung in Entwicklungsländern bereitgestellt werden sollen (fast-start finance). Ab 2020 sollen 100 Mrd. US-$ jährlich für Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen fließen und zwar aus vielfältigen Quellen (öffentlich, privat, bi- und multilateral, einschließlich neuer Finanzierungsinstrumente). Ein Teil dieser Mittel soll über den neu einzurichtenden Green Climate Fund verteilt werden. Vor allem die Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen soll über den Fonds erfolgen.

Angesichts der für Vermeidung und Anpassung in den Entwicklungsländern erforderlichen Mittel, welche für Vermeidung im dreistelligen Milliardenbereich (etwa 300 Mrd. US-$ ab dem Jahr 2020; Project Catalyst, 2010; World Bank, 2010c) und für Anpassung im zweistelligen Milliardenbereich (etwa 10–100 Mrd. US-$; Project Catalyst, 2010; World Bank, 2010c) vermutet werden, muss eine angemessene Gewichtung der verschiedenen Bereiche (Anpassung, Vermeidung, Technologietransfer, Kapazitätsaufbau) bei der Aufteilung der Mittel stattfinden. Aus Sicht des WBGU sollte der Anteil an den zugesprochenen 100 Mrd. US-$, der für Vermeidungsprojekte bzw. -maßnahmen verwendet werden soll, bei etwa 60–70% der Mittel liegen. Dies ist unabhängig davon zu sehen, ob diese Mittel über den Green Climate Fund fließen oder über andere Kanäle.

Zu entscheiden ist auch die Frage, ob die Mittel des Green Climate Fund in Form von nicht rückzahlbaren Transferzahlungen oder als Kredite und Kreditgarantien vergeben werden sollen. Obschon Kredite und Kreditgarantien häufig bereits eine erhebliche Hebelwirkung entfalten können (World Bank, 2010c; Neuhoff et al., 2010), sprechen Gerechtigkeitsüberlegungen dafür, einen Großteil der zugesprochenen Mittel als echte Transferzahlungen zu definieren. Dies kann u.a. mit den hohen kumulierten Emissionen der Industrieländer in der Vergangenheit begründet werden (WBGU, 2009a).

Allerdings werden die vorgesehenen 100 Mrd. US-$ jährlich ab 2020 zur Finanzierung der Transformation in den Entwicklungsregionen der Welt nicht ausreichen. Die notwendigen Investitionen für die Transformation in Entwicklungs- und Schwellenländern dürften ab dem Jahr 2020 noch weiter ansteigen (Kap. 4.5.1). Deshalb sollten zusätzlich zur Einrichtung des Green Climate Fund auch die Ausstattungen der bestehenden bi- und multilateralen Fonds für Vermeidungsprojekte in Entwicklungsländern erhöht werden. Dies betrifft beispielsweise die Carbon Partnership Facility der Weltbank sowie die beiden Fonds unter dem Dach des Climate Investment Funds (Clean Technology Fund, Strategic Climate Fund; World Bank, 2010c).

Insgesamt umfassen die Fonds der Weltbank für Vermeidung und Anpassung momentan etwa 9,5 Mrd. US-$ für die Jahre 2008–2012 (IEA, 2010a). Neben den multilateralen Fonds gibt es auch einige bilaterale Initiativen, beispielsweise die mit 10 Mrd. US-$ ausgestattete Cool Earth Partnership (Japan), die mit 564 Mio. US-$ ausgestattete International Climate Initiative (Deutschland) oder die Global Climate Change Alliance (GCCA) der Europäischen Union (76 Mio. US-$; World Bank, 2010b). Die in den einzelnen Fonds enthaltenen, meist über mehrere Jahre zu verteilenden Millionenbeträge reichen jedoch noch lange nicht an das erforderliche Investitionsvolumen im Milliardenrang heran und müssten folglich weiter aufgestockt werden. Nach Schätzungen der Weltbank belaufen sich die derzeitigen Transfers im Zusammenhang mit dem Klimawandel

insgesamt (d.h. unter Berücksichtigung aller Finanzflüsse im Bereich Vermeidung und Anpassung sowie Technologietransfer und Kapazitätsaufbau) auf etwa 10 Mrd. US-$ jährlich (World Bank, 2010c), d.h. noch weit unter den angekündigten 100 Mrd. US-$ ab 2020.

Im Rahmen der UNFCCC entwickelt sich derzeit – unabhängig vom Kioto-Protokoll – zudem ein weiterer möglicher Finanzierungsmechanismus. Die Entwicklungsländer verpflichten sich, national angemessene Minderungsanstrengungen (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs) zu implementieren, die von den Industrieländern finanziell und durch Technologietransfer unterstützt werden sollen. Derzeit ist noch unklar, inwieweit es sich hier um projektbasierte Vorhaben handeln wird, und ob und in welchem Umfang die fördernden Industrieländer die dadurch erreichten Minderungen ihren eigenen Minderungsanstrengungen zurechnen können. Eine Option wäre, die Zahlungen aus dem Green Climate Fund an die geplanten Minderungsmaßnahmen (NAMAs) zu knüpfen (Kap. 7.3.9). Auf diese Weise könnten auch sektorale und eher strategische Vermeidungsmaßnahmen wie z.B. der Ausbau der Netzinfrastruktur oder Einspeisevergütungen, die in ein Gesamtkonzept zur Emissionsreduktion eingebettet sind, finanziert werden. Die Zusätzlichkeit der Mittel in Abgrenzung zu den Mitteln der Entwicklungszusammenarbeit ist dabei sicherzustellen (Kasten 4.5-2).

Finanzierung über den Kohlenstoffmarkt

Eine bedeutende Finanzierungsquelle für CO_2-Vermeidungsprojekte in Entwicklungsländern war bisher der Clean Development Mechanism (CDM; World Bank, 2010b). Er umfasste allein im Jahr 2008 ein Transaktionsvolumen (Primärtransaktionen) in Höhe von 6,5 Mrd. US-$ (IEA, 2010a).

In Cancún wurde die Weiterführung des CDM im Rahmen des Kioto-Protokolls beschlossen – allerdings ist dessen Zukunft selbst derzeit noch unklar. Somit bleibt auch die Rolle des internationalen Kohlenstoffmarktes für Entwicklungsländer in seiner derzeitigen Form unsicher. Sollte es nicht gelingen, eine zweite Verpflichtungsperiode des Kioto-Protokolls zu vereinbaren, die direkt an die erste Verpflichtungsperiode anschließt, ist ein Einbruch der Nachfrage nach Minderungszertifikaten aus dem CDM zu erwarten. Aufrechterhalten werden würde allenfalls die Nachfrage aus anderen CO_2-Handelssystemen wie etwa dem EU ETS oder aus dem freiwilligen Markt.

Auch zeigte sich in der Vergangenheit, dass der CDM viele der ursprünglich in ihn gesetzten Erwartungen in seiner derzeitigen Ausgestaltung nicht erfüllen konnte. So kommen verschiedene Studien zu dem Ergebnis, dass die Zusätzlichkeit der Emissionsreduktionen in vielen Fällen nicht gegeben ist. Gemäß Schätzungen von Michaelowa und Purohit (2007) und Wara und Victor (2008) könnte der Anteil der registrierten CDM-Projekte, die das Kriterium der Zusätzlichkeit nicht erfüllen, bei einem Fünftel oder sogar bei zwei Dritteln liegen. Dies käme einer Ausweitung der Emissionsbegrenzungen der EU-ETS-Teilnehmerländer gleich. Vasa und Neuhoff (2011) ermitteln, dass die Verletzung des Zusätzlichkeitskriteriums von einem Fünftel bis zu zwei Dritteln der registrierten Projekte in der Handelsperiode 2008 bis 2009 einer Ausweitung der Emissionen des EU ETS von 30–106 Mio. t CO_2eq entsprochen hätte.

Weiter hat sich die Erwartung nicht erfüllt, dass über den CDM Beiträge zu einer nachhaltigen Entwicklung gewährleistet sowie ein signifikanter Technologietransfer ausgelöst werden können. Ebenso haben sich unerwünschte Anreize zur Ausweitung klimaschädlicher Aktivitäten entwickelt, insbesondere im Falle von CDM-Projekten zur Reduktion von Industriegasen (z.B. HFC-23-Projekte; Vasa und Neuhoff, 2011). Weiter besteht die Gefahr, dass der CDM insbesondere den großen Schwellenländern Anreize bietet, auf eigene Klimaschutzpolitiken zu verzichten, um die geforderte Zusätzlichkeit von Projekten nicht zu gefährden. Aus diesem Grund gibt es Überlegungen, den CDM auf die am wenigsten entwickelten Länder (LDC) zu beschränken, die momentan kaum vom CDM profitieren, da sie nur eine sehr geringe Zahl von CDM-Projekten beherbergen (UNEP-Risoe, 2011).

Aus Sicht des WBGU wäre es sinnvoll, den CDM künftig auf LDC zu beschränken und dadurch den Entwicklungsaspekt des CDM zu stärken. Würde der Mechanismus zudem auf sektorale Maßnahmen erweitert – ähnlich zum programmbasierten CDM – könnte so beispielsweise die gebündelte Finanzierung vieler kleiner und weit gestreuter Effizienzpotenziale in Kleinstunternehmen und Haushalten ermöglicht werden (Figueres, 2008; Ohndorf et al., 2010). Ein programmbasierter oder sektoraler CDM könnte auch zur Verringerung der Energiearmut einen entscheidenden Beitrag leisten, indem damit z.B. mit Biomasse betriebene Herde oder Kleinanlagen zur solaren Wassererwärmung in privaten Haushalten finanziert werden. Durch einige Anpassungen der Regulierung des programmatischen CDM könnte dieses Potenzial in Zukunft noch besser ausgeschöpft werden (Figueres, 2008). Die Weiterführung des CDM nur in LDC müsste allerdings mit deutlich ambitionierteren Reduktionszielen der Annex-I-Länder sowie Reformen bei der Anrechenbarkeit von Emissionsgutschriften (CER; z.B. aus HFC-23-Projekten) einhergehen, wie dies von Seiten der EU bereits geplant ist.

Kasten 4.5-2

Das Spannungsverhältnis zwischen Klima- und Entwicklungsfinanzierung

Aktivitäten zur Emissionsminderung und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Entwicklungsländern wurden seit 1992 vor allem aus Entwicklungshaushalten finanziert. Der Finanzierungsbeitrag der UNFCCC-Fonds im Rahmen der Global Environmental Facility (GEF) war wesentlich geringer. Der Schwerpunkt lag dabei stets auf dem Klimaschutz. Das Verhältnis zwischen Klima- und Entwicklungsfinanzierung ist einerseits durch Überlappungen und Synergien gekennzeichnet: Investitionen in Entwicklung können sowohl dem Klimaschutz dienen als auch der Resilienz gegenüber Klimafolgen. Andererseits besteht die Sorge, dass die Prioritätensetzung auf den Aufbau klimaverträglicher Infrastrukturen zu Lasten der Armutsbekämpfung gehen kann.

Bei wachsenden Entwicklungsbudgets wäre das Risiko gering, dass unter dem Druck der Klimaverhandlungen Investitionen in Emissionsminderung und Anpassung eine höhere Priorität haben als Investitionen in andere Bereiche, die für die Armutsminderung relevant sind (aid diversion). Da die öffentlichen Haushalte der meisten Geber aber unter der Finanz- bzw. Eurokrise und dem verlangsamten Wirtschaftswachstum leiden, erscheint politisch kaum durchsetzbar, dass Entwicklungsbudgets unter Ausschluss der Klimafinanzierung wachsen oder stabil bleiben. In der EU wird mittelfristig von abnehmenden Budgets für die Entwicklungszusammenarbeit ausgegangen: Der BMZ-Haushalt, der etwa 70% der deutschen öffentlichen Entwicklungszusammenarbeit (ODA) abbildet, wird von 6 Mrd. € 2010 auf 5,6 Mrd. € 2013 schrumpfen (EU COM, 2010d).

Zum Risiko der aid diversion trägt bei, dass es keine anerkannte Definition von Zusätzlichkeit gibt. Die Klimarahmenkonvention schließt ODA als Finanzierungsquelle nicht aus. Aber die Zielsetzungen von ODA und Klimafinanzierung sind nicht vollkommen deckungsgleich: ODA soll nach der OECD-Definition vor allem dazu beitragen, Entwicklung und Wohlfahrt in Entwicklungsländern zu fördern, während Klimafinanzierung globalen und lokalen Nutzen erbringt. Werden Entwicklungsländer bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels unterstützt, kann dies direkte positive Effekte auf die lokale Wohlfahrt haben, während die Verringerung ihrer Treibhausgasemissionen vor allem von globalem Nutzen ist und indirekt den lokalen Anpassungsbedarf verringert. In der OECD zählen alle Geberländer die Fast-start-Finanzierung zur ODA, verfügen aber über keine gemeinsame Definition von Zusätzlichkeit (Brown et al., 2010). Deutschland definiert alle Ausgaben als zusätzlich, die über dem 2009 bereits erreichten Niveau liegen. Das bedeutet, dass dieser Plafond erhalten bleibt und die Klimafinanzierung insgesamt wachsen wird, wenn auch im Rahmen eines schrumpfenden Gesamthaushalts.

Schließlich wird die Unsicherheit über geleistete Zahlungen dadurch erhöht, dass transparente Verfahren und gemeinsame Kriterien der Geber für die Berichterstattung über Klimafinanzierung fehlen. Die Verfahren des Entwicklungshilfeausschusses der OECD (DAC) zur Messung bilateraler Klimafinanzierung sind nicht zufriedenstellend. Zwei unabhängige empirische Studien haben festgestellt, dass die Geber systematisch dazu neigen, ungenau zu berichten. Nur 25% der Maßnahmen, die von den Gebern als für den Klimaschutz relevant angegeben wurden, konnten wirklich als solche klassifiziert werden (Roberts et al., 2008; Michaelowa und Michaelowa, 2010). Das Verfahren des DAC (die sogenannten Rio-Marker) beruht darauf, dass die Geber nach eigenen Kriterien festlegen, welche Maßnahmen einen wesentlichen oder signifikanten Beitrag zum Klimaschutz erbringen. Eine Vergleichbarkeit ist damit nicht gewährleistet, und die Angaben werden auch nicht nachträglich um veränderte oder abgebrochene Maßnahmen bereinigt. Ein Rio-Marker für Klimaschutzmaßnahmen wurde 1998 vereinbart, einer für Anpassung erst Ende 2009. Vereinbarungen über Definitionen und Verfahren für die Berichterstattung sind damit zentral für weitere Verhandlungen über öffentliche Klimafinanzierung.

Mittelfristig werden diese Fragen jedoch an Bedeutung verlieren. Die Folgen des Klimawandels und die mit ihnen verbundenen Investitionsrisiken werden nämlich mit der Zeit als normale Parameter in die Projektplanung eingehen. Und auch die verstärkte Ausrichtung auf klimaverträgliche Infrastrukturen wird in den Mainstream der Entwicklungspolitik rücken. Wichtig sind diese strategischen Fragen jedoch in der Übergangszeit, in der die Weichen für diese große Transformation gestellt werden müssen. Für eine strategische Redefinition von politischen Zielen sind Unklarheiten über Ziele, Instrumente und Finanzierung nicht hilfreich.

4.5.2.2 Unterstützung und Mobilisierung privater Investitionen

Neben dem Staat müssen auch private Unternehmen und Investoren einen Großteil der Investitionen für die Transformation übernehmen. Dies kann einerseits aus Eigenkapital in Form von Gewinnen aus Unternehmenstätigkeit oder Kapitalanlagen erfolgen. Ebenso stehen privaten Investoren verschiedene Optionen der Fremdfinanzierung zur Verfügung, wie z. B. Mittel von Risikokapitalgebern (venture capital), Beteiligungsfinanzierung (private equity), Kapital institutioneller Investoren (z. B. Infrastruktur-, Pensionsfonds) sowie Schuldenfinanzierung über private Finanzinstitute (Mezzanine/Senior Debt; Abb. 4.5-5). Während Schuldenfinanzierung über private Finanzinstitute leichter zugänglich ist, wenn eine innovative Technologie bereits erprobt ist, muss gerade in den Anfangsphasen (insbesondere Demonstrationsphase) aufgrund von hohen Unsicherheiten bezüglich künftiger Rückflüsse aus der Investition stärker auf Risikokapital und Beteiligungsfinanzierung zurückgegriffen werden (UNEP-SEFI, 2009a).

Private Investoren sind oft auf staatliche Unterstützung ihrer Investitionstätigkeit angewiesen. Häufig bestehen nämlich Investitionsbarrieren in der Größe von Projekten oder in den Marktrisiken bei Einführung neuer Technologien. Diese können durch öffentliche Finanzierungsmechanismen (u. a. zinsgünstige Kreditvergabe, Kreditgarantien oder technologiespezifische Subventionen) überwunden werden.

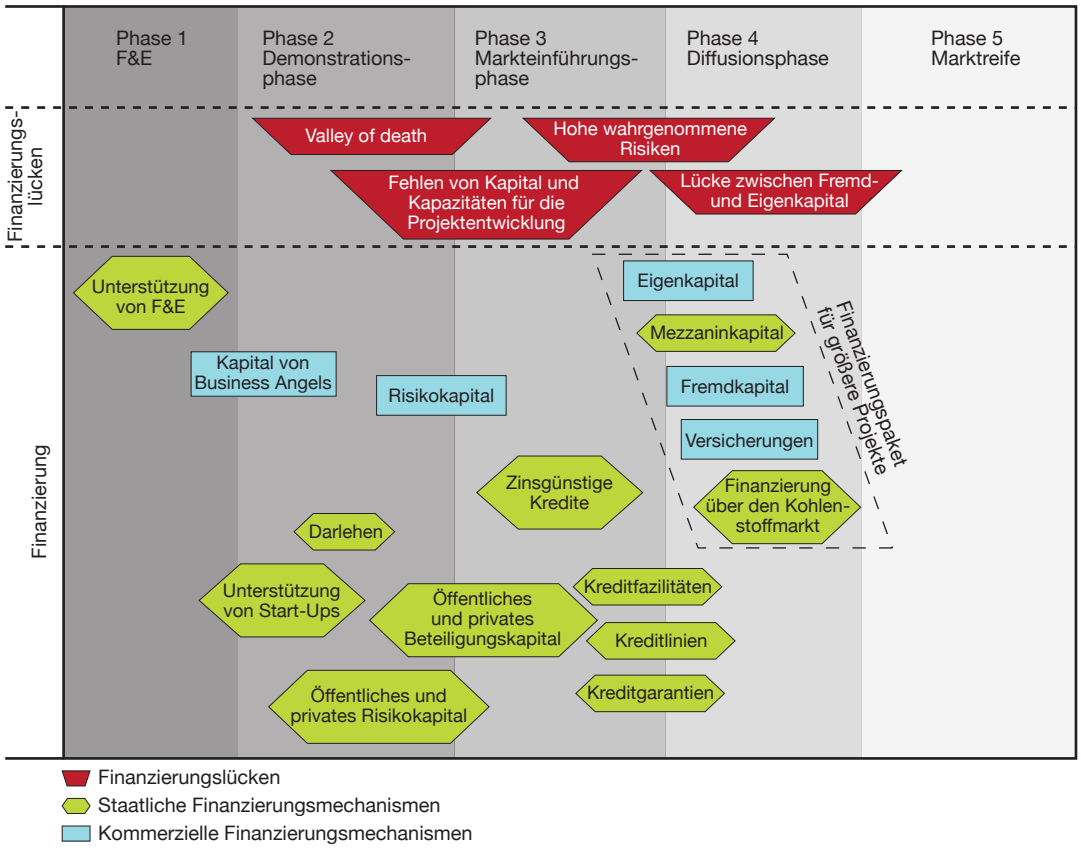


Abbildung 4.5-5
Öffentliche und private Finanzierungsmechanismen nach Technologieentwicklungsphasen.
Quelle: UNEP-SEFI, 2008

Dabei sind je nach Phase in der Technologieentwicklung (F&E, Demonstrationsphase, Entwicklungsphase, Diffusionsphase, Markteinführung) unterschiedliche Formen staatlicher Unterstützung privater Investitionen sinnvoll (UNEP-SEFI, 2008). In Abbildung 4.5-5 sind die Finanzierungsangebote privater Finanzinstitute und Kapitalgeber (Commercial Financing Mechanisms) sowie die Finanzierungsangebote staatlicher Institutionen (Public Finance Mechanisms) illustriert. Hier wird auch graphisch deutlich, dass staatliche Finanzierung insbesondere von der Forschungs- bis zur Diffusionsphase notwendig ist.

Staatliche Unterstützung von Investitionen und Stärkung des Risikokapitalmarkts

Während in der F&E-Phase eine direkte staatliche Unterstützung von Forschungsprojekten sinnvoll erscheint, können in den anderen Phasen der Finanzierung Kredite und Kreditgarantien große Wirkung entfalten. Eine besonders große Finanzierungslücke (valley of death) im Projektzyklus besteht meist in der Demonstrations- und Anwendungsphase. In diesen Phasen befindet sich die Innovation bereits auf dem Weg zur Kommerzialisierung. Jedoch ist eine Weiterentwicklung häufig mit hohen Kosten verbunden und die technologischen Risiken sind aufgrund geringer Erfahrungswerte nach wie vor bedeutsam (UNEP-SEFI, 2008; IEA, 2010a). Hier könnten staatliche Zuschüsse, zinsgünstige Kredite und Kreditgarantien helfen, Mittel von privaten Risikokapitalgebern zu akquirieren, die ohne die staatliche Unterstützung nicht vergeben würden. Zusätzliche Finanzmittel können auch dadurch erschlossen werden, dass staatliches und privates Risikokapital in Fonds gebündelt wird, wie es beispielsweise im UK Carbon Trust Venture Capital Fund oder im California Clean Energy Fund der Fall ist (BASE und SEFI, 2006). Staatliche Mittel dienen in diesem Fall zur Erhöhung der Attraktivität einer Beteiligung privater Risikokapitalgebern.

In der Diffusionsphase kann ebenfalls durch Kreditvergabe zu günstigen Konditionen und durch Kreditgarantien der Zugang zu privatem Finanzkapital verbessert werden, so dass damit die weitere Kommerzialisierung erleichtert wird (UNEP-SEFI, 2008; Abb. 4.5-5). Allerdings ist der Zugang zu Finanzierung für die Kommerzialisierung nur eine notwendige, nicht jedoch eine hinreichende Bedingung. Entscheidend ist auch die

Nachfrageseite. Um eine entsprechende Marktnachfrage zu erzeugen, kann der Staat schließlich die Markteinführung einer technischen Innovation durch Informationspolitik, politische Rahmensetzung und Anreizsysteme unterstützen (Kap. 5.2).

Verbesserung des allgemeinen Investitionsklimas

Hinsichtlich der allgemeinen Investitionsdynamik bestehen in vielen OECD-Ländern und insbesondere in Deutschland Defizite. So lag die Nettoinvestitionsquote, also der Anteil der Nettoinvestitionen (d.h. der Bruttoinvestitionen abzüglich der Abschreibungen) am Nettoinlandsprodukt, in Deutschland zwischen 1995 und 2008 im Durchschnitt bei nur 5,3% und damit deutlich unter dem europäischen und OECD-Durchschnitt (Abb. 4.5-6; Sinn, 2010; SVR, 2008, 2010).

Die Investitionsdynamik war im Zeitraum 1995 bis 2008 sowohl bei staatlichen als auch bei unternehmerischen Investitionen gering. So befanden sich insbesondere die Nettoinvestitionen des Staates auf niedrigem Niveau und nahmen seit dem Jahr 2003 sogar negative Werte an (SVR, 2010; Priewe und Rietzler, 2010). Der Anteil der Nettoinvestitionen an den Unternehmensgewinnen fiel ab dem Jahr 2001 stark ab und verharrt seitdem auf niedrigem Niveau (Priewe und Rietzler, 2010). Die niedrigen Nettoinvestitionsquoten gingen dabei mit steigenden Unternehmensgewinnen im selben Zeitraum einher (Abb. 4.5-7; Priewe und Rietzler, 2010).

Die niedrigen Nettoinvestitionen können einerseits durch die konjunkturelle Entwicklung erklärt werden: Die unternehmerische Investitionsquote hatte sich zwischen 2005 und 2008 im Zuge der wirtschaftlichen Erholung merklich erhöht (Abb. 4.5-7; SVR, 2010), brach dann aber im Jahr 2009 infolge der schlechten weltwirtschaftlichen Entwicklung wieder ein. Unabhängig von der Konjunkturentwicklung kann das langfristig niedrige Niveau der Investitionstätigkeit andererseits u.a. damit erklärt werden, dass Deutschland wie viele andere Industrieländer in den vergangenen Jahrzehnten einen Strukturwandel weg von investitionsintensiver Industrie hin zu mehr Dienstleistungsunternehmen erlebt habt. Eine der weiteren Ursachen für die geringe Investitionsdynamik in Deutschland ist in der Einführung des Euro zu suchen, dessen Ankündigung bereits Ende der 1990er Jahre zu einer Angleichung der Zinsen in den Euroländern führte und so einen Investitionsboom in ehemaligen Hochzinsländern auslöste, während aus dem ehemaligen Niedrigzinsland Deutschland eher Kapital ins Ausland abfloss (Sinn, 2010; Priewe und Rietzler, 2010). Mit der zunehmenden Öffnung der Güter- und Faktormärkte im Zuge der Globalisierung und der europäischen Integration richten sich die Investitionsentscheidungen der Unternehmen generell verstärkt auch nach den Gewinnerzielungsmöglichkeiten im Ausland, wo häufig höhere Renditen zu erzielen sind als im Inland, was wiederum die Renditeanforderungen an Investitionen im Inland prägt (Hinze und Kirchesch, 1999). Dieser Trend dürfte durch die Deregulierung der Kapitalmärkte verstärkt worden sein.

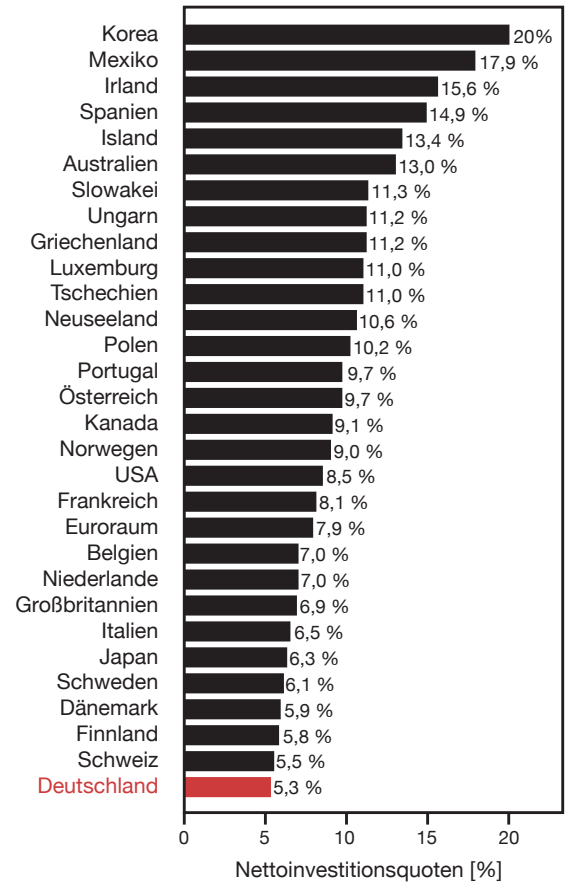


Abbildung 4.5-6
Nettoinvestitionsquoten im internationalen Vergleich 1995–2008 (in % des Nettoinlandsprodukts).
Quelle: Sinn, 2010

Der strukturellen Investitionsschwäche in Deutschland müsste vor allem durch eine veränderte Geld- und Steuerpolitik begegnet werden (SVR, 2009, 2010; Priewe und Rietzler, 2010). Mit Hinblick auf die Transformation könnten beispielsweise Sonderabschreibungen oder Investitionsfreibeträge bei Körperschaft-, Gewerbe- und Einkommensteuern, Investitionszulagen sowie staatliche Finanzierungsangebote zu günstigen Konditionen gezielt Anreize für transformative Investitionen schaffen. Gleichzeitig würden nicht-transformative Kapitalanlagen unattraktiver gemacht (Jaeger et al., 2009). Eine steuerliche Bevorzugung nachhaltiger Finanzanlagen könnte ein weiterer Baustein in einem transformationsförderlichen Steuerkonzept sein. Um das grundsätzlich verfügbare Kapital insbeson-

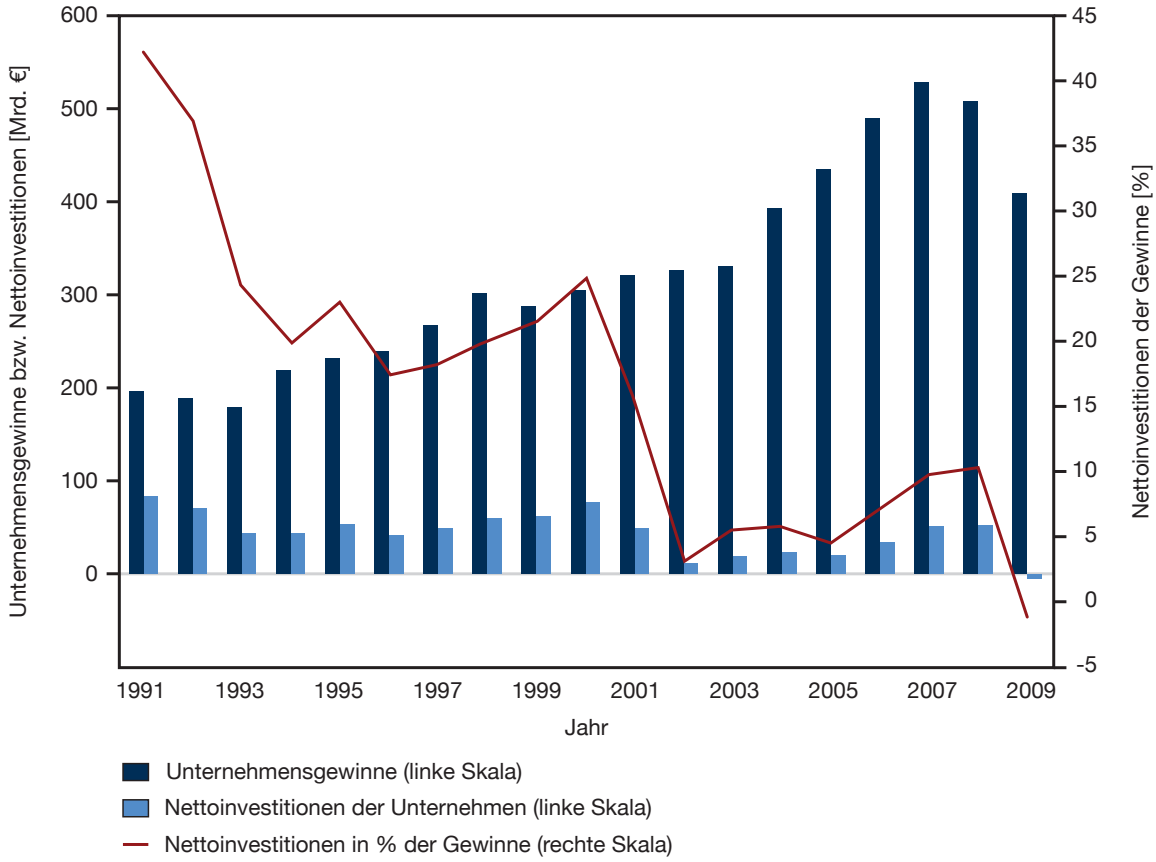


Abbildung 4.5-7
Unternehmensgewinne und Nettoinvestitionen der Unternehmen in Deutschland zwischen 1991 und 2009.
Quelle: Priewe und Rietzler, 2010

dere in transformative Investitionsprojekte zu leiten, sind jedoch vor allem langfristige und stabile Rahmenbedingungen zur Erhöhung der Renditen transformativer Projekte und zur Steigerung der Erwartungssicherheit der Unternehmen unerlässlich. Die Unsicherheit über den künftigen energie- und klimapolitischen Kurs der Regierung stellt nach wie vor eine bedeutende Investitionsbarriere dar. Langfristige und stabile Rahmenbedingungen sollten insbesondere einen Preis für CO_2, den Abbau von Subventionen für fossile Energieträger, technologiespezifische Förderungen sowie Effizienzstandards umfassen (Kap. 7.3).

Schaffung nationaler Green Investment Banks

Eine weitere Möglichkeit der staatlichen Unterstützung privater Investitionen ist die Bereitstellung von staatlichen Mitteln über nationale Green Investment Banks. Hier könnten Einlagen von Seiten des Staates und privater Investoren gebündelt werden, um damit private Investitionen in transformativen Bereichen durch zinsgünstige Kredite und Kreditgarantien zu unterstützen. Beispielhaft ist hierfür die geplante Green Investment Bank in Großbritannien, welche mit 2 Mrd. £ (ca. 2,3 Mrd. €) zur Finanzierung von Projekten im Bereich der erneuerbaren Energien in Großbritannien ausgestattet werden soll (Green Investment Bank Commission, 2010). Auch die deutsche Bundesregierung hat mit der KfW Entwicklungsbank im Jahr 2010 einen revolvierenden Klimaschutzfonds für Entwicklungsländer ins Leben gerufen (KfW, 2010). Aus dem Fonds werden Projekte von kleinen und mittleren Unternehmen und Privathaushalten in Entwicklungsländern im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz gefördert. Weiterhin finanziert der Fonds begleitende Beratungsleistungen (KfW, 2010).

Die Bündelung bestehender Fonds und „Fördertöpfe" – sowohl für die Finanzierung nationaler als auch internationaler Transformationsprojekte – unter dem Dach einer solchen Green Investment Bank könnte die erforderliche Größenordnung an Mitteln generieren, die für die Transformation benötigt werden. Nationale und überregionale Investitionsbanken (wie z.B. die Europäische Investitionsbank oder die regionalen Entwicklungsbanken) müssten insbesondere eine bedeutende

Rolle bei der Finanzierung von Infrastrukturinvestitionen übernehmen. Dabei wäre es wichtig, die Kriterien zur Vergabe nachhaltig und transparent zu gestalten.

Einbindung institutioneller Investoren und Ausgabe von Klimabonds

Zur Generierung von Einlagen in die Fonds der Green Investment Banks könnten insbesondere institutionelle Investoren wie Pensionskassen und Versicherer eingebunden werden. Sie könnten einen erheblichen Beitrag zur Finanzierung der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft leisten, da sie über entsprechendes Kapital und einen langfristigen Anlagehorizont verfügen. Ihre Einlagen in den Fonds könnten mit einer festen Verzinsung vergütet werden. Mit Hilfe solcher Fonds würde institutionellen Investoren eine Möglichkeit zur risikoarmen Kapitalanlage mit stetiger Verzinsung geboten, die gleichzeitig Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft ermöglicht (Caldecott, 2010).

Eine Möglichkeit zur Generierung zusätzlicher Mittel für die Green Investment Banks wäre die Ausgabe von Bonds speziell für Klima- und Energieprojekte (z.B. Klimaanleihen der EU, der Weltbank und der USA). Dafür gibt es bereits einige erfolgreiche Vorbilder. So brachte die Europäische Investitionsbank (EIB) im Jahr 2007 ihre erste Klimaanleihe auf den Kapitalmarkt (EIB, 2007). Das Papier mit fünf Jahren Laufzeit dient in zweifacher Hinsicht dem Klimaschutz: Sowohl hinsichtlich der Mittelverwendung, aber auch in Bezug auf die Rendite. So kommt der Ausgabeerlös der Anleihe in Höhe von 600 Mio. € ausschließlich Projekten aus dem Bereich erneuerbare Energien und Energieeffizienz zugute. Zudem orientiert sich die Rendite an dem Index „FTSE4Good Environmental Leaders Europe 40“, der 40 europäische Großkonzerne enthält, die anhand von Nachhaltigkeitskriterien ausgewählt sind.

Im Jahr 2009 lancierte die EIB zusammen mit der schwedischen Swedbank weitere Climate Awareness Bonds, d.h. Kapitalmarktpapiere in schwedischen Kronen, deren Erlöse ebenfalls in EIB-Projekte im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz fließen (EIB, 2009). Weitere Klimaanleihen werden derzeit beispielsweise von der Weltbank und der US-Regierung (Clean Renewable Energy Bonds) ausgegeben (World Bank, 2011a; US-DoE, 2011).

Unterstützung durch Entwicklungsbanken und internationale Finanzierungsorganisationen

In Entwicklungsländern und insbesondere in den am wenigsten entwickelten Ländern sind die Finanzmärkte nicht ausreichend entwickelt, so dass häufig nicht genügend Liquidität zur Finanzierung größerer Projekte verfügbar ist und wegen niedriger Kreditwürdigkeit auch vom Markt kein Fremdkapital bereitgestellt wird. Deshalb kommt den internationalen Finanzierungsorganisationen (IMF, Weltbank) in diesen Ländern eine große Bedeutung zu. Über verschiedene Finanzierungsmechanismen der Institutionen (u.a. Kreditprogramme, Kreditgarantien) können private Finanzintermediäre in diesen Ländern in die Lage versetzt werden, selbst Kredite an Projekte zu vergeben, die sie sonst aufgrund hoher Risiken (z.B. politische Risiken, Währungsrisiken, technologische Risiken) nicht vergeben hätten. Öffentliche Gelder (Zuschüsse, subventionierte Kredite, Kreditgarantien) werden meist über Entwicklungsbanken an private Finanzinstitute weitergeleitet und von diesen wiederum für die Projektfinanzierung eingesetzt, wobei häufig weitere Mittel von institutionellen Investoren angeworben werden können. Damit entfalten die öffentlichen Mittel eine Katalysatorwirkung (UNEP-SEFI, 2008).

Finanzierung muss in Entwicklungsländern außerdem durch technische und personelle Zusammenarbeit ergänzt werden, da häufig wenig Erfahrung bei der Projektentwicklung und Durchführung besteht. Deshalb sollten Finanzierungszusagen mit Beratungsleistungen gekoppelt werden. Insbesondere bei Energieeffizienzinvestitionen wird häufig von privaten Finanzintermediären das Risiko mangels Expertise zu hoch eingeschätzt. Finanzierung über Development Finance Institutions (DFI) sowie Intermediäre wie z.B. Energy Service Companies (ESCO), welche über die nötigen technischen Kenntnisse verfügen, sind daher zielführend (Taylor et al., 2008; Ohndorf et al., 2010).

Es wird davon ausgegangen, dass die Hebelwirkung staatlicher Mittel je nach Finanzierungsmechanismus bei 3:1 bis 15:1 liegt. Dementsprechend könnten bei einer Bereitstellung von 10 Mrd. US-$ öffentlicher Gelder private Investitionen von etwa 50–150 Mrd. US-$ ermöglicht werden (UNEP-SEFI, 2008). Dabei variieren die empirisch beobachteten Hebel von 1:1 für das GEF Small Grants Program über 3,6:1 für die Forest Partnership Facility und die Carbon Partnership Facility der Weltbank, 6,3:1 für den GEF Trust Fund (climate focal area), 8,3:1 für den Clean Technology Fund bis zu 15:1 für die IFC Partial Credit Guarantee für Energieeffizienz (Norad, 2010; World Bank, 2010c). Die Hebelwirkung steigt generell mit zunehmendem Risiko des staatlichen Kapitaleinsatzes und damit in dem Maße, wie die staatlichen Mittel das Risiko für private Investoren reduzieren (Neuhoff et al., 2010).

Mikrofinanzierung zur Überwindung der Energiearmut

Für die Transformation der Energiesysteme in Entwicklungsländern und gerade in ländlichen Regionen kommt auch der Mikrofinanzierung eine bedeutende Rolle zu. Durch Mikrofinanzierungsangebote kann die Energie-

armut mit Hilfe erneuerbarer Energien überwunden werden. Bereits seit über 25 Jahren ist das Instrument der Mikrofinanzierung in Entwicklungsländern eingeführt. Der Grundgedanke des Instruments ist es, armen Bevölkerungsschichten Zugang zu Kapital zu ermöglichen, die aufgrund mangelnder Sicherheiten keinen Zugang zu regulären Finanzmärkten und Banken haben (Terberger, 2002; Rosenberg, 2010). Die gewährleisteten Kleinstkredite werden in der Regel für unternehmerische Investitionen verwendet und unter sozialer Kontrolle aus den erwirtschafteten Gewinnen zurückgezahlt. Im Laufe der Jahre ist das Finanzierungsmodell auch auf Konsumkredite, Sparen und Versicherungen ausgedehnt worden (Bunse et al., 2007).

Gleichzeitig hat sich in Entwicklungsländern unabhängig von Energienetzen ein Mikroenergiesystem, insbesondere im ländlichen Raum entwickelt (MicroEnergy International, 2008). Hierzu zählen neben der traditionellen Biomasseverwendung, aufladbare Autobatterien, Kerosin und Dieselgeneratoren. Dem Unternehmen Grameen Shakti, einem Tochterunternehmen der Grameen Bank in Bagladesch, ist durch eine Kombination von Mikrofinanzierung und erneuerbaren Energien für Mikroenergiesysteme die Substitution der bisherigen fossilen Energienutzung gelungen. Das Unternehmen bietet kleine Solaranlagen für private Häuser an, deren Kauf auf Basis von Ratenzahlungen über zwei bis drei Jahre finanziert wird. Zusätzlich hat sich das Unternehmen auf die technische Beratung und Wartung dieser Solaranlagen spezialisiert, so dass mit dem Kauf auch ein Servicepaket (Beratung, Installation, Wartung) genutzt wird. Die Raten entsprechen dem monatlichen Preis alternativer Energiequellen wie z. B. Diesel oder Kerosin. Nach Tilgung des Konsumkredits kann der Haushalt Gewinn erwirtschaften und seine bisherigen Energieausgaben für andere Zwecke verwenden (MicroEnergy International, 2008; Kamal, 2010; UNEP, 2011).

Das Modell der Mikrofinanzierung findet auch im Geschäftsumfeld Anwendung, z. B. um mit Hilfe von Solarenergie Geschäftsräume zu beleuchten oder neue Energiedienstleistungen wie Telefon, Internet oder das Aufladen von Batterien anzubieten (Mohiuddin, 2006; US-AID, 2009). Größere Projekte der Elektrifizierung des ländlichen Raums wären Kleinwasserkraftwerke oder Biogasanlagen, die kapitalintensiver sind und den Zusammenschluss einer Dorfgemeinschaft erfordern (WI, 2006; Bunse et al., 2007). Auch solche Projekte können über Mikrofinanzinstitutionen finanziert werden (Mohiuddin, 2006).

Eine wichtige Voraussetzung für die Transformation in Entwicklungsregionen ist, dass Mikrofinanzinstitutionen die Elektrifizierung des ländlichen Raums als Ziel berücksichtigen und Beratungskapazitäten für erneuerbare Energien aufbauen (Mohiuddin, 2006; Bunse et al., 2007). Zusätzlich ist es hilfreich, wenn nationale Regierungen Programme zur Diffusion erneuerbarer Energien auflegen und Informationskampagnen starten. Durch Mikrofinanzierung wird es möglich, reichere Dörfer und Dorfbewohner, die jetzt schon Energiedienstleistungen in Anspruch nehmen, mit erneuerbaren Energien zu versorgen, die nicht netzgebunden sein müssen.

4.5.2.3 Neue Geschäftsmodelle zur Verringerung von Investitionsbarrieren

Die Belastungen aus hohen Anfangsinvestitionen (upfront investments) können für einzelne Investoren – egal ob in Entwicklungs- oder Industrieländern – dadurch reduziert werden, dass die Investitionsbeträge „auf mehrere Schultern verteilt" werden. Dies kann etwa dadurch erreicht werden, dass klassische Käufer-Verkäufer-Modelle in neue Geschäftsmodelle mit neuen Finanzierungs- und Eigentümerstrukturen überführt werden, die Investitionsbarrieren reduzieren und Anreizstrukturen verändern.

Mieten, Leasing und Gemeinschaftsnutzung

Entsprechende Modelle zeichnen sich beispielsweise dadurch aus, dass den Kunden in verschiedenen Bereichen (u. a. Mobilität, Wohnen, Produktion, Konsum) kombinierte Sach- und Dienstleistungspakete anstelle von reinen Sachleistungen angeboten werden. Die Eigentumsrechte an den Gütern verbleiben beim Anbieter, der sich für eine effiziente Ressourcennutzung und Rückführung der Güter in den Recyclingkreislauf einsetzt. Bereits etabliert haben sich Konzepte wie das Car Sharing im Bereich Mobilität und das Energie-Contracting durch sogenannte Energy Service Companies (ESCO) im Bereich der Energiebereitstellung und Energieeffizienz (Kap. 4.3.2). Hier bleibt das Eigentum an Sachwerten (z. B. Auto, Heizungsanlage) beim Anbieter und die zur Bedürfnisdeckung notwendigen Sachgüter werden von den Nutzern nur gemietet bzw. geleast oder es findet eine Gemeinschaftsnutzung mit anderen Kunden statt. Kosten entstehen für Kunden vor allem für die tatsächlich genutzte Mobilitäts- oder Energiedienstleistung, nicht jedoch für ein größeres Bündel an künftigen potenziellen Nutzungen.

Auf diese Weise werden mehrere Investitionsbarrieren gleichzeitig reduziert. So entstehen für die Nutzer von Mobilitäts- oder Energiedienstleistungen keine Anfangsinvestitionskosten und das Investitionsrisiko verbleibt vollständig beim Anbieter, welcher in der Regel besser als einzelne Haushalte oder Individuen in der Lage ist, solche Risiken zu tragen. Informations- und Transaktionskosten bei den Nutzern werden minimiert,

da der Anbieter über das notwendige Wissen verfügt und meist auch die Instandhaltungs- und Reparaturdienstleistungen sowie die Rückführung der Sachgüter in den Recyclingkreislauf übernimmt. Da Vertragsgegenstand nicht der Verkauf von Sachgütern, sondern die Erfüllung von Mobilitäts-, Energie- oder ähnlichen Bedürfnissen ist, zahlen sich Rohstoff- und Energieeffizienz bei der Leistungserbringung für die Anbieter im Übrigen direkt aus.

Derartige Dienstleistungen bzw. integrierte Produkt-Service-Systeme sollten im Zuge der Transformation verstärkt bekannt gemacht und gefördert werden, beispielsweise auch durch steuerliche Begünstigung. Für die breite Nutzung solcher ergebnis- statt konsumgutorientierten Geschäftsmodelle bei potenziellen Nutzern ist sowohl bei Privatkunden als auch in der Geschäftswelt ein grundlegender Wertewandel notwendig (u.a. in Bezug auf den Statuswert von Konsumgütern).

Genossenschaftliche Finanzierungsmodelle

Ein weiteres wichtiges Geschäfts- und Finanzierungsmodell für die Transformation ist die genossenschaftliche Finanzierung. Bereits Anfang des 20. Jahrhunderts wurden Genossenschaften für die Elektrifizierung des ländlichen Raums gegründet (Holstenkamp und Ulbrich, 2010). Die Genossenschaft ist eine Gesellschaft, die dem Erwerb oder der Wirtschaft ihrer Mitglieder durch den gemeinschaftlichen Geschäftsbetrieb dient. In Genossenschaften sind die Mitglieder gleichberechtigt und die Selbstverwaltung ist unabhängig von der Höhe der Kapitalbeteiligung, d.h. jedes Mitglied hat eine Stimme. Genossenschaften sind in der Regel Wertegemeinschaften, die nicht gewinnorientiert arbeiten, sondern sich als Selbsthilfeorganisation ihrer Mitglieder verstehen. Genossenschaften als solidarisches Unternehmen sind weltweit verbreitet und werden von der International Co-operative Alliance (ICA) vertreten (UN, 2009b).

In Deutschland haben sich in den letzten Jahren verstärkt Energiegenossenschaften für erneuerbare Energien gegründet. Meist handelt es sich dabei um Photovoltaikanlagen (Holstenkamp und Ulbrich, 2010), die z.B. auf öffentlichen Gebäuden wie Schulen installiert werden. Die Finanzierung erfolgt über Eigenkapital und Fremdkapital, zu dem die Genossenschaft eher Zugang hat als Privatpersonen. In vielen Fällen beteiligen sich auch Genossenschaftsbanken an den Energiegenossenschaften. Über die Einspeisevergütung nach dem EEG können sich solche gemeinschaftlichen Investitionen in erneuerbare Energien refinanzieren (Holstenkamp und Ulbrich, 2010).

Energiegenossenschaften stellen dadurch auch ein Modell für Entwicklungsländer für die Elektrifizierung des ländlichen Raums mit Hilfe erneuerbarer Energien dar.

4.5.3 Zwischenfazit

Die Höhe der notwendigen Investitionen ist zumindest in ihrer Größenordnung bekannt und eine beachtliche Höhe an Investitionen im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz wurde bereits erreicht. Die weitere Mobilisierung von finanziellen Mitteln für die Transformation der Energiesysteme setzt jedoch voraus, dass sich die Rahmenbedingungen für private Investoren für Investitionen in klimaverträgliche Technologien deutlich verbessern. Dies erfordert insbesondere ein klares Bekenntnis der Regierungen zum Umbau des Energiesystems sowie die Umsetzung dieses Bekenntnisses in konkrete Rahmenbedingungen, die privaten Geldgebern Investitionssicherheit verschaffen (Kap. 5).

4.6 Folgerungen: Zentrale Elemente und Rahmenbedingungen der Transformation

Die vorangehende Analyse zeigt, dass eine Transformation in Richtung einer klimaverträglichen Weltwirtschaft technisch möglich und wirtschaftlich zu leisten ist. Das zentrale Element der Transformation ist eine globale Energiewende, diese muss allerdings global stattfindende Entwicklungsdynamiken mitberücksichtigen. Rund 3 Mrd. Menschen sind noch immer von einer existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen ausgeschlossen, vor allem in den Bereichen Kochen, Heizen und Beleuchtung. Gleichzeitig beruht die weltweite Energieversorgung noch zu über 80% auf umwelt- und klimaschädlichen fossilen Energieträgern. Die Herausforderung besteht darin, den bisher ausgeschlossenen Menschen Zugang zu sauberen und sicheren Energiedienstleistungen zu gewährleisten und gleichzeitig CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger rasch und drastisch zu reduzieren.

Die langfristigen volkswirtschaftlichen Kosten einer globalen Dekarbonisierung der Energiesysteme liegen bei wenigen Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts (BIP). Für den Erfolg der Transformation ist eine stark beschleunigte Senkung der CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleistung unverzichtbar. Um bei einem Wirtschaftswachstum von 2–3% einen Emissionspfad einzuschlagen, bei dem bis 2050 nicht mehr als 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen emittiert werden, müsste die CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleis-

tung in den nächsten Jahren mindestens doppelt so schnell sinken wie in der Vergangenheit.

Das Technologieportfolio für eine derart ambitionierte Dekarbonisierung der Energiesysteme unterscheidet sich in den Analysen erheblich, es gibt keineswegs nur eine einzige Möglichkeit der Transformation der Energiesysteme in Richtung Klimaschutz. Der konkrete Energiepfad wird, abhängig von politischen, technologischen und kulturellen Umständen und Präferenzen bzw. den geographischen Besonderheiten, zwischen Staaten und Regionen unterschiedlich verlaufen. Insbesondere die Nutzung von Kernenergie und die Bedeutung von CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) werden weltweit und innerhalb der EU kontrovers diskutiert. Das Ausmaß der Nutzung dieser Technologien könnte sich regional und national, vor allem durch politische Entscheidungen, sehr unterschiedlich entwickeln.

Der WBGU rät von einem Ausbau der Kernenergienutzung grundsätzlich ab, vor allem aufgrund des Risikos schwerster Schadensfälle, der ungeklärten Endlagerungsproblematik, des Risikos unkontrollierter Proliferation und auch der daraus resultierenden hohen Kosten. CCS ist eine notwendige Vermeidungsoption für Länder, die weiterhin fossile Energien einsetzen, wenn die Klimaschutzleitplanke von 2 °C eingehalten werden soll. CCS könnte zudem später eine Rolle spielen, um der Atmosphäre aktiv CO_2 zu entziehen. Auch wenn der WBGU einen Pfad ablehnt, der primär auf eine Ausweitung von CCS baut, empfiehlt er eine verstärkte Forschung und Untersuchung der Risiken. Auch sollte Deutschland sich an der Erarbeitung von Standards beteiligen. Der WBGU konzentriert sich in seinen Empfehlungen jedoch auf Entwicklungspfade, die Kernenergie und CCS nur eine geringe Rolle zumessen. Vielmehr empfiehlt er eine Strategie, die primär auf den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien setzt, mit dem perspektivischen Ziel einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien. Eine wichtige Eigenschaft der Transformation der Energiesysteme ist aus Sicht des WBGU der weitgehende Umstieg auf netzgebundene Energieträger am Endenergiemix. Strom und Gas sollten sich als dominierende Endenergieformen durchsetzen. Voraussetzung für das Gelingen der Transformation ist daher der Ausbau transkontinentaler Energieinfrastrukturen (Super-Grids, Gaspipelines und -terminals) und intelligenter Netze.

Der rasche Ausbau erneuerbarer Energien eröffnet Möglichkeiten Klimaschutzziele zu erreichen, ohne der Gesellschaft hohe Risiken in Form der ungelösten Endlagerproblematik oder des Proliferationsrisikos von Nuklearmaterial aufzuerlegen. Allerdings ist insbesondere die Ausweitung von Bioenergie auch mit erheblichen Risiken für verschiedene Dimensionen der Nachhaltigkeit verbunden (Kasten 4.1-4). Durch den internationalen Handel mit Agrargütern entstehen unübersichtliche Wirkungsketten, die z. B. Entwaldung vorantreiben und zu steigenden Lebensmittelpreisen führen. Nur die Schaffung eines internationalen Regelungsrahmens kann die Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Bioenergie gewährleisten (WBGU, 2009a). Bevor ein solcher nicht etabliert ist, sollte der Ausbau der Bioenergie daher nur sehr vorsichtig vorangetrieben werden.

Die Analyse zeigt weiterhin, dass die globale Endenergienachfrage bis 2050 nicht auf mehr als 400–500 EJ pro Jahr steigen sollte, wenn die Transformation gelingen soll; die globale Endenergienachfrage liegt derzeit bei ca. 350 EJ pro Jahr. Ohne zusätzliche politische Maßnahmen könnte sich die Endenergienachfrage mehr als verdoppeln. Die Begrenzung der Endenergienachfrage ist daher insbesondere in Industrieländern eine große Herausforderung und entsprechende Strategien sind von hoher Bedeutung. Dies ist ein wesentlicher Grund für die Einschätzung des WBGU, dass alle Bedürfnisfelder (Kap. 4.5) der Menschen von der Transformation berührt werden. Da sich die CO_2-Emissionen in der Atmosphäre akkumulieren, verschafft eine geringere Energienachfrage im gegenwärtigen, emissionsintensiven Energiesystem größere Spielräume bei den zukünftig erforderlichen Emissionsminderungsraten. Eine stärkere Begrenzung der Energienachfrage erlaubt so automatisch auch eine größere Freiheit in Bezug auf die Auswahl von Technologien der Energieerzeugung.

Aufgrund der nachholenden Entwicklung, der rasch fortschreitenden Urbanisierung und des Bevölkerungswachstums findet der überwiegende Teil der Nachfragesteigerung derzeit in den Entwicklungs- und Schwellenländern statt (IEA, 2010a). Es geht bei der Transformation also nicht nur darum, bestehende Energiesysteme zu transformieren, sondern auch darum, die ohnehin notwendigen Investitionen in den Ausbau der Energieinfrastruktur von vornherein in nachhaltige Bahnen zu lenken.

Im Kostenvergleich der Energieerzeugung erscheinen viele klimaverträgliche Technologien noch im Nachteil. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass die negativen Externalitäten aus der fossilen und nuklearen Energieerzeugung nicht als Kosten in Erscheinung treten. Um die Transformation und den Umstieg auf emissionsarme Energiesysteme zu befördern, müssen daher von Seiten der Politik die Klima- und Umweltwirkungen der Energieerzeugung für den Markt sichtbar gemacht werden, etwa in Form eines CO_2-Preises oder in einer Begrenzung der zulässigen Emissionen unter Einführung handelbarer Emissionszertifikate. Nur wenn die Nutzung klimaschädlicher Technologien

wirtschaftlich unattraktiv ist kann die Transformation gelingen. Gleichzeitig befinden sich viele zukunftsfähige Technologien noch in einem Stadium, das hohe Kostenreduktionen durch Lerneffekte erwarten lässt. Erneuerbare Energien sind darüber hinaus (ähnlich wie Kernenergie) mit vergleichsweise hohen Anfangskosten verbunden, die sich erst über einen längeren Zeitraum amortisieren. Der WBGU hält aus diesen Gründen eine technologiespezifische Förderung erneuerbarer Energien für einen begrenzten Zeitraum für wichtig, um die Transformation zu ermöglichen. Auch in Schwellen- und Entwicklungsländern sind die hier genannten Instrumente zur Steuerung der Transformation von hoher Bedeutung. Dies impliziert jedoch noch nicht, dass die Kosten der Transformation von diesen Ländern allein getragen werden müssten; hier sind vielmehr eine verstärkte internationale Kooperation und damit einhergehende Unterstützungsleistungen der Industrieländer von gegenseitigem Interesse.

Neben der Dekarbonisierung ist das zweite Ziel eines Umbaus der Energiesysteme, die Energiearmut zu überwinden und allen Menschen bis 2030 Zugang zu moderner, sauberer und sicherer Energie in Form von Elektrizität oder gasförmigen Energieträgern zu verschaffen (WBGU, 2003). Entwicklungs- und Schwellenländer brauchen hierfür vor allem Unterstützung beim Überspringen technologischer Entwicklungsstufen, sowohl für die Beseitigung der Energiearmut als auch generell für den Aufbau nachhaltiger Energieinfrastruktur. Gelingt dies nicht, drohen Pfadabhängigkeiten in emissionsintensive fossil basierte Energiesysteme, die über Jahrzehnte nur schwer und kostenintensiv zu überwinden wären. Zudem ist der Zugang zu Energiedienstleistungen eine Voraussetzung, um die meisten der Millenniumsentwicklungsziele erreichen zu können. Die globale Begrenzung der Endenergienachfrage hält der WBGU für vereinbar mit dem Ziel der Überwindung der Energiearmut. Wenn weltweit Effizienzpotenziale genutzt werden und die bestehende Fokussierung auf die zur Verfügung stehende Energiemenge durch das Ziel abgelöst wird, bestimmte Energiedienstleistungen zur Verfügung zu stellen, kann die Energienachfrage in Regionen mit derzeit hoher Energienutzung ohne Komfortverlust sinken und so steigende Energienachfrage in derzeit energiearmen Regionen kompensieren.

Ein Entwicklungspfad, wie er vom WBGU skizziert wird, ist mit den gegenwärtig vorherrschenden Finanzierungsmustern von Energieinfrastruktur kaum zu erreichen. Etwa besteht für gegenwärtige Energieanbieter kein inhärenter Anreiz, Verbesserungen der Energieeffizienz anzustreben. Ihr Umsatz wächst mit steigendem Energieverbrauch. Neue Ansätze, wie etwa Energiedienstleistungsgesellschaften (ESCO), machen im Gegensatz dazu das Erschließen von Effizienzpotenzialen zu zentralen Elementen ihres Geschäftsmodells. Ähnliche Anreize zur Ausnutzung von Effizienzpotenzialen bieten Geschäftsmodelle wie das Car Sharing, bei denen anstelle des Verkaufs eines Konsum- oder Gebrauchsgutes eine Energiedienstleistung angeboten wird.

Weitere wichtige Ansätze zur Förderung privater Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind Finanzierungsmechanismen, die die Investitionsrisiken absenken und die Rendite transformativer Investitionen erhöhen. Dazu gehören beispielsweise staatliche Kreditprogramme mit besonders langen Laufzeiten und geringen Zinssätzen sowie staatliche Kreditgarantien – gebündelt in sogenannten nationalen Green Investment Banks, die Schaffung von Risiko- und Beteiligungskapitalfonds unter staatlicher Beteiligung und die Förderung von genossenschaftlichen Finanzierungsmodellen sowie Mikrofinanzierung.

Städte als Zentren der Energienachfrage sind Brennpunkte, an denen die Teilaspekte der Transformation effektiv zusammenwirken müssen. Sie sind die Orte der Innovation und Investition in neue Infrastruktur und (gemeinsam mit dem privaten Sektor) und werden zunehmend zu eigenen Akteuren im Rahmen der Multi-level Governance (Corfee-Morlot et al., 2009), die durch ihre Größe eigene Skalen- und Agglomerationseffekte erzielen können. Durch räumliche Integration urbaner Funktionen lässt sich der Verkehr reduzieren und gleichzeitig hohe Lebensqualität für Bewohner erreichen. Auch die Integration der Energieinfrastruktur (Kraft-Wärme-Kopplung, Heiz- und Kühlsysteme, intelligente Netze, Elektromobilität usw.) kann erheblich von der räumlichen Dichte profitieren.

Etwa ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen stammen aus direkten Emissionen der Landwirtschaft sowie aus Landnutzungsänderungen. Diese Emissionen lassen sich zwar erheblich mindern, aber die Landnutzungssysteme können zumindest in diesem Jahrhundert nicht emissionsfrei werden, schon allein wegen des aus der Stickstoffdüngung resultierenden Lachgases. Da ohne einen wesentlichen Beitrag der Landnutzung die Klimastabilisierung nicht gelingen kann, sollten alle verfügbaren Minderungsoptionen genutzt werden. Die Emissionsminderung sollte zu einem weiteren Kernbestandteil neuer Strategien eines globalen, integrierten Landnutzungsmanagements werden. Die wichtigsten Ansatzpunkte dafür sind der Stopp der Entwaldung und der Übergang zur nachhaltigen Waldwirtschaft sowie die Förderung von klimaverträglicher Landwirtschaft und Ernährung.

Gestaltung der Transformation 5

5.1 Einleitung: Neue Problemlagen, neue Staatlichkeit!

Im Gegensatz zu den in Kapitel 3 beschriebenen Zivilisationssprüngen kann die anstehende Transformation kaum gradualistisch und sukzessiv vonstatten gehen. Sie muss vielmehr binnen kürzester Zeit aktiv und weltweit synchron vorangetrieben werden. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft muss Industrie-, Schwellen- und ebenso arme und ärmste Entwicklungsländer umfassen, wenn man gefährlichen Klimawandel und den Verlust natürlicher Lebensgrundlagen noch abwenden will. Dazu muss ein neues Niveau von Staatlichkeit und ein in der bisherigen Staatenordnung nicht gekanntes Niveau internationaler Kooperation erreicht werden.

Haben wir in Kapitel 4 die technische und ökonomische Machbarkeit der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft dargelegt, beleuchtet der WBGU in diesem Kapitel die Möglichkeiten und Grenzen politischer Gestaltung. In den betrachteten Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung stellt sich die globale Herausforderung für politische Gestaltung unterschiedlich dar:

1. Für den Umbau des Energiesystems ist die Verfügbarkeit des relativ preiswerten, aber CO_2-intensivsten fossilen Energieträgers Kohle ein großes Hemmnis (Kap. 4.1.2). Da Kohle in vielen Ländern vorkommt, ist sie der heimische Energieträger Nummer eins. Länder mit den größten Kohlevorkommen sind die USA, Russland, China, Australien, Indien und Indonesien (IEA, 2010c; Heinberg und Fridley, 2010). Fortgesetzte intensive Nutzung der Kohle rund um den Globus konterkariert jede Politik zum Umbau der Energiesysteme.
2. Schon heute leben 50% der Weltbevölkerung in Städten und es zeichnet sich ein dynamischer, ungesteuerter Verstädterungsprozess, insbesondere in den Schwellen- und Entwicklungsländern ab. Derzeit werden weltweit drei Viertel der Endenergie in Städten nachgefragt und der gleiche Anteil der Treibhausgasemissionen dort verursacht (Kap. 1.2.4). Städte sind daher entscheidende Orte der Transformation (Kap. 4). Wird die Urbanisierung weltweit nicht viel stärker als bisher aus der Perspektive der Transformation gestaltet, können vor allem städtische Wachstumsprozesse Blockaden auf dem Weg in eine klimaverträgliche Gesellschaft bilden.
3. Die Nachfrage nach Forst- und Agrargütern sowie die Bedeutung von Ökosystemleistungen werden zukünftig erheblich ansteigen. Gleichzeitig verringern Klimawandel und Bodendegradation die Anbauflächen bzw. Produktivität. Somit werden Landnutzungskonkurrenzen zunehmend zu einem globalen Konfliktfeld (Kap. 1.2.5; WBGU, 2008, 2009a). Es besteht weitgehend Einigkeit über die Größe der Herausforderungen und den Reform- sowie Entwicklungsbedarf. Dem steht als Hemmnis gegenüber, dass es noch keinen breiten wissenschaftlichen oder politischen Konsens darüber gibt, welche Strategien für eine nachhaltige Gestaltung der globalen Landnutzung am besten geeignet sind.

Woran mangelt es also exemplarisch in diesen drei Hauptproblemfeldern? Die Größenordnung und Geschwindigkeit der eingeleiteten Transformationsprozesse sind weit davon entfernt, den skizzierten Herausforderungen gerecht zu werden. Ein „langsames Bohren dicker Bretter“ (Max Weber) ist in der Klimapolitik kein gangbarer Weg, wenn die globale Erwärmung noch bei maximal 2 °C gestoppt werden soll. Es muss also darum gehen, die Politikprozesse auf nationaler, europäischer und globaler Ebene erheblich zu beschleunigen und aktiv voranzutreiben.

Man muss freilich die Illusion vermeiden, ein Regimewechsel von globaler Reichweite könne rein technokratisch gestaltet und effektiv von oben gesteuert werden. Transformationen der beschriebenen Art sind in einzelnen Aspekten, aber nicht insgesamt direkt steuerbar (Kap. 3). Aktive politische Steuerung ist auch nicht zwingend eine Garantie für erfolgreiche Transformation. Vielmehr kommt es darauf an, dem ablaufen-

den Transformationsprozess durch entsprechende Rahmensetzung eine bestimmte Richtung zu geben und die entscheidenden Weichen für den Strukturwandel zu stellen (Kap. 3). Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist ein komplexer Prozess, der durch Unsicherheit gekennzeichnet bleiben wird. Wir kennen die Schadensanzeigen und Schadenserwartungen, aber niemand kann wissen, wie eine klimaverträgliche Ordnung im Einzelnen aussehen wird und vor allem, wie politisch in einer Weise verfahren werden kann, die sich als effizient und im globalen Maßstab als legitim erweisen wird. Wer die Transformation gestalten will, betreibt Politik in der „Mehrebenenarchitektur" der Global Governance, da die anstehenden Veränderungen sämtliche politische Handlungsebenen betreffen, von der lokalen über die nationale bis zur globalen Ebene, und eine Vielzahl staatlicher, zivilgesellschaftlicher und privatwirtschaftlicher Akteure mit unterschiedlichen Interessen, Überzeugungen und Ressourcen daran beteiligt ist (Messner, 1998). Hier geht es gleichermaßen um die Neuordnung der Märkte und die Umgestaltung institutioneller Ordnungen wie um „harte" technologische Innovationen und „weichen" soziokulturellen Mentalitätswandel. Ein solcher Transformationsprozess wird schließlich gegen zahlreiche Blockademechanismen und Beharrungskräfte durchgesetzt werden müssen. Politische Gestaltung in Richtung klimaverträgliche Gesellschaft ist daher ein höchst anspruchsvolles, langfristiges und übergreifendes Ziel.

In den folgenden Unterkapiteln beleuchtet der WBGU die Möglichkeiten und Grenzen politischer Gestaltung, identifiziert Hindernisse für den Transformationsprozess und zeigt Lösungswege auf. Kapitel 5 konzentriert sich dabei auf staatliche subnationale, nationale und internationale Maßnahmen und Akteure, während Kapitel 6 vor allem zivilgesellschaftliche Akteure wie Unternehmen, Konsumenten und Bürger im Blick hat. In Kapitel 5 werden zunächst die strukturellen Faktoren, die den Wandel behindern, diskutiert und dann gefragt, wie politische Blockaden in demokratischen Systemen und auf internationaler Ebene mit einer verbesserten Staatlichkeit überwunden werden können. Außerdem werden Notwendigkeiten und Probleme der Beschleunigung politischer Verfahren vor dem Hintergrund fehlender Langfristorientierung erörtert und die Legitimationsgrundlagen einer Politik der globalen Transformation diskutiert. Schließlich werden in dem Kapitel die derzeitigen Governance-Strukturen in den drei Transformationsfeldern bewertet. Vornehmlich geht der WBGU hier also auf die veränderte Rolle des Staates im Transformationsprozess ein; die Herkulesaufgabe der globalen Transformation erfordert neue normative Grundlagen, verbesserte Instrumente und ungewöhnliche Lösungswege auf allen Governance-Ebenen.

5.2 Politische Instrumente zur Steuerung der Transformation

Bei der Steuerung der Transformation geht es darum, verschiedene Formen des Marktversagens (z.B. positive und negative externe Effekte, öffentliche Güter, Informationsasymmetrien, Markteintrittsbarrieren und natürliche Monopole) zu korrigieren. Der WBGU geht davon aus, dass das politische Instrumentarium zur Behebung des vorliegenden Marktversagens und zur Steuerung der Transformation grundsätzlich bekannt und verfügbar ist, denn die in den hier betrachteten Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung notwendigen politischen Instrumente, wie Ge- und Verbote, Steuern, Zertifikatehandel, Marktregulierungen oder Raum- und Stadtplanung werden auch in anderen Transformationsstudien empfohlen.

Für eine transformative Wirkung auf der Produktions- und Konsumseite ist der gleichzeitige Einsatz verschiedener Instrumente im Rahmen eines Policy-Mix notwendig, so dass systemische und grundlegende Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft angestoßen werden. Der WBGU empfiehlt, die Transformationspolitik so auszugestalten, dass systemische Strukturveränderungen eingeleitet und Pfadabhängigkeiten vermieden sowie bestehende hinderliche Strukturen aufgebrochen werden. Dies erfordert, heute langfristige Weichenstellungen im globalen Maßstab zu ergreifen und eine breite Legitimation für diese Vorhaben zu erreichen (Kap. 3.4, 5.4). Da ein erheblicher Zeitdruck für die Transformation besteht, sollte der Policy-Mix Instrumente beinhalten, die schnell eingeführt werden und binnen kurzer Zeit Wirkung entfalten können. Gleichzeitig bedarf es politischer Instrumente, die Anreize für mittel- bis langfristige transformative Veränderungen geben sowie soziale und technologische Innovationen begünstigen.

In diesem Kapitel werden zunächst Handlungsempfehlungen aus ausgewählten Transformationsstudien mit jeweils unterschiedlichem Fokus vorgestellt, um zu zeigen, dass das politische Instrumentarium für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft grundsätzlich bekannt ist. Anschließend wird daraus ein Policy-Mix abgeleitet, dessen Elemente der WBGU für die Transformationsfelder Energie, Urbanisierung und Landnutzung für notwendig und angemessen hält.

5.2.1 Handlungsempfehlungen aus ausgewählten Transformationsstudien

Verschiedene Studien zur Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft hin zu einer klimaverträglichen Wirtschafts- und Lebensweise enthalten Empfehlungen, wie der in den Kapiteln 3 und 4 skizzierte Transformationsprozess eingeleitet und unterstützt werden kann. Die hier berücksichtigten Transformationsstudien lassen sich grob in vier Gruppen unterteilen: So gibt es viele Studien zum Umbau der Energiesysteme mit dem primären Ziel der Dekarbonisierung der Wirtschaft, die eine pragmatische und eher funktionalistische Sichtweise auf die damit verbundenen Steuerungsprozesse aufweisen (Gruppe 1). Andere Studien stellen die Vereinbarkeit von Wirtschaftswachstum und Dekarbonisierung (green growth) in den Vordergrund und betonen die potenziellen Gewinne aus einer Transformation (Gruppe 2; Kasten 5.2-1). Im Gegensatz dazu gehen wieder andere Studien davon aus, dass eine Transformation nur mit einem neuen Wirtschafts- und Wachstumsparadigma zu bewältigen ist, weshalb Anregungen für eine Neuausrichtung des vorherrschenden Wirtschaftssystems gegeben werden (Gruppe 3; Kasten 5.2-1). Der vierte Typus beschäftigt sich vor allem mit der politischen Steuerung der Transformation unter Einbeziehung aller gesellschaftlichen Gruppen (Gruppe 4).

Studien der Gruppe 1 zur Dekarbonisierung der Wirtschaft sehen im Umbau des Energiesystems einen zentralen Hebel zur Erreichung signifikanter Emissionsminderungen (WBGU, 2003; Stern, 2008; Jochem et al., 2008; McKinsey, 2009; UKERC, 2009; Ziesing, 2009; Edenhofer et al., 2009a; Knopf et al., 2010; GMF und Ecologic, 2010). Sie fokussieren auf politische Maßnahmen in den Bereichen Klima-, Energie- und Innovationspolitik. Die meisten dieser Studien empfehlen marktbasierte Instrumente wie Steuern, Subventionen, Einspeisevergütungen oder Emissionshandel zur Beschleunigung der Entwicklung und Verbreitung emissionsarmer Technologien. Außerdem werden Effizienzstandards in der Industrie, bei Gebäuden und Fahrzeugen genannt. Zusätzlich sollte die Technologieförderung sowohl die direkte Unterstützung von Forschung und Entwicklung (F&E) als auch eine gezielte Investitionsförderung umfassen. Für die internationale Verbreitung des Energiesystemumbaus wird in diesen Studien die Notwendigkeit eines verstärkten Technologie- und Finanztransfers in Entwicklungs- und Schwellenländer betont.

Studien der Gruppe 2 zu „grünem" Wirtschaftswachstum (green growth) empfehlen einen ähnlichen Policy-Mix mit Anreizinstrumenten und Geboten wie die Studien der Gruppe 1 (UN DESA, 2009a; PBL, 2009a; UNEP, 2009; UNCTAD, 2010a; OECD, 2010a). Allerdings berücksichtigen diese Studien zusätzliche Problemlagen wie die Weltfinanzmarkt- und Weltwirtschaftskrise (2007–2009) oder die Energie- und Ernährungskrise des Jahres 2008. Dementsprechend stammen die empfohlenen Maßnahmen aus einem breiten Portfolio an Politikbereichen. Neben Klima- und Energiepolitik umfassen sie auch Wirtschafts-, Handels-, Arbeitsmarkt-, Sozial- und Entwicklungspolitik sowie Landwirtschaftspolitik in Entwicklungs- und Schwellenländern. In diesen Studien wird meist ein Strukturwandel beschrieben, der im Zuge der Dekarbonisierung der Energiesysteme neue Arbeitsplätze schafft, neue Sektoren erstarken lässt und soziale Ungleichheiten verringert. Unter der Prämisse eines weiteren Wachstums der Weltwirtschaft sollen Ressourcenverbrauch und CO_2-Emissionen durch Effizienzverbesserungen in Produktion und Konsum vom Wirtschaftswachstum abgekoppelt werden.

Dem stehen die Studien der Gruppe 3 gegenüber, die von einem nicht auflösbaren Konflikt zwischen Wirtschaftswachstum und Dekarbonisierung ausgehen (Adler und Schachtschneider, 2010; Brot für die Welt et al., 2008; Jackson, 2009; NEF, 2009; Raskin et al., 2002; Rosen et al., 2010; Ulvila und Pasanen, 2009). Diese Studien sprechen sich für den Übergang zu einer neuen Wirtschaftsweise aus, welche sich innerhalb klarer ökologischer Grenzen bewegt und auf soziale Gerechtigkeit und Umweltverträglichkeit ausgerichtet ist. Empfohlen wird vor allem staatliche Informations- und Kommunikationspolitik, die einen Wertewandel zu mehr Genügsamkeit, Solidarität, stärkerer Umweltsensibilität und mehr gesellschaftlicher Partizipation einleitet (Kap. 2, 6). Steuerung durch staatliche Politik muss nach Ansicht der Autoren durch Partizipation und gesellschaftliche Debatten legitimiert werden. Staatliche Steuerung sollte soziale Umverteilung, Demokratisierung von Entscheidungsprozessen, Abkehr von der bestehenden Konsumkultur sowie die Einführung neuer Wohlfahrtsmaße und Narrative „guten Lebens" umfassen. Die unterschiedlichen Empfehlungen der Studien der Gruppen 2 und 3 bezüglich der Transformation zu einer klimaverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft haben ihre Wurzeln in der seit langem kontrovers geführten wissenschaftlichen und politischen Debatte, ob unbegrenztes Wirtschaftswachstum innerhalb der Leitplanken möglich sei und bei der Lösung sozialer sowie ökologischer Probleme unabdingbar ist (Kasten 5.2-1).

Schließlich werden in der Gruppe 4, repräsentiert durch eine gemeinsame Studie von Atomium Culture und der Universität Lund, wichtige Faktoren der politischen und gesellschaftlichen Steuerung des Übergangs zu einer klimaverträglichen Gesellschaft aufgezeigt.

Kasten 5.2-1

Die Wachstumsdebatte

Seit der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise der Jahre 2007–2009 wurde im politischen und öffentlichen Diskurs die Wachstumsdebatte (Kap. 2; Studien der Gruppe 2 und 3) neu entfacht. Fokus der Debatte ist das wirtschaftliche Wachstum einer Volkswirtschaft gemessen durch das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Die Politik hat seit dem zweiten Weltkrieg, als die Industrieländer hohe Wachstumsraten aufwiesen, ihre Wirtschaftspolitik auf das Ziel eines wachsenden BIP ausgerichtet. Neben einer generellen Wohlstandssteigerung werden mit einer wachsenden Wirtschaft ausreichend Arbeitsplätze, eine gerechte Verteilung von Wohlstand, stabile Sozialversicherungssysteme und technischer Fortschritt in Verbindung gebracht (Seidl und Zahrnt, 2010).

Die erste Wachstumsdebatte

Die erste Wachstumsdebatte wurde 1972 durch die Studie von Meadows et al. „The Limits to Growth" angestoßen. Im Mittelpunkt stand die begrenzte Verfügbarkeit natürlicher, nicht nachwachsender Ressourcen. Aus ökologischer Sicht wurden damals die herkömmlichen ökonomischen Modelle kritisiert, die nur die Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit berücksichtigten. Die verwendeten ökonomischen Makromodelle betrachteten weder natürliche Ressourcen als Input im Produktionsprozess noch Emissionen oder Abfälle als Output (Daly, 1996; Irmen, 2011). Insofern gab es in den Modellen keine ökologischen Grenzen des volkswirtschaftlichen Wachstums. Doch selbst wenn natürliche Ressourcen als Produktionsfaktor in den herkömmlichen Makromodellen berücksichtigt wurden, konnte das Wachstum in den Modellen aufrecht erhalten werden, da die Produktionsfaktoren gegeneinander substituiert werden konnten und technischer Fortschritt exogen erfolgte (Daly, 1996; Irmen, 2011).

Von verschiedenen Vertretern der ökologischen Ökonomie wurde diese Art der Modellierung immer wieder kritisiert und es wurden alternative Modelle entwickelt. Ausgehend von naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten, insbesondere der Thermodynamik, wurde darauf verwiesen, dass das ökonomische System als Teilsystem des Erdsystems dessen Gesetzmäßigkeiten unterliegt und deshalb nicht unendlich wachsen kann (Georgescu-Roegen, 1971; Kasten 1-2). Beispielhaft steht dafür die „Steady-state-Ökonomie" von Daly (1974; Czech und Daly, 2009). Nach diesem Ansatz sollen der Material- und Energiefluss bzw. Durchsatz (throughput) einer Ökonomie im Einklang mit dem natürlichen System stehen, wobei die Ressourcen nicht übernutzt werden sollen. Unter den Annahmen einer konstante Bevölkerung, eines konstanten Kapitalstocks und eines gleich groß bleibenden Durchsatzes (Energie, Materie) kann theoretisch ein steady state erreicht werden (Daly, 1974; Czech und Daly, 2009). Eine Steady-state-Ökonomie kann im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung qualitativ, jedoch nicht quantitativ wachsen (Daly, 1996).

Hirsch (1977) war zu dieser Zeit der erste Wissenschaftler, der auch auf soziale Grenzen des Wirtschaftswachstums hinwies. Seine Erkenntnisse werden in der neuen Wachstumsdebatte wieder aufgegriffen.

Binswanger hat früh ökologische Grenzen des Wirtschaftens anerkannt und sich gefragt, ob es in Geldökonomien einen „Wachstumszwang" gibt. Nach Binswanger (2006) ergibt sich aus dem System der Geld- und Kreditschöpfung durch die Privatbanken, die sich bei den Zentralbanken verschulden können, sowie durch das vorherrschende System von Kapitalgesellschaften ein „Wachstumszwang". Die Kapitalgesellschaften müssen Gewinne erwirtschaften, um Kredite inklusive der Zinsen zurückzuzahlen sowie Dividenden an die Investoren auszuschütten. In seinem Modell fallen Investition, Produktion und Verkauf zeitlich auseinander, so dass eine Vorfinanzierung von Investitionen notwendig wird. Falls der Wachstumsprozess nicht fortgesetzt werden kann, kommt es zu einem kumulativen Schrumpfungsprozess. Aus seinem Modell leitet Binswanger eine maximale globale Wachstumsrate von 1,8% ab, bei der die Geldökonomie nicht schrumpft, sondern moderat wächst. Irmen (2011) kritisiert das Modell und kommt zu der Schlussfolgerung, dass die geldtheoretische Perspektive kein zwingendes Argument für einen Wachstumszwang in Marktwirtschaften liefert. Ein funktionierendes Kreditwesen ist keine hinreichende Bedingung für Wirtschaftswachstum. Auch Tichy (2009) weist darauf hin, dass Wachstum für kapitalistische Systeme keine Notwendigkeit sei. Victor (2008) hat ein Wachstumssimulationsmodell für Kanada entwickelt, in dem er zeigt, dass Kanadas Wohlstand auch bei einer moderat oder nicht wachsenden Wirtschaft erhalten bleibt und steigen kann.

Die neue Wachstumsdebatte

In der aktuellen Wachstumsdebatte werden kritische Argumente und alternative Ideen von Natur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlern eingebracht, die die Idee des „qualitativen" Wachstums oder „grünen" Wachstums in Frage stellen (Adler und Schachtschneider, 2010; Seidl und Zahrnt, 2010; Martinez-Alier et al., 2010; Studien der Gruppe 3). Die soziale Bewegung „Décroissance" aus Frankreich, die inzwischen auch in anderen europäischen Ländern Anhänger findet, stellt Wirtschaftswachstum und insbesondere die politische Fixierung darauf grundsätzlich in Frage (Latouche, 2010; Martinez-Alier et al., 2010). Vertreter dieser Bewegung sind der Meinung, dass sich die politischen Versprechen des Wirtschaftswachstums, wie mehr Wohlstand und Gerechtigkeit in den letzten Jahren nicht erfüllt haben. Bislang existiert jedoch noch kein Alternativmodell des Wirtschaftens.

Andere Wachstumskritiker gehen davon aus, dass mit weiterem Wirtschaftswachstum und der damit verbundenen steigenden Nachfrage nach Konsumgütern und Dienstleistungen der globale Energie- und Ressourcenverbrauch selbst bei Effizienzverbesserungen weiter steigen wird und nicht auf ein nachhaltiges Maß reduziert werden kann (Jackson, 2009). Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht nur CO_2-Emissionen betrachtet werden, sondern endliche natürliche Ressourcen im Allgemeinen. Eine Abkopplung der ökonomischen Aktivitäten vom natürlichen Ressourcenverbrauch erfordert nicht nur technische Effizienz, sondern auch verbesserte Recyclingsysteme und verändertes Konsumverhalten. Einige Studien (Jackson, 2009; Simms et al., 2010; Adler und Schachtschneider, 2010) gehen deshalb davon aus, dass eine absolute Abkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch nicht möglich ist und auch in Zukunft nicht möglich sein wird. Dafür wird vor allem der Rebound-Effekt verantwortlich gemacht (Kasten 4.3-1).

Die Modell- und Szenarienanalyse in Kapitel 4 hat gezeigt, dass eine Dekarbonisierung mit positivem, wenngleich moderatem, Wirtschaftswachstum zu vereinbaren ist (Kasten 4.2-1). Allerdings müsste nach Jacksons Berechnungen die Kohlenstoffintensität der Wirtschaft im globalen Durchschnitt jährlich um 7% sinken, um die CO_2-Konzentra-

tion in der Atmosphäre auf 450 ppm zu beschränken. Nach seinen Angaben verbesserte sich die globale Kohlenstoffintensität im Durchschnitt seit 1990 jährlich jedoch nur um ca. 0,7%. Das würde bedeuten, dass künftig eine Verzehnfachung der Effizienzsteigerungen erzielt werden müsste, um die 2 °C-Leitplanke einhalten zu können (Jackson, 2009). Allerdings geben andere Autoren den durchschnittlichen Rückgang der Kohlenstoffintensität während der letzten Jahre mit 1,2–1,3% an (Kap. 4.2.1; Canadell et al., 2007; IEA, 2010c), so dass eine Verfünffachung bisheriger Minderungsraten notwendig würde.

Diese Zahlen müssen jedoch mit Vorsicht interpretiert werden: Um die 2 °C –Leitplanke einzuhalten, ist es nicht notwendig oder sinnvoll, dass die Kohlenstoffintensität der Wirtschaft über einen längeren Zeitraum mit einer konstanten, auf das Vorjahr bezogenen prozentualen Rate sinkt, wie dies aus Jackson (2009) gefolgert werden könnte. Dies würde sogar zu sehr unrealistischen Emissionspfaden mit anfangs sehr hohen absoluten Minderungsraten führen. Um etwa den in Kasten 1.1-1 gezeigten Emissionspfaden zu folgen, bei denen in den nächsten Jahren ein Emissionspeak erreicht wird und bis 2050 nicht mehr als 750 Gt CO_2 emittiert werden, wäre bei einem Wirtschaftswachstum von 2–3% ein etwa linearer Rückgang der CO_2-Intensität notwendig. Dieser müsste um die 3–4% jährlich bezogen auf die Gegenwart betragen. Die durchschnittliche Minderungsrate der vergangenen 45 Jahre von ca. 1,2% (Canadell et al., 2007) müsste in den nächsten Jahren also mehr als verdoppelt werden.

Mit einer vergleichbaren Herangehensweise kommt die Internationale Energieagentur (IEA) ebenfalls zu dem Ergebnis, dass eine Verdopplung der durchschnittlichen Minderungsrate der Jahre 1990–2008 im Zeitraum 2008–2020 bzw. eine Vervierfachung dieser Rate im Zeitraum 2020–2035 ausreichen würde, um einen 450-ppm-Pfad erreichen zu können.

Was bedeutet eine Wirtschaft ohne Wachstum?

Grundsätzlich ist eine Marktwirtschaft ohne Wachstum oder mit nur geringfügigem Wachstum vorstellbar, bliebe aus sozialer Sicht jedoch nicht ohne problematische Auswirkungen, die eine entsprechende flankierende Politik erfordern (Tichy, 2009; Victor, 2008). Viele Ökonomen weisen darauf hin, dass selbst bei Stagnation des Bevölkerungswachstums ohne Wirtschaftswachstum Umverteilung nicht mehr aus dem Zuwachs an materiellem Wohlstand erfolgen könne, sondern aus der bestehenden Substanz entnommen werden müsse. Dies würde Verteilungskonflikte und in jedem Fall Verlierer dieser Verteilungskonflikte mit sich bringen. Ein Strukturwandel wie die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft wäre zudem in einer Wirtschaft ohne Wachstum deutlich schwerer zu bewerkstelligen, da in den schrumpfenden Sektoren neben absolutem Lohnverzicht auch strukturelle Arbeitslosigkeit entstünde. Insgesamt bestehen in einer Wirtschaft ohne Wachstum geringere Leistungs-, Investitions- und Innovationsanreize (Schneider, 1991; Tichy, 2009).

Wird theoretisch eine Wirtschaft ohne BIP-Wachstum angestrebt, müssten Investitionen auf reine Ersatzinvestitionen reduziert und Gewinne auf ein Minimum zurückgefahren werden, mit welchem gerade die Ersatzinvestitionen getätigt werden könnten. Infolgedessen würde die Produktionskapazität auf einem bestimmten Niveau stagnieren. Die Konsumnachfrage würde sich an diese stagnierende Produktionskapazität anpassen. Bei gegebenen Produktionskapazitäten und steigender Weltbevölkerung würde der globale Pro-Kopf-Konsum sinken und das globale BIP müsste umverteilt werden. Voraussetzung hierfür wären ein Kulturwandel hin zu Nachfrageverzicht, die Verkürzung der Lebensarbeitszeit in den Industrieländern bei gleichzeitig steigender Eigenleistung sowie die Akzeptanz einer verstärkten nationalen und internationalen Umverteilung (Tichy, 2009).

Die genannten Veränderungen, die mit einer Wirtschaft ohne Wachstum einhergehen würden, sind nicht unerheblich und bedürften der breiten Zustimmung der Bevölkerung. Momentan ist schwer vorstellbar, dass in einer globalisierten Welt eine Verlangsamung des Wachstums oder gar der Verzicht auf Wachstum ohne weiteres von einem einzelnen Staat „beschlossen" werden könnte. Dies würde für ein Land bedeuten, sich größtenteils aus dem internationalen Wettbewerb sowie aus den internationalen Finanz- und Gütermärkten zurückzuziehen. Aus ethischen Gründen kann insbesondere von den Entwicklungs- und Schwellenländern derzeit eine Verlangsamung oder ein Verzicht auf Wachstum nicht gefordert werden. Dies wäre widersprüchlich zum entwicklungspolitischen Ziel der Armutsbekämpfung wie es etwa in den Millenniumentwicklungszielen (MDG; Kap. 1.2) verankert ist. Eine Verlangsamung des Wachstums wäre also grundsätzlich nur für industrialisierte Länder vorstellbar. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Verlangsamung des Wachstums in den Industrieländern aufgrund der vielfältigen Handelsverflechtungen auch deutliche Auswirkungen auf die Wirtschaftstätigkeit in Entwicklungsländern hätte, wie es zuletzt im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise des Jahres 2008 offenbar wurde (ODI, 2008).

Wirtschaftswachstum und die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft

Für die globale Transformation des Energiesystems, der Urbanisierung und der Landnutzungssysteme wird Kapital in Milliardenhöhe benötigt (Kap. 4.5). Wirtschaftswachstum kann damit die nötigen finanziellen Ressourcen und Anreize liefern, um mit Hilfe von technischen Innovationen den CO_2-Ausstoß und die Ressourcennutzung zu reduzieren. So könnten beispielsweise dringend notwendige Investitionen in technische Innovationen (Energie- und Effizienztechnologien, Recyclingsysteme usw.) leichter finanziert werden. Weiterhin könnten durch die Transformation in bestimmten Branchen (z.B. fossile Energien) freigesetzte Arbeitskräfte leichter in andere, neu entstehende Arbeitsplätze in anderen Branchen vermittelt werden. Eine Kompensation der möglichen Verlierer der Dekarbonisierung könnte leichter aus zusätzlichen Staatseinnahmen (z.B. aus Steuern, Emissionshandel) erfolgen.

Wenn es gelingt, die Güter und Dienstleistungen innerhalb einer Volkswirtschaft mit geringem Energie- und Ressourcenverbrauch bereit zu stellen, muss Wirtschaftswachstum nicht grundsätzlich in Konflikt mit einer Dekarbonisierung stehen. So kann mit einem geeigneten Ordnungsrahmen die gewünschte Abkopplung des Ressourcen- und Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum forciert werden. Heute beobachtbare Konsummuster müssten zu einer erhöhten Nachfrage nach weniger ressourcen- und energieintensiven Gütern umgelenkt werden. Gewinnorientierte Unternehmen wären gezwungen, ihre Produktionsweise den neuen Marktgegebenheiten anzupassen. Ob auf diesem Wege eine Abkopplung erreicht werden kann, kann auf Basis bisheriger Erkenntnisse nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden.

Dabei werden die Bedeutung von Information und Kommunikation zwischen Regierung und Bürgern, der Einbeziehung aller Akteure in Veränderungsprozesse (Multi-Level/Multi-Actor Governance), einer ressortübergreifenden, systemorientierten Herangehensweise sowie von Innovationen und Lernprozessen hervorgehoben (Atomium Culture und Lund University, 2009).

Die empfohlenen Handlungsoptionen variieren je nach inhaltlichen Schwerpunkten der Transformationsstudien. Studien der Gruppen 3 und 4 fokussieren vor allem auf die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, die für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ausschlaggebend sind. Hierauf wird in Kapitel 5.4 und insbesondere in Kapitel 6 näher eingegangen. Studien der Gruppen 1 und 2 setzen dagegen auf politische Instrumente wie z.B. die Bepreisung von CO_2 sowie weitere Maßnahmen zur Umsetzung und Beschleunigung einer Transformation. Aus Sicht des WBGU sind sowohl der Einsatz politischer Steuerungsinstrumente als auch die Schaffung neuer politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen für die Transformation unabdingbar. Im Folgenden wird zunächst der vom WBGU empfohlene Mix an Steuerungsinstrumenten vorgestellt, um verschiedene Formen von Marktversagen zu beheben und die Transformation zu beschleunigen.

5.2.2 CO_2-Bepreisung als notwendige politische Maßnahme für die Transformation

Wie in den Studien der Gruppen 1 und 2 dargelegt, ist die Bepreisung von CO_2 eine notwendige Voraussetzung für die Transformation zu einer klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft (Kap. 5.2.1). Durch die Einführung eines Preises für negative externe Effekte wie CO_2-Emissionen werden deren gesellschaftliche Kosten internalisiert und damit Verhaltensänderungen bei den Marktakteuren hervorgerufen. Grundsätzlich kann ein CO_2-Preis über eine CO_2-Steuer oder eine Emissionsmengenbegrenzung mit Handel von Emissionszertifikaten (cap and trade) eingeführt werden (Kasten 5.2-2). Beides sind marktbasierte Instrumente und sie können im Vergleich zu ordnungsrechtlichen Instrumenten die angestrebten Emissionsminderungen kosteneffizienter erreichen.

Durch eine Bepreisung von CO_2 können Produktions-, Konsum- und Investitionsentscheidungen systematisch in Richtung Klimaverträglichkeit gelenkt und die Dekarbonisierung der Energiesysteme sowie eine klimaverträgliche Urbanisierung und Landnutzung beschleunigt werden. Zum einen erhöht eine CO_2-Bepreisung auf der Angebotsseite die Anreize für den Ausbau erneuerbarer Energien und die Nutzung emissionsarmer Produktionstechnologien. Ein entsprechend hoher CO_2-Preis ist darüber hinaus Voraussetzung für die Rentabilität vieler Investitionen in emissionsarme Technologien (Garz et al., 2009; Kap. 4.5). Er beschleunigt beispielsweise die Substitution fossiler durch erneuerbare Energieträger, was in einer dynamischen Perspektive im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Energien, auch im Zuge der Urbanisierung, zu Lerneffekten und Kostensenkungen führt.

Zum anderen werden dadurch Veränderungen auf der Nachfrageseite bewirkt. So führt ein hoher CO_2-Preis zum Anstieg der Energie- und Produktpreise, so dass der Energiekonsum und der Konsum CO_2-intensiv produzierter Güter reduziert werden. Dadurch wird die verstärkte Nutzung von (Energie-)Effizienzpotenzialen angeregt (Fischer und Newell, 2008). Je höher der CO_2-Preis, desto stärker ist der Anreiz für Energieeffizienzinvestitionen und andere Maßnahmen zur Reduktion des Energiekonsums. Ein langfristig ausgerichtetes CO_2-Preissignal verschafft Investoren und Konsumenten außerdem Planungssicherheit und verhindert Lock-in-Effekte bei langfristigen Investitions- und Konsumentscheidungen. Je mehr Länder sich für eine Bepreisung von CO_2 entscheiden, desto umfassender und effizienter kann diese Maßnahme wirken. Für eine hohe Wirksamkeit der CO_2-Bepreisung sollten außerdem die in vielen Ländern noch existierenden Subventionen für fossile Energieträger schnellstmöglich auslaufen (Kap. 4.5).

Die Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen sollten getrennt von den Emissionen aus fossilen Quellen behandelt werden. Die mit der terrestrischen Biosphäre verbundene CO_2-Dynamik unterscheidet sich in vielen grundlegenden Aspekten – etwa Messbarkeit, Reversibilität, langfristige Kontrollierbarkeit, zwischenjährliche Schwankungen – erheblich von den CO_2-Flüssen in Verbindung mit der industriellen Nutzung von Kohle, Erdöl oder Erdgas (WBGU, 2009b). Es ist daher angemessen, für diesen Sektor spezielle Instrumente und Maßnahmen auszugestalten und nicht mit Lösungen für fossile Quellen zu verknüpfen.

In Abwägung der Vor- und Nachteile von Preis- und Mengenlösungen spricht sich der WBGU für eine Mengenlösung aus, d.h. eine Mengenbegrenzung der Emissionen aus fossilen Quellen bei gleichzeitiger Handelbarkeit von Emissionsrechten. Dabei ist die Schaffung eines möglichst globalen CO_2-Zertifikatehandels auf Unternehmensebene zu empfehlen, um ein breit wirkendes, einheitliches Preissignal für die Transformation zu erzeugen. Der WBGU schlägt vor, sich in drei Schritten auf einen globalen CO_2-Zertifikatehandel zuzubewegen: durch eine Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels, Verknüpfung (linking) von existie-

Kasten 5.2-2

CO_2-Steuer versus CO_2-Zertifikatehandel

Grundsätzlich können externe Effekte, die zu Marktversagen führen, mit einer Preislösung (Steuern, Subventionen) oder Mengenlösung (Zertifikate) internalisiert werden. Für eine ausführliche Diskussion zur Wahl zwischen Preis- oder Mengenlösungen siehe Weitzman (1974). Bei vollständiger Kenntnis der Schäden durch Emissionen einerseits sowie der Kosten für Emissionsvermeidung andererseits sind eine CO_2-Steuer und ein CO_2-Zertifikatehandel im theoretischen Modell äquivalent. Statisch lässt sich eine wohlfahrtsmaximierende zulässige Emissionsmenge beziehungsweise ein Preis, der zu dieser Menge führt, identifizieren. Jedoch ist im Klimabereich aufgrund bestehender Unsicherheiten eine genaue Abschätzung der Schadenskosten und der Vermeidungskosten weder statisch noch dynamisch zu leisten.

Die Preislösung – in Form von Emissions- bzw. CO_2-Steuern – gibt Unternehmen und Verbrauchern Gewissheit über die Kosten, die beispielsweise für eine Tonne CO_2-Emissionen anfallen. Allerdings kann die gewünschte Emissionsminderung nur in einem Trial-and-error-Prozess unter Anpassung der CO_2-Steuer erreicht werden. Mit anderen Worten, die ökologische Zielgenauigkeit ist mit diesem Instrument nicht ohne weiteres gegeben. Dies gilt selbst bei eher hohen Steuersätzen (Sinn, 2008; Edenhofer und Kalkuhl, 2009). Daher ist von einer Mengensteuerung eine höhere Effektivität in Bezug auf das Ziel der Emissionsminderung zu erwarten.

Folgt man dem in Kapitel 1 skizzierten Leitplankenkonzept, welches einen noch akzeptablen Rahmen für menschliche Eingriffe in die Natur definiert, erscheint eine Mengenbegrenzung im Sinne eines globalen CO_2-Budgets als die sinnvollere Strategie (Kasten 1.1-1; WBGU 2009b). Als Nachteil kann sich erweisen, dass die Preisentwicklung für Emissionszertifikate nicht vorhersehbar ist, so dass für die Marktakteure schwer kalkulierbare Kosten entstehen könnten.

Als globales Instrument ist der CO_2-Zertifikatehandel im Vergleich zu einer Steuerlösung vorteilhaft, weil „nur" ein Marktplatz für den Handel eingerichtet werden muss und keine globale Steuerbehörde, die die Steuer einnimmt und wieder rückverteilt. Ein weiterer politischer Vorteil des Emissionshandels ist die Möglichkeit, Emissionsrechte auf Basis eines politisch verhandelten Verteilungsschlüssels aufzuteilen (WBGU, 2009b). So kann etwa das in der Klimarahmenkonvention von 1992 verankerte Prinzip der „gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten" konkret umgesetzt werden – unter Beibehaltung der Vorteile klarer Emissionsbegrenzungen bei gleichzeitiger Kosteneffizienz. Über handelbare Eigentumsrechte am insgesamt zur Verfügung stehenden Emissionsbudget könnten Finanztransfers aus Sicht des WBGU auf diese Weise sehr viel zuverlässiger generiert werden (WBGU, 2009b). Diese ergäben sich indirekt: Unter Beibehaltung der Vorteile eines einheitlichen Kohlendioxidpreises in allen beteiligten Ländern könnten Auktionserlöse der Zertifikate an die Staaten proportional zu ihrem Anteil am globalen Emissionsbudget fließen.

renden nationalen Emissionshandelssystemen sowie staatenübergreifende Vereinbarungen zu Emissionsbeschränkungen in Hochemissionsländern (Kap. 7.3.2). In denjenigen Ländern, in denen die erforderlichen Verwaltungsstrukturen und Institutionen, wie Rechtssicherheit, nicht gegeben sind, kann sich eine nationale CO_2-Besteuerung als das geeignetere Instrument erweisen (Goldblatt, 2010; OECD, 2009a).

Letztlich kann ein CO_2-Zertifikatehandel nur mit einer sehr strikten Mengenbegrenzung einen ausreichend hohen CO_2-Preis sowie langfristige Erwartungssicherheit garantieren und somit eine transformative Wirkung entfalten. Wo dies nicht gegeben ist, stellt eine CO_2-Besteuerung in entsprechender Höhe ein alternatives Instrument für eine effektive transformative Steuerung dar. Zur Orientierung geht der WBGU davon aus, dass ein CO_2-Preis in Europa und den OECD-Ländern im Jahr 2020 mindestens bei 40–50 US-$ pro t CO_2 und im Jahr 2050 mindestens bei 110–130 US-$ pro t CO_2 liegen müsste, um die 2 °C-Leitplanke einzuhalten (Kap. 4.2, 7.3.9; IEA, 2010c). In Entwicklungs- und Schwellenländern müsste der CO_2-Preis für eine Stabilisierung bei 450 ppm CO_2eq gemäß Schätzungen der IEA bis 2030 ca. 60 US-$ pro t CO_2 und Mitte des Jahrhunderts mindestens 100 US-$ pro t CO_2 erreichen. Dies lässt sich aus Modellrechnungen der IEA (2010c) sowie aus den Szenarien in Kap. 4.2.4 schließen, dürfte jedoch allenfalls eine untere Grenze der notwendigen Höhe markieren.

Eine international unkoordinierte CO_2-Bepreisung birgt die Gefahr der Wettbewerbsverzerrung im internationalen Handel und über eine Verlagerung der Produktion die Gefahr des Carbon Leakage (Kasten 5.2-3). Beide Probleme sind im Zusammenhang der Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandels intensiv diskutiert worden. Eine Lösung für die genannten Probleme können Grenzausgleichsmaßnahmen (z. B. Grenzausgleichsteuern auf Importgüter) sein. Solche Maßnahmen sollen das Freifahrerverhalten einzelner Staaten verringern, Wettbewerbsverzerrungen durch höhere Kosten infolge der CO_2-Bepreisung reduzieren und die Anreize für kooperatives Verhalten erhöhen (Edenhofer et al., 2009a, b; Kasten 5.2-3). Grenzausgleichsmaßnahmen sind jedoch nur eingeschränkt wirksam und haben ein hohes Potenzial, Handelskonflikte auszulösen. Sie stellen daher höchstens eine Begleitmaßnahme, nicht jedoch ein eigenständiges Instrument innerhalb eines Policy-Mix zur Transformation dar. Bestenfalls sollten sehr moderate Grenzausgleichsabgaben zur Verringerung der Wettbewerbsnachteile energieintensiver Unternehmen eingeführt werden (Kap. 7.3.2).

Kasten 5.2-3

Wettbewerbsverzerrungen, Carbon Leakage und Grenzausgleichsmaßnahmen

Wettbewerb und Carbon Leakage

Solange kein globaler CO_2-Preis existiert und nicht alle Länder klimapolitische Maßnahmen eingeführt haben, kann unilaterale Klimaschutzpolitik eines Landes Wettbewerbsnachteile für international tätige Unternehmen in diesem Land zur Folge haben. Dies betrifft insbesondere Unternehmen aus Sektoren, die energieintensiv sind und in starkem internationalem Wettbewerb stehen, wie z.B. die Produktion von Zement, Kalk, Düngemittel/Stickstoff, Eisen/Stahl, Aluminium, Papier und Chemie. Dadurch kann das Problem des Carbon Leakage auftreten, welches drei verschiedene Aspekte umfasst: Erstens bezieht es sich auf mögliche Standortverlagerungen von Unternehmen, denen aufgrund der Klimapolitik ein Wettbewerbsnachteil in Form höherer Produktionskosten erwächst. Durch die Standortverlagerung in ein Land ohne Klimapolitik bleiben die globalen CO_2-Emissionen jedoch unverändert hoch. Zweitens kann es zu einer Substitution von Produkten aus Ländern mit Klimapolitik durch Produkte aus Ländern ohne Klimapolitik kommen, welche mit ineffizienteren Produktionstechnologien hergestellt werden und dadurch zu einem Anstieg der globalen CO_2-Emissionen führen. Drittens kann ein Anstieg der globalen CO_2-Emissionen eintreten, wenn im Zuge der Klimapolitik in Industrieländern die Nachfrage nach fossilen Energieträgern zurückgeht und folglich die Weltmarktpreise für fossile Energieträger sinken, so dass die Nachfrage nach fossiler Energie in Ländern ohne Klimapolitik zunimmt. Dieser Effekt ist auch bekannt als „grünes Paradoxon" (Sinn, 2008; Edenhofer und Kalkuhl, 2009). Mit der Verlagerung von energieintensiven Unternehmen in das nicht regulierte Ausland gehen außerdem ein Verlust an Arbeitsplätzen sowie der Rückgang von Gewinnen und Steuererträgen einher, wodurch ein bedeutender Negativanreiz zur Umsetzung nationaler Klimaschutzmaßnahmen entsteht (Babiker und Rutherford, 2005).

Grenzausgleichsmaßnahmen

Soll die Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Produktionsunternehmen erhalten und Carbon Leakage verhindert werden, ist die Einführung von Grenzausgleichsmaßnahmen (border adjustment measures) eine mögliche Option (WTO und UNEP, 2009; Dröge et al., 2009). Diese wurden bereits im Rahmen des GATT in den 1960er Jahren diskutiert. Es lassen sich direkte und indirekte Ausgleichsmaßnahmen unterscheiden. Indirekte Maßnahmen beinhalten im Zusammenhang mit der Einführung eines Emissionshandelssystems beispielsweise die kostenlose Zuteilung von Emissionsrechten an energieintensive Unternehmen, die im internationalen Wettbewerb stehen. Als zusätzlicher Anreiz zur Investition in energieeffizientere Technologien können den Unternehmen außerdem Subventionen in Form zinsgünstiger Kredite angeboten werden (Dröge et al., 2009). Direkte Maßnahmen wären beispielsweise eine Importsteuer auf CO_2-intensive Güter, ein Zwang zum Kauf von CO_2-Zertifikaten beim Import von Waren entsprechend der bei ihrer Produktion entstandenen CO_2-Emissionen, eine entsprechende Subventionierung exportierter Waren oder die Einführung von über internationale Verträge abgesicherten Technologiestandards in der Produktion (Dröge et al., 2009). Bei der Besteuerung von Importen kann sich die Höhe der Zahlungen nach den tatsächlich entstandenen CO_2-Emissionen bei der Produktion der Güter richten oder aber an einem fixen Wert orientieren, z.B. CO_2-Emissionen eines Produktes bei bester verfügbarer Technologie (best available technology, BAT) oder CO_2-Emissionen eines vergleichbaren Produkts aus dem Inland (Ismer und Neuhoff, 2007; Fischer und Fox, 2009). Dabei ergeben sich auch technische Probleme, da für alle Produkte und alle Länder die CO_2-Intensität der Produktion unter Berücksichtigung aller Vorprodukte ermittelt werden muss.

Berechnungen mit allgemeinen Gleichgewichtsmodellen zeigen, dass das Problem des Carbon Leakage generell als eher gering einzustufen ist, während die Wettbewerbsnachteile für bestimmte energieintensive Industrien beträchtlich ausfallen können (Burniaux et al., 2010). Verschiedene Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass eine Einführung von Grenzausgleichsteuern (border tax adjustment, BTA) das Problem von Carbon Leakage nur wenig verringern würde. Andererseits könnte die Einführung von BTA die verringerte Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Unternehmen wesentlich verbessern (Babiker und Rutherford, 2005; Ismer und Neuhoff, 2007; Fischer und Fox, 2009; Mattoo et al., 2009; WTO und UNEP, 2009; Böhringer et al., 2010). Sie sind aber auch bezüglich ihrer Kompatibilität mit WTO-Recht unterschiedlich zu beurteilen (Dröge et al., 2009; WTO und UNEP, 2009). Ebenso ist unklar, ob sie Anreize zur Kooperation für bisher in der Klimapolitik nicht kooperationswillige Länder setzen könnten.

Grenzausgleichsmaßnahmen und WTO-Recht

Die Frage der Vereinbarkeit von Grenzausgleichssteuern mit WTO-Recht ist in der rechtswissenschaftlichen Literatur höchst umstritten (WBGU, 2003) und muss bis zu einer einschlägigen Entscheidung der WTO-Streitschlichtungsorgane als nicht abschließend geklärt gelten. Gleichwohl sprechen gute Argumente für die Vereinbarkeit mit WTO-Recht, sofern bei der Ausgestaltung der Grenzausgleichssteuer die von den WTO-Streitschlichtungsorganen in anderen Fällen formulierten Anforderungen beachtet werden (UBA, 2008): Die zielführende Gestaltung einer Abgabe für den Import von Waren, die unter schwächeren Umweltstandards hergestellt wurden, verstößt grundsätzlich nicht gegen das Gebot der Nichtdiskriminierung des Allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens (GATT). Insbesondere liegt kein Verstoß gegen den Grundsatz der Inländergleichbehandlung (Art. III:2 GATT) vor, wenn die Grenzausgleichsabgabe für importierte Produkte nicht höher ist als die durch die höheren Umweltstandards erzeugten Kosten für gleichartige inländische Produkte (Ruddigkeit, 2009). Die Produktionskosten inländischer Produkte sollten daher so bemessen sein, dass sie keine Diskriminierung hervorrufen. Es bietet sich an, auf jene Kosten abzustellen, die durch Verwendung bester verfügbarer Technik verursacht werden. Sollte dennoch bei der Erhebung der Abgabe ein Verstoß gegen das Nichtdiskriminierungsgebot vorliegen, so ist er nach Art. XX lit. b und g GATT gerechtfertigt: Hiernach können Maßnahmen zum Schutz des Klimas als globalem Umweltgut (Epiney, 2000; Ismer und Neuhoff, 2007) getroffen werden, wenn es keine milderen Mittel gibt und der Kooperationspflicht des Art. XX GATT zumindest durch internationale Klimaschutzverhandlungen genüge getan ist (UBA, 2008). Gegen die Erstattung klimaschutzbedingter Mehrkosten beim Export inländischer Produkte (sogenannter Exportausgleich) bestehen keine WTO-rechtlichen Bedenken; es ist lediglich die Notifizierungspflicht des Art. XVI:1 GATT zu berücksichtigen.

Subventionen für fossile Energieträger auslaufen lassen

Die Einführung eines CO_2-Preises sollte vom Auslaufen aller Subventionen für fossile Energieträger begleitet werden, da diese deren Wettbewerbsfähigkeit künstlich erhalten und die Wirkung des CO_2-Preissignals verwässern (Kap. 4.5). Darunter fallen alle direkten Zahlungen, Steuernachlässe, fixe Preise, Importfinanzierungen oder auch die staatliche Übernahme von Risiken der fossilen Energienutzung. Ein Großteil der Subventionen für fossile Energieträger wird derzeit in Nicht-OECD-Ländern, u.a. in China, Indien, Saudi-Arabien, Indonesien, Russland, Ägypten und Iran, geleistet. Das Auslaufen lassen bzw. eine Reform dieser Subventionen wurde auf dem Treffen der G20-Staaten im September 2009 in Pittsburgh beschlossen. Dabei sei darauf zu achten, arme Bevölkerungsgruppen nicht zu benachteiligen (IEA et al., 2010a; Kap. 4.5).

5.2.3 Policy-Mix einer Transformationspolitik

Die CO_2-Bepreisung dient dazu, dass die Marktakteure die gesellschaftlichen Kosten der CO_2-Emissionen in ihren Entscheidungen berücksichtigen. Sie ist aber nicht hinreichend für Verhaltensänderungen der Marktakteure in den Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Denn auf den relevanten Märkten in diesen Transformationsfeldern treten verschiedene Formen des Marktversagens auf, wie z.B. positive und negative externe Effekte, Informationsasymmetrien, Markteintrittsbarrieren, natürliche Monopole und das Angebot öffentlicher Güter. In diesen Fällen ist staatliches Handeln mit materiellen und immateriellen Mitteln gefragt; dazu zählen Gesetze (Ge- und Verbote, Planung), Geld (monetäre Anreizinstrumente) und „gute Worte" (Informationen, Selbstverpflichtungen mit Regulierungsandrohung). Diese politischen Instrumente wirken als direkte oder indirekte Steuerungsimpulse auf die Marktakteure und koordinieren Verhaltensänderungen (Kap. 5.4).

Für eine transformative Wirkung auf der Produktions- und Konsumseite ist der gleichzeitige Einsatz verschiedener Instrumente im Rahmen eines Policy-Mix für die drei Transformationsfelder notwendig, so dass systemische Veränderungen angestoßen werden. Die Ausgestaltung einer Transformationspolitik erfordert, dass sie sowohl schnell als auch langfristig wirkende Strukturveränderungen einleitet, Pfadabhängigkeiten vermeidet und bestehende hinderliche Kurzfristorientierungen aufbricht.

Beispielsweise zeigt McKinsey (2009) anhand seiner Treibhausgasvermeidungskostenkurve, welche politischen Instrumente eingesetzt werden müssen, um bestehende Marktunvollkommenheiten zu beheben und gleichzeitig die bestehenden Vermeidungskostenpotenziale auszuschöpfen (Abb. 5.2-1).

Im ersten Drittel der Kostenkurve, das Vermeidungsmaßnahmen umfasst, bei deren Umsetzung Gewinne entstehen können, kann die Marktentwicklung und die Nachfrage nach bekannten Technologien, Techniken und Landmanagementmethoden durch ordnungspolitische Instrumente, wie Standards oder Gebote befördert werden. Meist handelt es sich um Effizienzmaßnahmen, die aufgrund fehlender Information, Bequemlichkeit, fehlender Langfristorientierung oder Verlustaversion der Akteure unterbleiben. Für die Investitionen im ansteigenden Bereich der Kostenkurve sind jedoch verschiedenartige politische Instrumente notwendig, um langfristig einen internationalen Regulierungsrahmen zu entwickeln, der die Einführung heute noch nicht ausgereifter Technologien, Techniken und Managementmethoden ermöglicht. Dies wird gerade bei den derzeit teuren Vermeidungsmaßnahmen relevant. Hier sollte mit Hilfe von Anreizinstrumenten und unterstützender Technologiepolitik über Lernkurveneffekte die Markteinführung der Technologien und Weiterentwicklung der technischen Lösungen beschleunigt werden (McKinsey, 2009). Im Bereich der Landnutzung ist es wichtig, international die notwendigen politischen und institutionellen Kapazitäten für ein nachhaltiges Landmanagement aufzubauen und dieses Ziel in die internationale Zusammenarbeit zu integrieren, denn in vielen Ländern ist die Politik der Landnutzung zu fragmentiert (Kap. 1, 5.4).

Die Vermeidungskostenkurve in Abbildung 5.2-1 macht deutlich, dass kurzfristig durch eine Kombination aus Ordnungsrecht, Anreizinstrumenten und informatorischen Instrumenten neue Technologien in den Bereichen langlebige Konsumgüter, im Gebäudesektor und Verkehrssektor nachgefragt werden können und die Transformation zu mehr Energieeffizienz eingeleitet werden kann.

Für systemische und langfristige Veränderungen in den Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung ist eine Kombination der politischen Instrumente notwendig, die auch international zu stabilen Rahmenbedingungen mit transformativer Wirkung beitragen. Der WBGU empfiehlt dabei nicht nur auf Technologien zu fokussieren, sondern auch Verhaltensänderungen und soziale Innovationen zu fördern.

In der Regel ist nicht nur ein Politikinstrument, sondern ein Portfolio an Maßnahmen (Policy-Mix) einzusetzen, wenn man unterschiedliche Marktunvollkommenheiten ausgleichen und Barrieren überwinden will (Gupta und Tirpak, 2007; Edenhofer et al., 2009a; McKinsey, 2009; Knopf et al., 2010; Matthes, 2010;

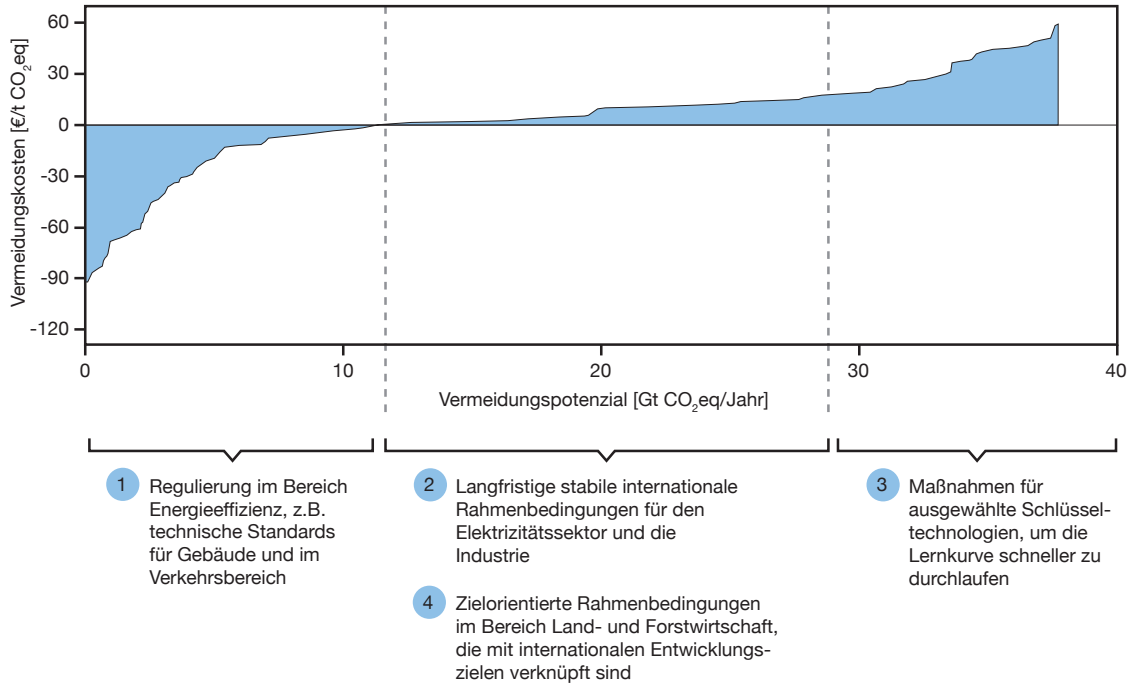


Abbildung 5.2-1
Vorschläge für staatliche Maßnahmen in vier Bereichen (Energieeffizienz, Strom und Industrie, Landwirtschaft, Schlüsseltechnologien) entsprechend der Treibhausgasvermeidungskostenkurve zur kosteneffizienten Reduktion von CO_2-Emissionen.
Quelle: McKinsey, 2009

OECD, 2009a, 2010a). Dabei sollten sich die Maßnahmen gegenseitig unterstützen und nicht in ihrer Wirkung behindern. Der Policy-Mix ist auf allen politischen Ebenen von der Kommune über die Bundesländer sowie auf nationaler und supranationaler Ebene einsetzbar. Nationale Steuerungsmaßnahmen sollten von internationalen Vereinbarungen flankiert werden, damit sich die transformative Wirkung global entfalten kann. Die Laufzeit der Maßnahmen im Policy-Mix kann dabei sehr unterschiedlich sein, da einige Instrumente, wie zum Beispiel technologiespezifische Förderungen, nur vorübergehend eingesetzt werden sollten. Der Policy-Mix der Transformationspolitik sollte sich vor allem auf folgende drei Bereiche konzentrieren: Erstens sollte er die Entwicklung neuer Märkte für Innovationen unterstützen, zweitens sollte er die Entscheidungen der Marktakteure in Richtung Klimaverträglichkeit lenken und drittens sollte er das Angebot öffentlicher Güter, wie Infrastrukturen und Ökosystemleistungen zum Ziel haben.

Die Tabelle 5.2-1 zu politischen Instrumenten in den drei genannten Bereichen (Innovationen; Investitions-, Produktions-, und Konsumentscheidungen; Angebot öffentlicher Güter) veranschaulicht den Vorschlag für einen Policy-Mix, den der WBGU für sinnvoll hält. Dieser Policy-Mix ist in erster Linie auf Industrieländer zugeschnitten, die bereits über die notwendigen politischen und institutionellen Kapazitäten zur Einführung und Durchsetzung verfügen (OECD, 2010a). Doch auch in Entwicklungsländern muss zeitgleich eine Transformationspolitik eingeleitet werden, die durch Kapazitätsaufbau und internationale Kooperation, Technologietransfer sowie Finanzierung zu unterstützen ist. Im Vergleich zu Industrieländern sind in Entwicklungsländern neben Ansätzen zur CO_2-Bepreisung staatliche Regulierung (beispielsweise in Form von Effizienzstandards für Gebäude, Fahrzeuge und Geräte), Subventionierung erneuerbarer Energien, Finanzierungshilfen und Informationspolitik besonders erfolgversprechend (UNCTAD, 2010a; UNEP, 2009).

5.2.3.1 Innovationsförderung

Zur Förderung von Innovationen ist es hilfreich, wenn auf nationaler Ebene eine Innovationsstrategie entwickelt wird, die alle Subsysteme eines nationalen Innovationssystems auf die Problemlösung ausrichtet. Dies umfasst in diesem Fall den Umbau des Energiesystems sowie die Steuerung von Urbanisierung und Landnutzungssystemen in Richtung Klimaverträglichkeit. In ein solches Innovationssystem sollten die Bereiche Bildung und Forschung, Kapitalmärkte, der rechtliche Rahmen,

Tabelle 5.2-1
Beispielhafter Policy-Mix für die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft.
Quelle: WBGU

	Ordnungsrechtliche Instrumente	Anreizinstrumente	Staat als Investor	Informatorische Instrumente
Innovationsförderung	› Technologie- und Effizienzstandards (z. B. für Fahrzeuge, Gebäude, langlebige Konsumgüter) › Produktionsstandards › Nachhaltigkeitsstandards in der Landnutzung › Staatliche Beschaffungspolitik › Regulierung der Kapitalmärkte › Verbote (z. B. bestimmter Landnutzungen oder Produkte, etwa F-Gase) › Gebote (z. B. Quoten für Bioenergie) › Stadt-, Raum-, Infrastrukturplanung › Patentrecht	› CO_2-Steuer › CO_2-Zertifikate › Staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung › Staatliche Beteiligung an Risikokapital › Staatliche Bereitstellung günstiger Kredite und Übernahme von Kreditgarantien › Steuerliche Innovationsanreize › Förderung neuer Geschäftsmodelle als Experimente (z. B. Energie-Contracting) › Wettbewerbliche Förderung von Experimenten	› Staatliche Bereitstellung der Infrastruktur › Staatliche Demonstrationsprojekte	› Auslobung von Wettbewerben und Preisen (Jugend forscht, klimaverträgliche Stadt, Innovationspreise) › Selbstverpflichtungen mit Regulierungsandrohung
Investitions-, Produktions- und Konsumentenentscheidungen	› Technologie- und Effizienzstandards › Produktionsstandards › Nachhaltigkeitsstandards (Biomasse, Land- und Forstwirtschaft) › Emissionsgrenzwerte › Nudging („libertärer Paternalismus“) › Staatliche Beschaffungspolitik › Gebote (Quoten für Bioenergie, Bioprodukte) › Marktregulierung (Energiegesetz, Mietgesetz) › Stadt-, Raum- und Infrastrukturplanung	› CO_2-Steuer › CO_2-Zertifikate › Technologiespezifische Förderung zur Markteinführung (z. B. Einspeisetarife) › Förderung neuer Geschäftsmodelle › Steuerliche Investitionsanreize › Abbau verzerrender Subventionen (fossile Energieträger, Agrarsubventionen) › Zahlungen für Ökosystemleistungen › Straßenbenutzungsgebühren › Tarifgestaltung beim öffentlichen Personennahverkehr	› Staatliche Bereitstellung der Infrastruktur › Public-Private-Partnership	› Informationskampagnen (zu Energieeffizienz, Ernährung, neuen Formen von Wohnen und Mobilität) › Kennzeichnung bzw.Labelling (Bioprodukte, CO_2-Fußabdruck, Nachhaltigkeit) › Selbstverpflichtungen mit Regulierungsandrohung
Angebot öffentlicher Güter	› Stadt-, Raum- und Infrastrukturplanung › Zertifizierung › Marktregulierung › Verbote	› Zahlungen für Ökosystemleistungen	› Staatliche Bereitstellung der Infrastruktur	› Informationskampagnen, Kennzeichnung bzw. Labelling › Freiwillige Zertifizierung › Selbstverpflichtungen mit Regulierungsandrohung

Unternehmensstrukturen sowie die gesamte Wirtschaftsstruktur integriert werden (OECD, 2010b).

Zudem kann staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung durch Subventionen oder Steuernachlässe für Unternehmen Anreize setzen, mehr Innovationen zu entwickeln. Staatlich finanzierte Kooperationen zwischen Wissenschaft und Industrie sowie internationale Forschungs- und Technologiekooperationen können dafür sorgen, dass sich neue, klimaverträgliche Technologien international möglichst schnell verbreiten und zur Anwendung kommen.

Auch eine vorübergehende direkte staatliche Unterstützung privater Investitionen ist notwendig, um Innovationen zu beschleunigen. In Abhängigkeit von der Phase der Technologieentwicklung (Forschung, Demonstrationsphase, Entwicklungsphase, Markteinführung, Diffusionsphase) sind unterschiedliche Formen staatlicher Unterstützung privater Investitionen sinnvoll (UNEP-SEFI, 2008). In der Forschungsphase ist eine direkte staatliche Unterstützung von Forschungsprojekten wichtig. Ebenso ist die Förderung von Public-Private-Partnerships in der angewandten Forschung und Entwicklung von Bedeutung. In der Demonstrations- und Entwicklungsphase besteht häufig die größte Finanzierungslücke (valley of death), da sich in diesen Phasen die Erfindung bereits auf dem Weg zur Kommerzialisierung befindet, jedoch häufig (z.B. aufgrund geringer Stückzahlen) eine Weiterentwicklung mit zu hohen Kosten verbunden ist und aufgrund geringer Erfahrungswerte zu hohe technologische Risiken bestehen (UNEP-SEFI, 2008; IEA, 2010a; Abb. 4.5-5). Hier könnten staatliche Zuschüsse und Garantien helfen, Mittel von privaten Risikokapitalgebern zu akquirieren, die ohne die staatliche Unterstützung nicht gegeben worden wären. Zusätzlich sollte der Staat ein Umfeld schaffen, das für Risikokapitalgeber attraktiv ist. Eine Möglichkeit besteht darin, staatliches und privates Risikokapital in Venture-capital-Fonds zu kombinieren, wie es beispielsweise im UK Carbon Trust Venture Capital Fund oder im California Clean Energy Fund gemacht wird (Kap. 4.5; BASE und SEFI, 2006). Staatliche Demonstrationsprojekte oder staatliche Bereitstellung von Infrastruktur können ebenfalls helfen, die Risiken für private Investoren in der Entwicklungsphase zu reduzieren. In der Diffusionsphase kann ebenfalls durch Kreditvergabe zu günstigen Konditionen und durch Kreditgarantien der Zugang zu privatem Finanzkapital verbessert und damit die weitere Kommerzialisierung erleichtert werden (Kap. 4.5).

Neben der Bepreisung von CO_2-Emissionen geben auch ordnungsrechtliche Instrumente wie dynamische technische Standards im Verkehrssektor, Gebäudesektor oder für langlebige Konsumgüter Anreize, in Forschung und Entwicklung zu investieren. Hierzu zählen auch politische Vorgaben des Systemumbaus, beispielsweise die Einführung von Elektromobilität, die neue Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette Individualverkehr erfordern und so Anreize für Forschungsausgaben der Unternehmen setzen. Die Einführung von Nachhaltigkeitsstandards in der Landwirtschaft wird Anreize für Forschungs- und Entwicklungsausgaben in diesem Sektor setzen. Dies gilt nicht nur für technologische Innovationen, sondern auch für soziale Innovationen wie neue Geschäftsmodelle, z.B. Energie-Contracting (Kap. 4.3, 4.5).

5.2.3.2 Investitions-, Produktions- und Konsumentscheidungen

Um Verhaltensänderungen der Marktakteure zu erzielen, ist ebenfalls ein Policy-Mix notwendig. Bestandteil sollten auch hier verschiedene Finanzierungsangebote sein. Der Umbau der Energiesysteme, der städtischen Infrastruktur sowie der Landnutzungssysteme ist regelmäßig mit hohen Anfangsinvestitionen verbunden, die erst langfristig Rückflüsse generieren. Solche Investitionen benötigen daher oft eine langfristige und zinsgünstige Finanzierung, die jedoch von kommerziellen Finanzinstituten nicht immer gewährt wird (Kap. 4.5). Hier kann der Staat mit Hilfe von zinsgünstigen Krediten oder Kreditgarantien private Investitionen unterstützen.

Auch Energieeffizienzinvestitionen in Gebäude, Heizungsanlagen, Produktionstechnologien, welche meist ebenfalls durch hohe Anfangsinvestitionen mit langfristigen kontinuierlichen Rückflüssen gekennzeichnet sind, können durch die staatliche Bereitstellung zinsgünstiger Kredite und durch staatliche Zuschüsse beschleunigt werden. Daneben eignen sich auch ordnungsrechtliche Instrumente, wie Effizienzstandards für Konsumgüter, Gebäude, Maschinen, Fahrzeuge oder ganze Produktionsprozesse.

Im Bereich der Landnutzung können Mindeststandards und Zertifizierungen dafür sorgen, dass klimaverträgliche Managementprozesse in der Land- und Forstwirtschaft oder in der Bereitstellung von Bioenergie zum Einsatz kommen. So könnten die Mindeststandards für Bioenergie der Europäischen Union beispielsweise auf alle Biomasseerzeugnisse ausgedehnt werden (WBGU, 2009a).

Schließlich können eine an Effizienz orientierte oder eine auf CO_2-arme Produkte ausgerichtete staatliche Beschaffungspolitik sowie gezielte Informationspolitik (Kampagnen, Informationsveranstaltungen) Technologieentwicklung und Effizienzinvestitionen schnell und großflächig voranbringen und Verhaltensänderungen auf der Konsumentenseite begünstigen.

Die kommerzielle Attraktivität von Investitionen in

klimaverträgliche Technologien sollte zusätzlich durch ein langfristig stabiles regulatorisches Umfeld sichergestellt werden. Neben der Einführung eines CO_2-Preissignals erhöhen technologiespezifische Förderungen die Renditen der Investitionen in klimaverträgliche Technologien und minimieren deren Risiken (Kasten 5.2-4). Um insbesondere Investitionen in erneuerbare Energien attraktiv zu machen, hat sich in der Vergangenheit eine gezielte Förderung erneuerbarer Energien zur Markteinführung in Form einer Einspeisevergütung (feed-in tariff, FiT) als sehr effektiv erwiesen (Kasten 5.2-4).

Regulierungen des Marktzugangs, der Preise, der Qualität, natürlicher Monopole oder der Kontrahierungszwang bei der Daseinsvorsorge lenken die Entscheidungen der Marktakteure. Beispielsweise hat das Erneuerbare Energiengesetz (EEG) mit dem Abnahmezwang für erneuerbare Energien den großskaligen Marktzugang erst ermöglicht. Mit der Liberalisierung der Energiemärkte sind die Produktion, der Handel und die Verteilung an den Endkunden heute dem Wettbewerb freigegeben. Allerdings unterliegen die leitungsgebundenen Netze im Elektrizitäts- und Gasmarkt weiterhin der Regulierung.

Bislang unterliegen die Netzbetreiber beispielsweise in Deutschland der Anreizregulierung, um über eine Erlösobergrenze für die Dauer einer Regulierungsperiode Anreize zur kosteneffizienten Produktion zu setzen. Somit erhalten effiziente Unternehmen eine höhere Kapitalverzinsung. Damit werden die Netzentgelte für die Durchleitung niedrig gehalten. Allerdings besteht bei der Anreizregulierung die Gefahr, dass die Netzbetreiber nicht genügend Anreize für den Netzausbau und die Qualitätssicherung der Netze haben. Deshalb gibt es zusätzlich die Verpflichtung, Ersatz- und Erweiterungsinvestitionspläne zu erstellen und die dazu gehörigen Investitionsbudgets von der Regulierungsbehörde genehmigen zu lassen (Monopolkommission, 2009).

Aufgrund mangelnder Investitionen gibt es Überlegungen das Regulierungsdesign zu verändern (von Hirschhausen et al., 2010; Helm, 2009). Neben betriebswirtschaftlichen Effizienzaspekten sollten auch langfristige Ziele zum Aufbau einer nachhaltigen Infrastruktur als Regulierungsziel berücksichtigt werden. Zu einer kalkulatorischen Verzinsung des Eigenkapitals als Anreiz für Netzinvestitionen könnten dann auch wettbewerbliche Ausschreibungen von Netzbaumaßnahmen treten. Über das Marktdesign kann der Staat Anreize für den systemischen Umbau der Transformationsfelder setzen.

Verhaltensänderungen bei Konsumentinnen und Konsumenten, z.B. beim Einkauf von Lebensmitteln oder auch von Holzprodukten, z.B. Möbeln, können weiter durch Informationsmaßnahmen, wie Produktkennzeichnung (Labelling), Produktstandards und gezielte Kommunikationspolitik (u.a. Informationskampagnen) unterstützt werden. Dies betrifft den Bereich energieeffizienter Geräte, aber auch den Bereich Ernährung. Beispielsweise können CO_2-Produktkennzeichnungen an Lebensmitteln oder Kampagnen zu fleischarmer Ernährung sowie zum Kauf regionaler und saisonaler Produkte Verhaltensänderungen bewirken. Im Bereich der Mobilität können beispielsweise Kampagnen für neue Dienstleistungen wie Car Sharing klimaverträgliche Verhaltensweisen fördern (Kap. 4.3).

Konsumentenentscheidungen können außerdem durch die Vorgabe von sogenannten „Default"-Optionen (Vorgabeoptionen) in Richtung Nachhaltigkeit gelenkt werden. Will man diejenigen Barrieren für Verhaltensänderungen überwinden, die nicht aus Mangel an Umweltpräferenzen, sondern aus fehlender Langfristorientierung, Verlustaversion oder Bequemlichkeit resultieren (Kap. 2.4), besteht u.a. die Möglichkeit, sogenannte „Nudges" (sanfte Schubser) zu geben. Dies wird auch als Strategie des sogenannten „libertären Paternalismus" bezeichnet (Thaler und Sunstein, 2008). Zu den prominenten Beispielen solcher sanften Schubser zählen Vorgabeoptionen (Default-Optionen), die auch von einem Großteil der Konsumenten bei bewusster Abwägung aller Argumente bevorzugt würden, aber aufgrund der eben genannten Barrieren sowie mangels Information nicht gewählt werden. Zugleich wird stets die Option offen gehalten, eine andere Alternative zu wählen (opt-out). Beim zeitlichen Auseinanderfallen von Kosten und Nutzen einer Handlung können sanfte Schubser für Individuen hilfreich sein, ihre Entscheidungen so zu treffen, dass sie ihren Nutzen langfristig optimieren (Kasten 5.2-5).

5.2.3.3 Angebot öffentlicher Güter

Für öffentliche Güter wie Ökosystemleistungen oder technische und soziale Infrastrukturen, die für eine klimaverträgliche Wirtschaft wichtig sind, bieten sich verschiedene politische Instrumente an.

In allen Transformationsfeldern (Energie, Urbanisierung, Landnutzung) besteht das Problem, wie langfristig räumlichen Anforderungen auf unterschiedlichen Ebenen (Kommune, Bundesland bzw. -staat, Nationalstaat, länderübergreifend) entsprochen werden kann. Die notwendigen Infrastrukturveränderungen und eine klimaverträgliche Landnutzung erfordern es, unterschiedliche Interessen (Mobilität, Versorgung, wirtschaftliche Entwicklung, Bevölkerungsentwicklung, Naturschutz) zu koordinieren, Konflikte auszugleichen sowie Vorsorge für Raumfunktion und Raumnutzung

Kasten 5.2-4

Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien

Einspeisevergütungen (feed-in-tariffs, FiT) verschaffen Investoren langfristige Planungssicherheit und reduzieren dadurch Investitionsbarrieren. Zudem ermöglichen technologiespezifische Einspeisevergütungen die parallele Förderung verschiedener erneuerbarer Energien, wodurch vielfältige Optionen zur künftigen Energiebereitstellung eröffnet werden. In diesen Punkten zeigen sich Einspeisevergütungen einer Förderung über Quoten und handelbare Zertifikate für erneuerbare Energien überlegen (Neuhoff, 2005; Lesser und Su, 2008). In der Vergangenheit erfolgte der Ausbau in Ländern mit Einspeisevergütungen tendenziell schneller als in Ländern mit Quotenförderung (IEA, 2008a). Deutschland gilt aufgrund der frühzeitigen Einführung von Einspeisevergütungen gemeinhin als Musterbeispiel für einen beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien (Sijm, 2002; Ragwitz et al., 2007; Rickerson et al., 2007; IEA, 2008a; Fulton et al., 2009).

Einspeisevergütungen werden üblicherweise differenziert nach den unterschiedlichen Energietechnologien über einen festgelegten Zeitraum von ca. 15–25 Jahren ausbezahlt, wobei sie über die gesamte Laufzeit idealerweise einer Degression unterliegen. Dadurch bieten sie Investoren ausreichende Planungssicherheit und langfristig sichere Rückflüsse aus ihrer Investition (Fulton et al., 2009). Gleichzeitig besteht durch die Degression aber auch ein Anreiz für technologische Innovationen. Die Senkung der Gestehungskosten wird aufgrund von Lerneffekten begünstigt (IEA, 2008a; Klein et al., 2008; Lehmann, 2009; Fulton et al., 2009).

Damit Einspeisevergütungen ihre Wirkung entfalten und dennoch kostengünstig sind, sind verschiedene Aspekte bei ihrer Ausgestaltung zu beachten. So sollten die Höhe der gezahlten Vergütungen bzw. Prämien und die Zahlungszeiträume technologiespezifisch festgelegt werden. Wie bereits erwähnt, sollte die Vergütungshöhe im Lauf der Zeit einer Degression unterliegen, die sich ändernde Marktbedingungen (u.a. Gestehungskosten, CO_2-Preis) berücksichtigt, wie das beim deutschen EEG schon der Fall ist. Aufgrund der dort gewonnenen Erfahrung mit den unterschiedlichen Marktdynamiken, sollte die Degression der Einspeisevergütungen jedoch nicht an eine Jahreszahl, sondern an die kumulative installierte Leistung der jeweiligen Technologie gekoppelt werden. So können Anreize zu Kostensenkungen verstärkt und die Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energien schneller erreicht werden. Um gleichzeitig Investoren ausreichend Planungssicherheit zu geben, sollten die im Jahr der Investition geltenden Vergütungen über einen fixen Zeitraum von 10–25 Jahren garantiert werden. Vergütungen bzw. Prämien sollten als Förderinstrumente für Neuanlagen nur so lange eingesetzt werden, bis die Technologien Wettbewerbsfähigkeit erlangt haben.

Momentan sind Einspeisevergütungen in über 50 Ländern und 25 Bundesstaaten bzw. Provinzen eingeführt (REN21, 2010). Darunter sind viele Entwicklungs- und Schwellenländer, wie China, Südafrika, Thailand, Indonesien, die Philippinen, Uganda, Kenia, Tansania, Argentinien, Ecuador und Nicaragua. Durch den Einsatz entsprechender Technologien können Einspeisetarife auch bei dezentralen, kleinen lokalen Inselnetzen eingesetzt werden und sind deshalb auch gerade für die Überwindung der Energiearmut in Entwicklungsländern von Bedeutung (Moner-Girona, 2008).

Eine weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen würde den Ausbau erneuerbarer Energien stark beschleunigen. Deutschland sollte zur weiteren Verbreitung von Einspeisevergütungssystemen eine globale politische Initiative starten und einen kontinuierlichen Erfahrungsaustausch zwischen Ländern mit Einspeisevergütungssystemen fördern, so dass die Effektivität und Effizienz der Systeme gesteigert werden kann (Kap. 7.3.4). Für die am wenigsten entwickelten Länder müssten sowohl Mittel für die Einspeisevergütung selbst als auch Mittel für den Kapazitätsaufbau bereitgestellt werden. Schätzungen zufolge könnte eine flächendeckende Förderung erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern (inklusive der BASIC-Staaten) über Einspeisevergütungen graduell ansteigende Finanztransfers von bis zu 250–270 Mrd. US-$ jährlich in den Jahren zwischen 2025–2030 (Förderhöhepunkt) erfordern. Davor und danach würden die erforderlichen Transfers geringer ausfallen, sich aber immer noch im Bereich mehrerer Mrd. US-$ jährlich bewegen (DeMartino und Le Blanc, 2010). Zumindest die Zahlungen während des Förderhöhepunkts liegen weit über den Beträgen, die momentan in Form von Krediten in diese Bereiche fließen und übersteigen auch bei Weitem die in den Cancún-Agreements avisierten jährlichen Finanztransfers der Annex-I-Länder von 100 Mrd. US-$ jährlich ab 2020. Zum Vergleich: Jährliche Investitionen in saubere Energietechnologien weltweit lagen 2009 im Bereich von rund 162 Mrd. US-$, wovon etwa ein Drittel auf Entwicklungs- und Schwellenländer entfielen (UNEP-SEFI und BNEF, 2010). Wie ein Finanzierungsmechanismus für die weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen gestaltet werden könnte, wurde beispielsweise mit dem Konzeptpapier „GET FiT" der Deutsche Bank Climate Investment Research vorgelegt (Fulton et al., 2010). Dies könnte die Grundlage für eine politische Initiative zur Unterstützung von Einspeisevergütungen in Entwicklungsländern bilden.

zu treffen. Hoheitliche Planung ermöglicht als Koordinationsinstrument eine zukunftsgerichtete, gestaltende Steuerung dieser staatlichen Aufgabenbereiche. Sie dient der Einbettung und Abstimmung einzelner Projekte in ein Gesamtkonzept. Im Zusammenhang mit der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft betrifft Planung vor allem die Bereiche Umwelt-, Raum- und Stadtplanung sowie Infrastrukturplanung. So sind beispielsweise für die Planung einer nachhaltigen Landnutzung regionale Wertschöpfungsketten sowie das integrierte Management von Flächen, Energie- und Stoffströmen von großer Bedeutung. Eine weitere spezifische Herausforderung ist die Planung von Infrastruktur, wie neue überregionale Elektrizitätsübertragungsnetze (z.B. Super Grid; Kap. 4). Dabei muss die Planung von Infrastruktur und Landnutzung zunehmend überregional geschehen, beispielsweise auf EU-Ebene (Kap. 5.4.3). Länderübergreifende Planungsprozesse müssen deshalb in der EU gestärkt werden (EEAC, 2009). Bei Infrastrukturinvestitionen ist

Kasten 5.2-5

„Nudges“: Grüner Strom als Vorgabeoption

Ein Beispiel dafür, wie „nudging“ (sanft schubsen) im Rahmen der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft zum Tragen kommen kann, ist das Angebot von Ökostrom als Vorgabeoption (Default-Option), das beispielsweise die Elektrizitätswerke der Stadt Zürich (EWZ) eingeführt haben. Im Zuge einer Tarifumstellung im Oktober 2006 führten die EWZ ein Mixprodukt aus ökologisch zertifiziertem Strom aus Wasserkraft sowie einem geringen Anteil zertifizierten Ökostroms aus Wind- oder Bioenergie als Standardstromprodukt neu ein. Dieses neue Standardprodukt genügte Nachhaltigkeitskriterien stärker als das bisherige billigere Standardprodukt. Weiterhin wurden verschiedene höherwertige Ökostromprodukte (Wasser, Solar) sowie eine ökologisch weniger wertvolle Option mit Elektrizität aus Atomkraft, Müllverbrennungsanlagen und nicht zertifizierter Wasserkraft angeboten. Der neue Ökostrommix wurde automatisch geliefert. Wollten die Kunden eines der anderen Produkte beziehen, mussten sie dies schriftlich erklären. Dies führte dazu, dass nach der Tarifumstellung etwa drei Viertel der Privatkunden den Ökostrommix als Standardprodukt bezogen und nur etwa 20% sich bewusst für die Option mit Atomstrom entschieden. Weitere 3% der Kunden wählten bewusst ein ökologisch höherwertiges Stromprodukt. Unter Hinzurechnung der gestiegenen Nachfrage nach Ökostrom durch Geschäftskunden erhöhte sich insgesamt der bei den EWZ nachgefragte Anteil an zertifiziertem Ökostrom von 40 auf 60% (EWZ, 2007).

Der Erfolg solcher Projekte basiert einerseits auf der faktisch geringen Bereitschaft von Stromkunden zum freiwilligen und selbst initiierten Wechsel ihres Stromanbieters bzw. Stromprodukts. Dies wird mit zeitaufwändigen Prozessen, erklärungsbedürftigen Produkten, intransparenten Preismodellen sowie langfristigen Vertragsverhältnissen begründet (Kosakova, 2005; Burkhalter et al., 2009). Andererseits gibt es Anhaltspunkte dafür, dass sich zumindest die Stromkunden in der Schweiz ein ökologisch hochwertigeres Stromprodukt bereits vor der Tarifänderung wünschten und das neue Standardprodukt ihren Präferenzen mehr entsprach als das alte Stromprodukt aus konventioneller Wasserkraft, Atomstrom und Strom aus Müllverbrennungsanlagen (Burkhalter et al., 2009). Fest steht, dass bei Angeboten von Vorgabe-Varianten grundsätzlich eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Beibehaltung der Vorgabe besteht. Eine Ursache hierfür ist der reduzierte Aufwand, den ein Nichtentscheiden mit sich bringt. Zudem haben die Entscheidenden gerade bei erklärungsbedürftigen, komplexen Produkten das Gefühl, dass gewisse Voreinstellungen bereits eine Empfehlung enthalten, welche Option die beste Wahl für sie darstellt (Thaler und Sunstein, 2008; Dinner et al., 2009).

das Planungsrecht unverzichtbar, um zügige Genehmigungen für private Investitionen zu erhalten und so einen hinreichenden Anreiz zu setzen (Matthes, 2010).

Auch die Bereitstellung von Umweltgütern kann staatlich gesteuert werden. Eine nachhaltige landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Produktion fördert die Erhaltung regionaler und globaler öffentlicher Umweltgüter (z.B. Luftreinhaltung, Klima-, Wasser- und Bodenschutz). Ökosysteme können auf Grundlage der Versorgungsleistungen (Produktion von Nahrungs- und Futtermittel, Biomasse, Trinkwasser, genetische Ressourcen), der natürlichen Regulierungsleistungen (Luftreinhaltung, Klima-, Wasser- und Bodenschutz) und der kulturellen Leistungen (ästhetische Werte, Erholung und Tourismus, soziale Netzwerke) ökonomisch bewertet und mit einem Preissignal versehen werden. So können Honorierungssysteme in Form von Zahlungen für Ökosystemleistungen (payments for environmental services, PES) die Transformation in eine klimaverträgliche Landnutzung beschleunigen. Dabei werden Landwirte oder Forstwirte für die Bereitstellung bestimmter Ökosystemleistungen, wie Kohlenstoffsequestrierung, Regulierung des Wasserkreislaufs, Bodenbildung oder Primärproduktion bezahlt, um so ökonomische Anreize für deren langfristige Bereitstellung zu setzen (Wunder, 2005). Daher sollte die Subventionierung der Landwirtschaft in der EU umgebaut und in ein System der Finanzierung für die Erbringung von Ökosystemleistungen überführt werden (SRU, 2008). Inzwischen entstehen weltweit Initiativen nach diesem Prinzip, in denen auch private Nutznießer der Dienstleistungen direkte und freiwillige Zahlungen leisten. Dies sind z.B. Wasserkraftwerke, die auf die Regulierung des Wasserkreislaufes in ihrem Einzugsgebiet angewiesen sind.

5.2.4 Fazit

Das politische Instrumentarium für die Gestaltung der Transformation liegt bereits weitgehend vor. Der Policy-Mix sollte eine Bepreisung von CO_2 sowie weitere politische Maßnahmen zur Überwindung von Marktunvollkommenheiten und Transformationsbarrieren in den drei Transformationsfeldern umfassen. Der Policy-Mix muss Innovationen fördern, Investitions-, Produktions- und Konsumentscheidungen lenken und das Angebot öffentlicher Güter sicherstellen. Aufgrund des Zeitdrucks bei der Transformation kommt es darauf an, dass die verschiedenen politischen Instrumente gebündelt und rasch ein- sowie umgesetzt werden, so dass die Transformation simultan in allen Märkten und Transformationsfeldern angestoßen werden kann. Dabei sollte durch die Berücksichtigung langfristiger Ziele Planungssicherheit für die Marktakteure geschaffen werden.

5.3 Hindernisse und Blockaden für die Transformation: It's politics, stupid!

Obgleich Krisentendenzen des Erdsystems und die Endlichkeit der natürlichen Ressourcen seit mehr als 40 Jahren bekannt und auf internationalen Konferenzen erörtert werden (Meadows et al., 1972; UN-Umweltkonferenz in Stockholm 1972; UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung 1992 usw.) und zahlreiche Maßnahmen zur Implementierung einer nachhaltigeren Wirtschafts- und Lebensweise ergriffen worden sind, zeitigen diese Bemühungen bislang nur begrenzte Erfolge. In zentralen Problemfeldern (Klimawandel, Verlust biologischer Vielfalt, Desertifikation) muss man sogar eine Verschärfung der Situation feststellen (Kap. 1.1). Vor diesem Hintergrund hat zuletzt das Thema Veränderungsresistenz (change resistance) in der Nachhaltigkeits- und Transitionsforschung Beachtung gefunden (Harich, 2010; Kastenhofer und Rammel, 2005). Dass sich die durchaus vorhandene und über die Jahrzehnte gestiegene Transformationsbereitschaft von Menschen in der OECD-Welt ebenso wie in Schwellen- und Entwicklungsländern (Kap. 2) nicht automatisch in eine Nachhaltigkeitstransformation umgesetzt hat, liegt vor allem daran, dass ihnen wirkungsmächtige gesellschaftliche Kräfte und Widerstände sowie institutionelle Hemmnisse entgegenstehen, die veränderungswillige Akteure abschrecken, frustrieren und ins Leere laufen lassen. Der WBGU identifiziert diese Blockaden vor allem im Politics-Bereich, d.h. auf der Ebene der politischen Auseinandersetzung, Interessenvermittlung und Implementierung.

5.3.1 Politikblockaden im Mehrebenensystem

Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ist eine globale Aufgabe, bei der Nationalstaaten nach wie vor eine zentrale Rolle spielen. Politik ist in demokratisch verfassten Rechtsstaaten auf einen kollektiven Willen gestützt, der wesentlich auf nationaler Vergesellschaftung beruht, aber einer transnationalen Perspektive bedarf. Das Völkerrecht, insbesondere das Völkervertragsrecht, verfügt (noch) nicht über die notwendigen wirksamen Regelungs- und Sanktionsmechanismen. Die Gestaltungsspielräume für eine effektive Transformationspolitik sind daher zu einem großen Teil auf nationaler Ebene zu suchen und auszuloten (Giddens, 2009; Ostrom, 2009), aber auch auf subnationaler und supranationaler Ebene sowie in außer- und parastaatlichen transnationalen Netzwerken (z.B. großer Städte und Nichtregierungsorganisationen; Leibfried et al., 2010).

Der WBGU hat auf dieser politischen Ebene vor allem vier Faktoren erkannt, die den Problemhorizont staatlicher Akteure im Mehrebenensystem verdunkeln und ihre Problemlösungskapazität verringern: den enormen Zeitdruck, unter dem vor allem der Klimawandel den bewährten Modus inkrementeller und dilatorischer Politik des „Durchwurschtelns" und „Auf-die-lange-Bank-Schiebens" gestellt hat (Kap. 5.3.1.1), bestehende Pfadabhängigkeiten und die Vetomacht von Interessenkartellen aus dem High-carbon-Regime (Kap. 5.3.1.2), die Unangemessenheit einer kooperativ-moderierenden Staatsorganisation für die neuen Problemlagen (Kap. 5.3.1.3) und ein Repräsentationsdefizit (Kap. 5.3.1.4). Aus den eindeutigen Stärken moderner Staatlichkeit – Zeitgewinn durch Kompromissbildung, Einbindung gut organisierter Interessen in den politischen Entscheidungsprozess (Neokorporatismus) und deren wohlmeinende Austarierung durch einen moderierenden Staat – sind Schwächen geworden, die die Zukunftsfähigkeit nachindustrieller Gesellschaften gefährden.

5.3.1.1 Kurzfristorientierung und verzögernde Politik

Eine Politik der Transformation verlangt eine langfristig ausgerichtete Politik, die über mehrere Jahre bzw. Jahrzehnte angelegt ist und somit den Turnus von Regierungswechseln und politischen Meinungsumschwüngen überspannt (Giddens, 2009; Nullmeier und Dietz, 2010). Politik in Demokratien orientiert sich demgegenüber selbstverständlich an kurzen Wahlperioden und aktuellen Zwängen des politischen Machterhalts (Weber, 1992; Downs, 1968). Ähnliches gilt für die Wirtschaftseliten, insbesondere unter den Bedingungen der Finanzmarktökonomie (Windolf, 2005). Auch sie vernachlässigen längerfristige Entwicklungen, weil sie sich an Quartalsbilanzen, Jahresabschlüssen oder Börsenkursen orientieren. Diese zum Teil extreme Kurzfristorientierung begünstigt die Konzentration auf schnell wirksame und massenmedial vermittelbare Maßnahmen, sie benachteiligt aber jene Themen, deren kurz- und langfristige Auswirkungen berücksichtigt werden müssen (Sprinz, 2009; Hovi et al., 2009). Die sozialen, ökonomischen und politischen Institutionen unserer Gesellschaften sind auf diese Herausforderungen bisher nicht eingestellt. Hier gilt es Lösungen zu finden, die eine zukunftsgerichtete Steuerung erleichtern und institutionelle Kontinuität schaffen.

Der „shortermism" (Giddens) der politischen Aufmerksamkeit ist gepaart mit dilatorischen (verzögernden) Methoden der Dissensbearbeitung und Kompromissfindung in politischen Verhandlungsarenen:

Schwer lösbare Probleme werden gerne „auf die lange Bank" geschoben. Darunter fallen genau die großen Reformagenden westlicher Demokratien wie demografischer Wandel, Kostenexplosion im Gesundheitswesen oder Massenarbeitslosigkeit und Staatsverschuldung. Auch die Bearbeitung des Klimawandels gehört dazu. Viele schädliche Auswirkungen der Erderwärmung werden sich erst in der Zukunft bemerkbar machen; das politische System begünstigt insoweit eine zögerliche Auseinandersetzung mit derartigen Gefahrenlagen.

Diese Art der Politik war und ist nicht per se ein Übel. Zeitgewinn ist für die Bewahrung von Stabilität oftmals erforderlich, und das Ringen darum reagiert angemessen auf Kontingenzen und Risiken moderner Gesellschaften (Günther, 2006). Die Kombination aus ökologischer und fiskalischer Krise stellt die Positiveffekte einer „Politik des Durchwurschtelns" jedoch zunehmend in Frage. Der Umgang mit Unsicherheit und die Entschärfung von Konflikten durch Zeitspiel stoßen an ihre Grenzen, wo sich (fern geglaubte) Risiken in (heutige und nahe liegende) basale Gefahren zurückverwandeln. Die schwierige Konsequenz aus dieser neuen Situation ist einerseits „Entschleunigung", indem der Politikbetrieb sich ein Stück weit von der medial getriebenen Kurzatmigkeit befreit, anderseits „Beschleunigung", indem aus der klaren Vorgabe, dass bestimmte Ziele der Klimastabilisierung oder veränderter Landnutzung in Abständen von fünf, zehn oder zwanzig Jahren nicht verfehlt werden dürfen, realistischere Zeitpläne für die aktuelle Entscheidungslage gefunden werden müssen. Hinderlich sind dabei der retardierende Einfluss von Vetogruppen und eine ineffektive Verwaltungsorganisation.

5.3.1.2 Gegenkräfte und Widerstände: Lobby- und Interessengruppen

Neben den institutionellen Faktoren, die die Chancen des politischen Wandels bestimmen, spielen interessen- und ideologiegeleitete Differenzen eine zentrale Rolle. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist nur machbar, wenn es gelingt, gesellschaftliche und politische Mehrheiten dafür zu gewinnen. Nur so können auf gesetzgeberischer Ebene und in der Zivilgesellschaft die Veränderungen angestoßen und weiterentwickelt werden, die die Basis für die Transformation bilden. Dies verlangt nach einer sehr breiten und weit übermehrheitlichen Koalition. Wie zu erwarten gehören diejenigen Gruppen zu den stärksten Blockierern von Transformationsprozessen, die durch den angestrebten Wandel materielle oder Statusverluste zu erwarten haben (Kap. 2.4.1). Die förderliche Bedeutung von Interessenverbänden in liberalen Demokratien ist unbestritten; ohne die Mitwirkung dieser intermediären Organe, die zwischen Partikularinteressen und Staat vermitteln, ist das für Gesetzgebungs- und Verwaltungsakte in komplexen Gesellschaften erforderliche Sachwissen nicht zu bekommen; des Weiteren werden staatliche Maßnahmen über Interessenverbände besser gesellschaftlich vermittelbar und der Staat entlastet (von Alemann, 1989).

Unglücklicherweise verfügen neokorporatistische Machtarrangements, die aus der Hochzeit der Industrialisierung stammen, heute jedoch über eine besonders hohe Verbändemacht und informelle Einflussmöglichkeiten. Verbände aus dem Wirtschaftsbereich verfügen über eine weit höhere Konfliktfähigkeit als Gruppen in sozial-ökologischen Querschnittsbereichen, die allgemeine und verallgemeinerbare Interessen vertreten. Hinzu kommt die Intransparenz des Zusammenspiels von Ministerial- bzw. Kommunalbürokratie mit Verbänden, die sich zum Teil zu regelrechten „Private-Interessen-Regierungen" ausgeweitet (Streeck und Schmitter, 1985) und zur übermäßigen Einflussnahme von Lobbyisten auf Gesetzesvorhaben geführt haben (Maras, 2009). Gleichzeitig ist in den meisten OECD-Staaten die schwindende Bereitschaft von Arbeitgebern wie Arbeitnehmern zu beobachten, Mitglied in den Interessenverbänden von Kapital und Arbeit zu werden. Crouch hat in seiner Analyse „Postdemokratie" die wachsende direkte politische Einflussnahme der Unternehmen als „treibende Kraft" der Krise der Demokratien in Europa und den USA ausgemacht (Crouch, 2004). Charakteristisch für den postdemokratischen Zustand sei, dass Politik generell zunehmend nach dem liberalen Modell der Lobbyarbeit und Interessenvertretung funktionieren. Aus demokratietheoretischer Perspektive sei diese Entwicklung problematisch, da die Ressourcen, die den einzelnen Gruppen zur Verfügung stehen, um ihre Interessen wahrzunehmen, sich massiv unterscheiden. Erstens können Lobbygruppen effektiv damit drohen, dass eine Branche, der hohe „Systemrelevanz" zugemessen wird, Verluste macht und eventuell abwandert. Solange der ökonomische Erfolg einen der wichtigsten Parameter bei der Bewertung der politischen Leistungsbilanz einer Regierung darstellt, ist dieses Argument bei Politikern äußerst wirkungsvoll (Crouch, 2004). Zweitens können Wirtschaftsvertreter für ihre Lobbyarbeit enorme Geldsummen aufbringen.

In den vom WBGU behandelten Problemfeldern nachhaltiger Entwicklung ist nun der Einfluss der Lobbyverbände der Öl- und Kohleproduzenten oder energieintensiven Industrie und der Automobilindustrie deutlich größer als der zivilgesellschaftlicher Organisationen oder der „grünen Industrie" (Streeck, 1994; Brunnengräber, 2009). Sichtbar wurde dies exemplarisch an der in Deutschland und anderen Ländern eingeführten „Abwrackpämie" (2008), wo die Interessen

der Automobilindustrie – meist in einer Allianz von Arbeitgeber- und Arbeitnehmerorganisationen – besser organisierbar und schlagkräftiger waren als „allgemeine" Umweltinteressen, die für eine Verknüpfung der Prämie mit Umweltauflagen gesprochen hätten.

Transformationsblockierer und Lobbys, die aus kurz- und mittelfristigen Interessen Dekarbonisierungsstrategien entgegenstehen, können in verschiedenen Branchen und gesellschaftlichen Bereichen beobachtet werden. So bedeutet für die Öl-, Gas-, und Kohleindustrie sowie für Energiekonzerne mit einem großen Bestand an Kohlekraftwerken die zeitnahe Abkehr von fossilen Energieträgern massive Gewinneinbußen. Entsprechend engagierten sich Lobbyverbände der Ölindustrie in den USA und Europa in der Vergangenheit besonders intensiv und anhaltend gegen eine politische Bearbeitung der Klimaproblematik – sogar soweit, dass sie in Kampagnen und mit „Gegengutachten" die wissenschaftlichen Belege einer anthroprogenen Erwärmung der Erde in Frage stellten (Brunnengräber, 2009; Levy und Egan, 2003). Ohne ein internationales Regelwerk zum Klimaschutz fürchten energieintensive Industrie- und Produktionszweige (z.B. Zement-, Stahl-, Glas- und Papierindustrie) Wettbewerbsnachteile im Weltmarkt (Kasten 5.2-3). Vertreter der Automobilindustrie, vor allem die Hersteller großer Pkw-Modelle mit hohem Kraftstoffverbrauch, wirkten in der Vergangenheit ebenfalls wiederholt auf politische Entscheidungsträger ein, um beispielsweise die Richtwerte für den CO_2-Ausstoß von Pkw zu ihren Gunsten zu verändern (Brunnengräber, 2009). Einige politische Formationen (z.B. Teile der Republikanischen Partei in den USA) lehnen Klimaschutzmaßnahmen auch aus ideologischen Gründen (wie die grundsätzliche Ablehnung von Eingriffen in die Wirtschaft) ab. Nicht zuletzt finden sich auch in der wachsenden „globalen Konsumentenklasse" (Worldwatch Institute, 2004; Brot für die Welt et al., 2008) Personengruppen, die eine Umorientierung ablehnen, da ein klimafreundlicherer Lebensstil für sie Verzicht bedeutet oder als solcher wahrgenommen wird (Urry, 2010; Ulvila und Pasanen, 2009). Auch sozial benachteiligte Gruppen könnten durch Preissteigerungen zu potenziellen Gegnern der Transformation werden.

Funktionsfähige Regelwerke und Institutionen sind strukturelle Voraussetzungen für eine Umsetzung der Politik der Transformation. Hier ist in globaler Perspektive vor allem Korruption, d.h. der Missbrauch anvertrauter Macht zum privaten Vorteil (Transparency International, 2005), ein starkes Hindernis und stellt eine weitere, nicht legitime Einflussmöglichkeit von Lobbygruppen oder Vetospielern dar (von Alemann, 2005). Das Ausmaß der Korruption ist gerade in den Bereichen beträchtlich, die der WBGU als zentrale Transformationsfelder ausmacht: den Bausektor (Städtebau), den Energiesektor und die Landnutzung (hier insbesondere Forstwirtschaft und Landwirtschaft; Transparency International, 2005, 2008, 2011; Kenny, 2007). Dabei ist Korruption nicht nur ein Übergangsphänomen sich modernisierender Gesellschaften und deshalb besonders virulent in schwachen Staaten oder Entwicklungs- und Schwellenländern (Giannakopoulus und Tänzler, 2009). Korruptive Verflechtungen in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik finden sich vielfach auch in demokratischen Systemen der OECD-Länder, denn „Korruption hat in reichen Staaten häufig Erscheinungsformen, die in gleichem Maße ‚weiter entwickelt' sind, wie diese Staaten selbst" (Piepenbrink, 2009).

Wichtiger noch als subjektive Einstellungen und Präferenzen wirtschaftlicher Eliten, die im Blick auf die Vorteile eines „grünen Entwicklungspfades" korrigierbar sind und schon korrigiert werden, sind Routinen und Pfadabhängigkeiten in Politik und Wirtschaft. Früher entstandene und bewährte Prozeduren und Pfade der Problemlösung werden blind fortgeführt, auch wenn sie nicht länger problemadäquat sind und sich die Kontexte der Problemfälle verändert haben. Der Grund für diese Beharrungskraft von Akteuren und dem institutionellen Konservatismus liegt in der Annahme, dass der Pfadwechsel ungewisse und eventuell teure Risiken birgt und man die Wirkung eines Pfadwechsels nur schwer einschätzen kann (Pierson, 2000; Lehmbruch, 2002, 2003). Verwaltungen in politischen Bürokratien und Wirtschaftsunternehmen setzen spontan auf Vertrautes und die Nutzenerwartungen vom alten Pfad; andererseits sind die Enttäuschung solcher Erwartungen, eine höhere Risikobereitschaft und die „schöpferische Zerstörung" (Joseph Schumpeter) übliche Aspekte unternehmerischer Entscheidungen und des Generationswandels. Verwaltungen sind, anders als es ein bequemes Vorurteil will, lernende Institutionen. Doch die Starrheit von Verwaltungsroutinen wird begünstigt durch inadäquate Problemwahrnehmungen und Ressortzuschnitte.

5.3.1.3 Institutionelle Fragmentierung sowie mangelnde Kohärenz und Koordination

Generell wird die Möglichkeit, ein Politikfeld umzugestalten, nach einer weit verbreiteten Theorie von Tsebelis (2002) an der Policy-Stabilität gemessen. Politische Innovationen sind demnach zum Scheitern verurteilt, wenn ihnen Akteure widersprechen, deren Zustimmung verfassungsmäßig oder realpolitisch unabdingbar ist. Je mehr kollektive oder eigenständige Vetospieler auftreten und je homogener und kompetitiver sie agieren, desto unwahrscheinlicher wird die

Veränderung des Status quo. Politische Systeme können entsprechend danach unterschieden werden, wie viele Vetospieler sie aufweisen. Die Politikverflechtung und -fragmentierung zwischen verschiedenen Ebenen, in Bund und Länder, Nationalstaaten und EU führt daher zusätzlich zu horizontalen und vertikalen Selbstblockaden im Staatsapparat.

Zur institutionellen Fragmentierung kommt das Problem der mangelnden Kohärenz und Koordination (Scharpf, 1993; Mayntz, 1997; Blanke et al., 2002). Eine wirkungsvolle Strategie der Transformation verlangt nach einer neuen „Politik aus einem Guss". In einer nachvollziehbaren, aber sachlich problematischen Art der Konfliktvermeidung bzw. Lösung verfährt die moderne Politik aber eher nach der Maxime des „allen Wohl und niemandem Weh". Indem alle Interessen mehr oder weniger bedient werden, führt dies beispielsweise dazu, dass Deutschland massiv den Ausbau erneuerbarer Energien vorantreibt und daneben weiterhin fossile und konventionelle Energieträger fördert. Dadurch wird der Ausbau der erneuerbaren Energien erschwert und das politische Ziel einer echten Energiewende verwässert.

Eine weitere Blockade ergibt sich daraus, dass Politiken einzelner Ressorts mangelhaft abgestimmt sind. Transformationspolitik kann natürlich nicht Aufgabe eines einzelnen Ressorts sein, sondern muss in allen Regierungszweigen systematisch berücksichtigt werden (Giddens, 2009). Mittlerweile sind zwar viele staatliche Stellen mit Klimaschutz und Dekarbonisierung beauftragt, aber es mangelt an einer funktionierenden Koordination und der gebührenden starken Verankerung im Regierungsapparat.

Klimaschutz, die Erhaltung von Biodiversität und nachhaltige Raumplanung sind thematisch in den Verwaltungen besser repräsentiert und höher gewichtet als in der Ursprungsphase der Umweltpolitik. Bestehen geblieben ist aber die institutionelle Randständigkeit dieser Ressorts im Verhältnis zu Politikbereichen, die den historischen Kernproblemen von Industrie- und Wohlfahrtsgesellschaften gewidmet sind und in staatlichen und kommunalen Verwaltungen entsprechende Kernressorts, Budgetanteile und Reputation für sich in Anspruch nehmen. Zentral sind in den meisten OECD-Staaten und vielen Schwellenländern die Finanz-, Infrastruktur- und Sozialressorts, die sich um die Entwicklung industrieller Infrastrukturen der „Arbeitsgesellschaften" kümmern und dabei auftretende soziale Probleme (wie Massenarbeitslosigkeit, demografischer Wandel usw.) durch Verteilungs- und Kompensationsmaßnahmen bearbeiten. Umweltpolitik wird im Verhältnis dazu meist so situiert, dass sie in industriellen Arbeitsprozessen und Dienstleistungen externalisierte Schäden nachsorgend oder präventiv in den Blick nimmt und im Rahmen zu halten versucht. Klimaschutz, Naturschutz und Raumplanung können in diesem Ressortzuschnitt kaum das Gewicht erlangen, das sie auch im Blick auf die postindustrielle Zukunftsgestaltung einer nachhaltigen Wirtschaft nach Auffassung des WBGU haben sollten.

5.3.1.4 Repräsentationsdefizit und mangelnde Akzeptanz

Ein von Bürgern empfundenes Defizit an Beteiligung – unabhängig davon, ob dieses rechtlich besteht – kann ein weiteres wesentliches Hindernis bei der Umsetzung der Transformation sein und zu mangelnder Akzeptanz führen. Es zeigt sich ein wachsendes Repräsentationsdefizit politischer Systeme, die nicht in der Lage sind, umwelt- und klimapolitisch motivierte Ansprüche und Erwartungen wachsender Wählerschichten zu erkennen, zu bündeln und programmatisch umzusetzen. Gleichzeitig steigt die Bereitschaft der Bevölkerung „von unten" und vornehmlich außerparlamentarisch tätig zu werden. Stimmungslagen zugunsten einer nachhaltigen Umwelt- und Klimapolitik – wie sie u.a. durch die Daten des World Values Survey (2010) dokumentiert werden (Kap. 2) – bleiben daher häufig im „vorpolitischen" Raum. Was fehlt ist demnach die adäquate Bündelung und Vertretung auf der parlamentarischen Ebene und weitere Möglichkeiten, das Engagement der Bürgerinnen und Bürger produktiv einzubringen (Kap. 5.4).

Generell gilt Partizipation (als Modus von „Input-Legitimation") als normative Grundlage und praktische Voraussetzung demokratischer Gemeinwesen, die dafür wiederum die strukturellen Voraussetzungen bereitstellen müssen. In diesem Wechselspiel hängt die Qualität demokratischer Politik sehr davon ab, ob Bürgerinnen und Bürger die Chance haben, sich Gehör zu verschaffen, ob sie sich ernst genommen oder bevormundet fühlen, ob sie Misstrauen in ihre Aktivität verspüren oder Vertrauen in ihre Repräsentanten setzen können. Soziales Kapital und politisches Handeln in der Lebenswelt und rechtlich-institutionelle Garantien bürgerschaftlicher Autonomie hängen eng miteinander zusammen. Nur wenn sie in einer Balance stehen, kann eine enge legalistische Auslegung des Bürgerstatus und seine Überdehnung im Aktivismus vermieden werden (Seubert, 2009).

Zusammenfassend herrscht in den meisten Staaten eine in Anbetracht der ökologischen Problemlagen überholte Verwaltungskultur (administrative culture) vor, die zu wenig integriert, nicht offen und übersichtlich genug ist, der es an Innovationsfähigkeit und Langfristigkeit mangelt und die stattdessen auf Ad-hoc-Lösungen und abgeschottete oder stark formalisierte Verhandlungsarrangements setzt (Jann,

1983). Kurzfristige Politikorientierung und ein Spielen auf Zeit herrschen vor, wo ebenso rasche wie nachhaltige Entscheidungen notwendig wären. Das Primat strukturkonservativer Interessen bleibt bestehen, wo eine weit vorausschauende und proaktive Politik für die Sicherung der Lebensbedingungen und -grundlagen künftiger Generationen nötig wäre. Notwendig ist eine politisch-administrative Struktur im Modus des „Futur zwei" – die heute fragt, was Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft im Jahr 2011 werden getan haben müssen, um im Jahr 2020 oder 2050 Ziele erreichen zu können, die im Grunde konsensfähig sind. Partikularinteressen dominieren systematisch Interessen des so verstandenen globalen Gemeinwohls. Diese in der Geschichte moderner Staaten durchgängige Tendenz, die aber periodisch immer wieder unterbrochen wurde, spitzt sich nun aufgrund von „Naturgefahren", wie dem Klimawandel und dem Verlust von Biodiversität zu.

5.3.2 Mehr Demokratie wagen!

Die Staaten der Welt befinden sich in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung und verfügen über unterschiedliche politisch-institutionelle und sozioökonomische Handlungsfähigkeiten, um die Transformation zu bewältigen. Für den WBGU bildet der demokratische Rechtsstaat den Referenzrahmen für die Beurteilung der Transformation. Weit über die Reduktion von Treibhausgasen hinaus geht es bei der Großen Transformation um die Herstellung legitimer, gerechter, kreativer und dauerhafter Problemlösungen. Hier stellt der demokratische Prozess genau die Institutionen zur Verfügung, die für eine nachhaltige Transformation notwendig sind.

Da dies in der aktuellen Debatte häufig bestritten wird und autokratische Regime gelegentlich für besser geeignet gehalten werden, zum Beispiel großflächige Energieeffizienz- und Infrastrukturprogramme aufzulegen und durchzusetzen, müssen die strukturellen Elemente und Vorteile der demokratischen Herrschafts- und Lebensform ganz knapp in Erinnerung gerufen werden: Kernelement der Demokratie ist die Kongruenz von Herrschern und Beherrschten – Demokratie ist nach einem berühmten Diktum Abraham Lincolns „Herrschaft des Volkes durch das Volk und für das Volk". Ihre wichtigste Errungenschaft ist somit die Legitimationsnotwendigkeit aller Herrschaftsakte, die in demokratischen Systemen durch die politische Gleichheit aller (Inklusion) gewährleistet wird. Demokratien verfolgen seit 2500 Jahren ein Vertrauen in die (politische) „Weisheit der Vielen". Deshalb funktionieren sie nach verschiedenen Varianten der Mehrheitsregel, die jedoch nicht als „Tyrannei der Mehrheit" ausgelegt werden darf, sondern Minderheiten effektiv und fair zu Wort kommen lassen, beteiligen und schützen muss. Außerdem sind demokratische politische Systeme eingebettet in Gesetz und Rechtsstaatlichkeit; grundlegende Verfassungsnormen sind der Revidierung durch Mehrheitsentschluss explizit entzogen.

Mit diesen Prinzipien verbunden sind effektive Entscheidungsvorzüge wie die Reversibilität von Entscheidungen und die effektive Partizipation der „stakeholder" in der Bürgerschaft, die durch direkte und indirekte Einbeziehung in den Entscheidungsprozess und durch öffentliche Mehrebenenkommunikation herbeigeführt wird. Die Rationalität und der komparative Vorzug und Vorteil von Demokratien besteht also in der besseren Bündelung von Präferenzen und Interessen, in der bestmöglichen Nutzung verteilter Intelligenz und in der höchsten „Input-Legitimation" politischer Systeme. Gemeint ist damit, dass Bürger nicht Leistungen eines obrigkeitsförmigen Staates entgegennehmen, sondern an ihrer Gestaltung und Ausrichtung souverän mitwirken. Insofern reagieren moderne Demokratien auf die generelle Entkopplung moderner Gesellschaften von Hierarchien und die nachweislichen moralischen Effekte öffentlicher Diskussion und Deliberation; beides sorgt für eine relativ starke Orientierung jedes Einzelnen am (fiktiven) Gemeinwohl bei gleichzeitiger Chance, individuelle Interessen zu verfolgen und durchzusetzen.

Es liegt auf der Hand, dass kein demokratisches System dieses Optimum jeweils erreicht hat, und die These einer „postdemokratischen" Entwicklung liberaler Systeme mit langer demokratischer Tradition wird in der sozialwissenschaftlichen Literatur breit diskutiert (Crouch, 2004; Jörke, 2010). Problematisch sind hier vor allem drei Faktoren: (1) die wachsende soziale Ungleichheit vieler entwickelter Gesellschaften, die sich negativ auf Partizipationsmöglichkeiten und -bereitschaft auswirkt, (2) die Entmutigung bürgerschaftlicher Aktivität durch Setzungen der globalen Ökonomie, die mit Anreizen individuellen Wettbewerbs die zivile Kultur der Kooperation, Verantwortung und Solidarität unterminiert, und (3) die empirische Verkopplung wohlfahrtsstaatlicher Systeme mit dem Paradigma wirtschaftlichen Wachstums, das mit unangemessenem Ressourcenverbrauch die natürlichen Grundlagen demokratischer Gesellschaften aushöhlt (Kap. 2.3; Kasten 5.2-1). Ungeachtet solcher durchaus schwer wiegenden Krisentendenzen hält der in Kapitel 1.2.2 skizzierte Generaltrend der Demokratisierung über die westlichen Kernländer hinaus jedoch weltweit an. Die Demokratie hätte sich dann als weltweites Ordnungsmodell etabliert und sie müsste ihre Leistungsfähigkeit im Blick auf die anstehende Große Transformation erweisen.

Leistungsfähigkeit von Demokratien

Derzeit hat die Demokratie diese Zukunftsfähigkeit noch keineswegs unter Beweis gestellt (Kasten 5.3-1). Zeitdruck und Komplexität der Transformation werfen deshalb die Frage nach der Funktionsfähigkeit und Tauglichkeit demokratischer Systeme auf. Die Qualität und Leistungsfähigkeit von Demokratien wird üblicherweise gemessen an ihrem Input, also an der effektiven Beteiligung der Bürger sowie die Bereitschaft der Politik, auf die Interessen und Wünsche der Bürger einzugehen, und an ihrem Output, d.h. der politischen Leistungsfähigkeit in Gestalt effektiven und effizienten Handelns der Exekutive (Brusis, 2008). Die Maßnahmen einer Politik der Transformation setzen temporal wie räumlich die Normalform demokratischen Regierens unter Druck. Demokratische Verfahren benötigen in der Regel Zeit, da sie vielfältige Interessen berücksichtigen; zudem sind sie normalerweise an der kurzfristigen Erreichung von Politikzielen orientiert, so dass die Bearbeitung und Lösung von Langfristproblemen erschwert wird (Kap. 5.3.1.1). Langsamkeit ist allerdings keine inhärente Eigenschaft demokratischer Systeme und Institutionen. Wie der Umgang mit der Finanz- und Wirtschaftskrise im Herbst 2008 zeigt, sind Demokratien durchaus in der Lage, schnell auf finanzielle und wirtschaftliche Krisensituationen zu reagieren und weitreichende Reformentscheidungen zu treffen. Unter dem Druck der Finanz- und Wirtschaftskrise wurden in kürzester Zeit milliardenschwere Bankenrettungsschirme und Konjunkturpakete verabschiedet (Meyer-Ohlendorf et al., 2009). Das deutsche Finanzmarktstabilisierungsgesetz (FMStG) und die Einrichtung eines Fonds in Höhe von 480 Mrd. € wurden in einem Eilverfahren innerhalb einer Woche von Bundestag und Bundesrat beschlossen sowie vom Bundespräsidenten unterschrieben (BMF, 2008). Sind die notwendigen gesetzgeberischen Koalitionen vorhanden, sind weit reichende Reformentscheidungen in demokratischen Systemen auch sehr kurzfristig möglich.

Im Bereich der Transformationspolitik zeichnen sich trotz des Wissens um die gravierenden Folgen der Erderwärmung solche übergreifenden Koalitionen und raschen Entscheidungsprozesse nicht ab. Dies nährt die erwähnte Demokratieskepsis und den Glauben an eine vermeintlich höhere Effizienz autokratischer oder expertokratischer Systeme (Shearman und Smith, 2007; Friedman, 2009; Pötter, 2010; Siller, 2010): Wenn auf langwierige parlamentarische Verfahren und individuelle Rechte keine Rücksicht mehr genommen werden muss, so heißt es, kann dies staatliches Handeln erheblich beschleunigen. Deshalb sind außergewöhnliche Rechtsbefugnisse wie z.B. Notstandsgesetze zur Bewältigung existenzieller Krisen auch in Demokratien verbreitet (Nullmeier und Dietz, 2010). Sie stellen eine regulierte und zeitlich begrenzte Kompetenzerweiterung der Exekutive dar. Auch die Politik des „New Deal" unter US-Präsident Roosevelt bediente sich in ihrer Anfangsphase in den 1930er Jahren einer beispiellosen Ausdehnung der Kompetenzen der Bundesregierung gegenüber den Einzelstaaten und in neuen Politikfeldern, um die staatliche Handlungsfähigkeit auszuweiten (Adams, 2008). Der Einsatz des Notstandsrechts oder anderweitiger dirigistischer Maßnahmen zur beschleunigten Umsteuerung kann jedoch kaum demokratische Legitimation beanspruchen. Die Anerkennung und Umsetzung der planetarischen Leitplanken zur Erhaltung der Lebensgrundlagen im politisch-wirtschaftlichen System kann daher nicht über autoritäre Ordnungspolitik erfolgen, sondern muss sich langfristig auf breite öffentliche Zustimmung stützen (Kap. 5.4.1.2). Der öffentliche Anschein einer nicht legitimierten Politik kann im Gegenteil den Erfolgsaussichten einer transformativen Politik enorm schaden (Nullmeier und Dietz, 2010; Leggewie, 2010).

Hingegen ist die Problemlösungsfähigkeit autoritärer Systeme bzw. Verfahren im Rahmen der erforderlichen Transformation keineswegs empirisch gesichert (Kasten 5.3-1). Die Große Transformation kann nur gelingen, wenn die Systeme innovative Lösungen hervorbringen und sich möglichst viele Akteure aus allen gesellschaftlichen Bereichen an ihr beteiligen. Sie ist auf aktive, interessierte und verantwortungsbewusste Bürger angewiesen. Nur eine offene, demokratische Gesellschaft ist in der Lage, die Art von Kreativität und Innovation zu entwickeln, die die Transformation erfordert. Es geht also nicht darum ob, sondern wie die Transformation demokratisch gelöst wird. Die Hauptprobleme liegen im Zeitdruck und im grenzüberschreitenden Charakter der Großen Transformation. Da demokratische Verfahren unweigerlich Zeit konsumieren, muss unverzüglich mit der politischen Umsteuerung begonnen werden.

Für die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft mangelt es nicht an politischer Programmatik (policies, Politikfelder), die Probleme liegen im politischen Prozess (politics, politischer Wettbewerb und Machtkampf). Es geht nun darum, diese Blockaden, die den Wandel behindern, in nationalen Systemen und auf globaler Ebene zu überwinden, politische Verfahren zu beschleunigen und auf eine langfristige Perspektive auszurichten und gleichzeitig die Legitimationsbasis der Entscheidungen zu erhöhen (Leggewie, 2010). Die Große Transformation ist deshalb nicht zuletzt ein Test für die Zukunftsfähigkeit der Demokratie.

5.3.3 Die Transformation in Schwellenländern – Wohlstand und Politiktrends in China, Brasilien und Indien

Die Analyse der institutionellen und politischen Voraussetzungen einer Transformation zur Klimaverträglichkeit zeigt die hohen Anforderungen, die der Umbau an Gesellschaften stellt. Die bisherigen Überlegungen konzentrierten sich vor allem auf Transformationspotenziale und -blockaden in westlichen Industriegesellschaften und Demokratien. Damit die globale Transformation gelingt, müssen aber vor allem auch die Schwellenländer zu Akteuren des klimaverträglichen Umbaus werden. Eine detaillierte Policy-Analyse zu den Transformationsdynamiken in Schwellenländern kann hier nicht erfolgen, aber kurze Skizzen der entsprechenden Entwicklungen in China, Brasilien und Indien illustrieren die sehr unterschiedlichen Grundmuster sozioökonomischen Wandels in typischen Schwellenländern. Wollen Deutschland und Europa Anstöße zu einer klimaverträglichen Transformation in diesen Ländern geben oder bereits existierende Reformtendenzen verstärken, müssten sie dabei den sehr unterschiedlichen Ausgangs- und Rahmenbedingungen Rechnung tragen.

5.3.3.1 China

Das Wirtschaftswachstum und die Energienachfrage steigen in China ungeachtet der Weltwirtschaftskrise der vergangenen Jahre weiter stark an. Gut 70 % des Energieangebotes werden dabei gegenwärtig durch Kohlekraftwerke abgedeckt. Aufgrund der rasant steigenden Energienachfrage investiert die Regierung zugleich massiv in den Ausbau der Nuklearenergie und der erneuerbaren Energien. Die institutionelle Leistungsfähigkeit des Landes ist für ein autoritär regiertes Land hoch und hat sich in den Wachstumsregionen an der Ostküste des Landes stetig verbessert. Sie sind etwa vergleichbar den Governance-Kapazitäten Südkoreas oder Taiwans in den 1980er Jahren und stehen somit in deutlichem Gegensatz zu der institutionellen Sklerose, die derzeit in den Autokratien Nordafrikas zu beobachten ist.

Die hohe Investitionsdynamik und die Struktur der Investitionen zeigen, dass nationale wie internationale Investoren bereit sind, langfristige Vorhaben in China zu realisieren (Winters und Shahid, 2007; Kaplinsky und Messner, 2008). Diese Bereitschaft würde vermutlich auch anhalten, wenn die Weichen zukünftig in Richtung Dekarbonisierung ausgerichtet würden. Für die Chancen einer Transformation zur Klimaverträglichkeit sind zunächst die Eigeninteressen der Regierung und deren politischer Wille zu „grünen Reformen“ ausschlaggebend. Hier ist festzustellen, dass es entsprechend der schieren Größe der fossil basierten Energiewirtschaft – ähnlich wie in vielen OECD-Ländern – starke Interessengruppen gibt, die für eine Fortsetzung des etablierten Entwicklungspfades streiten. Es gibt aber auch eine Reihe von Gründen, die dafür sprechen, dass China zu einem Treiber klimaverträglicher Entwicklung wird: So vertreten Teile der chinesischen Regierung und der Wirtschaft die Ansicht, dass China die Chance hat, den technologischen Wandel zur Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit besser und schneller zu bewerkstelligen als westliche Industrieländer und sich entsprechende Wettbewerbsvorteile erschließen könnte. Die signifikanten Folgen des Klimawandels für China werden in den Diskussionen über die zukünftigen Entwicklungsstrategien des Landes mittlerweile systematisch berücksichtigt. Außenpolitische Vordenker an chinesischen Universitäten und in den Ministerien halten eine mögliche Vorreiterrolle Chinas im Bereich „grüner Entwicklung“ für ein zentrales Element zur Steigerung der außenpolitischen Reputation der werdenden Supermacht, die aufgrund ihrer Demokratie- und Menschenrechtsdefizite international weiterhin nur über begrenzte Strahlkraft verfügt (Gu et al.,2008; Wang, 2009). Aus der Verbindung zwischen diesen Argumentationssträngen könnte eine Transformationsdynamik entstehen, die im Anfang 2011 veröffentlichten 12. Fünfjahresplan der Regierung zumindest in Umrissen sichtbar wird (Chinese Government, 2011).

Ob eine solche Transformation auf die Unterstützung der Zivilgesellschaft treffen könnte oder von ihr gar forciert wird, ist schwer zu beurteilen. Klassische Umweltthemen (z.B. Luft- und Wasserverschmutzung) sowie die Sorge um die Nahrungsmittelsicherheit (Belastung durch chemischen Dünger, verunreinigtes Trinkwasser) spielen in den öffentlichen Debatten und Medien eine wichtige Rolle. Zugleich steht für viele Chinesen der soziale Aufstieg ganz oben auf der persönlichen Agenda, so dass ein „grüner Umbau“ als Verlangsamung ökonomischen Fortschritts wahrgenommen werden könnte (Heberer und Senz, 2007). Doch es gibt keine verlässlichen Daten, die seriös Auskunft über die tatsächlichen Ansichten der chinesischen Bevölkerung geben könnten. Ohnehin ist die fragile Akzeptanz und Legitimation der chinesischen Regierung die Achillesferse der chinesischen Entwicklung: Die Tatsache, dass die Regierung Anfang 2011 die demokratischen Bewegungen in Nordafrika, aber auch die Dramatik des Nuklearunfalls in Fukushima in den Medien unterdrückte, dokumentiert die Unfähigkeit zur Austragung öffentlicher Zukunftsdiskussionen in „sensiblen Feldern“.

Wie lange die dynamische wirtschaftliche Entwicklung Chinas ohne durchgreifende politische Reformen funktioniert, ist schwer zu sagen. Es gibt seit der Indus-

Kasten 5.3-1

Umweltperformanz von demokratischen und autokratischen Regimen

Die ökologische Problemlösungsfähigkeit von Demokratien steht angesichts aktueller ökologischer Krisen und weiterreichender Katastrophenszenarien in der Diskussion. Teils offen, teils verdeckt wird autokratischen Regimen eine größere Leistungsfähigkeit zugesprochen, den Umwelt- und Klimawandel zu begrenzen und seine Folgen zu bewältigen (Meadows et al., 1972). Während lange Zeit davon ausgegangen wurde, dass die Ausgestaltung politischer Institutionen und Prozesse eine untergeordnete Rolle für die Lösung von Umweltproblemen spielt – bzw. sie als weniger wichtig als ökonomische Faktoren wie Technologie, Bevölkerungswachstum, geographische Lage usw. erachtet wurden – haben nach 1989/90 Forscher verstärkt die Umweltperformanz sowie die ökologische Problemlösungsfähigkeit demokratischer und autokratischer Regime untersucht.

Die verschiedenen Untersuchungen kommen bislang zu keinem eindeutigen Befund. Payne (1995) legt dar, dass ein demokratischer Regimetyp sich positiv auf den Zustand der Umwelt auswirkt, da Demokratien in der Regel eine höhere Responsivität gegenüber Umweltbelangen aufwiesen, ihre Bürger freien Zugang zu Informationen über Umweltprobleme besäßen und demokratische Systeme generell eine höhere Anpassungsfähigkeit zeigten. Auch andere Studien (wie Gleditsch und Sverdrup, 2002; Li und Reuveny, 2006) weisen eine positive Relation zwischen Demokratie und Umweltperformanz empirisch nach und haben gezeigt, dass, bezogen auf das wirtschaftliche Entwicklungsniveau, Demokratien über einen geringeren Ausstoß an CO_2 verfügen als autokratische Regime. Zahran et al. (2007) sowie Bättig und Bernauer (2009) haben zudem gezeigt, dass Demokratien eher bereit sind, in Fragen des Umwelt- und Klimaschutzes international zu kooperieren. Und auch beim Climate Change Performance Index (CCPI), der die Klimaschutzperformanz von Staaten misst, sind in den Jahren 2009 und 2010 auf den ersten 10 Plätzen ausschließlich Demokratien zu finden (Germanwatch und Climate Action Network Europe, 2008, 2009).

Midlarsky (1998) hat hingegen argumentiert, dass ein demokratisches Regierungssystem sich negativ auf die ökologische Problemlösungskapazität einer Gesellschaft auswirkt, da es in Demokratien, die stärker Konsens und Kompromisse anstreben, schwieriger sei, egoistische Interessengruppen zu überwinden, die wirksamen Umweltschutz blockieren, und grundsätzlich den Vertretern von Umweltinteressen eine Übermacht von rein an Profit orientierten Lobbyverbänden gegenüberstünde. Midlarsky (1998) hat anhand einer Stichprobe von 98 Ländern in Bezug auf drei Indikatoren zur Bemessung der Umweltperformanz (darunter CO_2-Ausstoß und Entwaldung) eine signifikante negative Beziehung zwischen Demokratie und Umweltschutz empirisch nachgewiesen.

Ist die Forschung bezüglich eines positiven Effekts von Demokratie auf die ökologische Leistungsbilanz auch uneindeutig, bleibt dennoch festzuhalten, dass es bislang keinerlei empirische Evidenz für die Annahme gibt, die Umweltperformanz von Autokratien sei besser als die von Demokratien (Saretzki, 2007). Bislang gibt es vor allem keine empirisch abgesicherten Argumente dafür, außerhalb des Bereichs der Demokratie nach politischen Systemen Ausschau zu halten, die eine bessere Umweltperformanz versprechen.

triellen Revolution keine relevanten historischen Beispiele für wirtschaftlich auf Dauer erfolgreiche Autokratien. Modernisierungsautokratien müssen sich ab einem bestimmten Entwicklungsniveau, das viele Autoren bei einem Durchschnittseinkommen um die 5.000 US-$ pro Kopf für erreicht halten, entweder politisch liberalisieren, um weiterhin wirtschaftlich erfolgreich zu sein (wie Taiwan, Südkorea, Chile, einige ehemalige sozialistische Länder in den 1990er Jahren), oder sie landen auf mittlere Sicht in Stagnationsfallen (wie die ehemalige Sowjetunion, Russland, Ägypten, Tunesien; Sen, 1999; Faust, 2006; Reinert, 2007). Die chinesische Regierung hat schon heute Probleme, zentralstaatliche Entscheidungen in den Regionen und Kommunen durchzusetzen (Heberer und Senz, 2007).

Damit steht die chinesische Regierung vor der Herausforderung, die weitere Armutsbekämpfung und Steigerung wirtschaftlicher Wohlfahrt mit einer Transformation zur Nachhaltigkeit sowie einer sukzessiven politischen Öffnung zu verbinden. Für Fortschritte in Richtung Klimaverträglichkeit spricht, dass diese Herausforderung in den chinesischen Diskussionen der vergangenen Jahre von einem Umwelt- zu einem Wirtschafts- und Innovationsthema umkodiert wurden (CCICED, 2009). Hierin besteht der relevante Ansatzpunkt für Klimapartnerschaften mit dem asiatischen Riesenreich.

5.3.3.2 Brasilien

In Brasilien stellt sich die Ausgangssituation völlig anders dar. Die politische Legitimation und Akzeptanz der Regierung in der Bevölkerung ist in den vergangen zwei Dekaden permanent gestiegen. Dazu beigetragen haben eine umfassende Modernisierung der öffentlichen Institutionen, Demokratisierungsfortschritte sowie sozioökonomische Verbesserungen, die auch in den sozial schwachen Schichten angekommen sind (Schirm, 2007). Zugleich kann Brasilien bereits heute etwa 40 % seines Energiebedarfes aus erneuerbaren Quellen speisen, vor allem aus Wasserkraft. Darüber hinaus hat die brasilianische Wirtschaft, unterstützt durch die Politik, eine leistungsstarke Ethanolwirtschaft aufgebaut. Die Ausgangsbedingungen stünden also nicht schlecht, Brasilien zu einer klimaverträglichen Pionierökonomie weiterzuentwickeln. Zum einen sind die naturräumlichen Bedingungen für die Nutzung erneuerbarer Energien sehr gut, zum anderen zeigt die

internationale Gemeinschaft eine signifikante Bereitschaft, Brasilien dabei zu unterstützen, den Amazonasregenwald zu schützen: 70% der Treibhausgasemissionen des Landes entstehen durch Entwaldung.

Allerdings orientiert sich die brasilianische Politik, Wirtschaft und Gesellschaft derzeit noch mehrheitlich an tradierten Modernisierungsvorstellungen der industriellen Epoche. Der Diskurs zur Klimaverträglichkeit ist weniger stark ausgeprägt als in China (Stuenkel, 2010). Hinzukommen große Ölfunde an den Küsten Brasiliens, die wirtschaftliche Begehrlichkeiten auslösen und mit denen die Hoffnung verbunden wird, die Rolle Brasiliens in der Weltwirtschaft weiter zu stärken. Brasilien ist also ein „Potenzialland für Klimaverträglichkeit“: Einerseits verfügt es über ausgezeichnete naturräumliche Voraussetzungen und günstige politische Ausgangsbedingungen für eine post-fossile Wende (Demokratie, institutionelle Handlungskapazitäten, hohe Legitimation der Regierung); andererseits scheint der gesellschaftliche Wandel eine solche Transformation bisher nicht zu befördern. Vermutlich wäre der wichtigste Treiber einer solchen Entwicklung daher eine Wende zur Nachhaltigkeit in wichtigen Zentren der Weltwirtschaft, etwa in Europa und China. Damit entstünden Anreize, die grüne Transformation als wirtschaftliche Chance zu sehen und damit Signale zu setzen, die bisher in der brasilianischen Gesellschaft nicht mehrheitsfähig zu sein scheinen.

5.3.3.3 Indien

Die indische Regierung hat bis vor wenigen Jahren grundsätzlich argumentiert, dass der klimaverträgliche Umbau der Wirtschaft eine Herausforderung und eine Verpflichtung für die OECD-Länder sei, nicht jedoch für Entwicklungsländer. Dieser Diskurs hat sich zuletzt verändert. Die Regierung hat in jüngster Vergangenheit Energieeffizienzprogramme aufgelegt und das Thema der Kontrolle von Emissionssteigerungen auf die politische Agenda gesetzt (ADB, 2009). Im Jahr 2009 lag das Durchschnittseinkommen (Nettoinlandsprodukt pro Kopf) Indiens mit 1.180 US-$ deutlich unter dem Einkommen Brasiliens mit 8.040 US-$ und Chinas mit 3.650 US-$, so dass das zentrale Thema der politischen Auseinandersetzung in Indien absehbar die Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und die Reduzierung der noch immer großen Armut ist und bleibt (World Bank, 2011a). Es ist daher unwahrscheinlich, dass von Indien ein starker Impuls zur klimaverträglichen Transformation der Weltwirtschaft ausgeht. Doch falls relevante Volkswirtschaften demonstrieren, dass Klimaverträglichkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Armutsreduzierung kombiniert werden können, wären die Bedingungen, aus deren Erfahrungen zu lernen, in Indien besonders günstig. Die Pro-Kopf-Emissionen von CO_2 aus fossilen Quellen lagen in Indien trotz des hohen Wirtschaftswachstums der vergangenen zwei Dekaden im Jahr 2007 nur bei etwa 1,3 t (China 5,1 t; Brasilien 2,0 t; WRI-CAIT, 2011). Damit sind die fossilen Pfadabhängigkeiten, die in den OECD-Ländern, aber auch in China die Transformation erschweren, deutlich geringer. Zudem hat Indien im Gegensatz zu China noch die Chance, seinen Modernisierungsprozess ohne einen langen fossilen Umweg zu gestalten und frühzeitig auf einen klimaverträglichen Entwicklungspfad zu setzen.

5.3.4 Supranationale Erweiterung und globale Entgrenzung

Neben dem beschränkten Zeithorizont, den sich demokratische Politik üblicherweise gibt, liegt das Problem auch in der globalen Entgrenzung und den Demokratiemängeln supra-, trans-, und internationaler Regulierung. Regierungen treffen ihre Entscheidungen mit dem Blick auf Interessen und Erwartungen der heimischen, nationalen Klientel und Wählerschaft. Und der Blick auf deren unmittelbare Interessen vernachlässigt erneut die Konsequenzen heutiger Entscheidungen für die nächsten Generationen. Auch hier stößt die Demokratie auf strukturelle Defizite. Seit längerem schon werden diese „Grenzen der Mehrheitsdemokratie“ (Offe und Guggenberger, 1984) thematisiert, wonach Mehrheiten nicht guten Gewissens tief greifende und irreversible Entscheidungen fällen dürfen, die nicht nur künftigen Generationen möglicherweise ihre Handlungsfreiheit nehmen, sondern auch Bevölkerungen außerhalb ihrer Grenzen massiv betreffen. Räumlich wie temporal ist die demokratiepolitisch unhaltbare Kluft zwischen Entscheidungsberechtigten und Entscheidungsbetroffenen (bzw. Autoren und Adressaten von Gesetzgebung und Rechtsprechung) gewachsen.

Dies gilt in besonderem Maße für Politikbereiche, die den Klimaschutz und andere Grenzen des Erdsystems betreffen, denn über demokratische Mitbestimmung werden auch Überlebensmöglichkeiten verteilt (Möllers, 2010). Ein CO_2-intensiver Lebensstil in westlichen Industriegesellschaften schädigt die Interessen der Menschen, die von den Folgen des Klimawandels existenziell bedroht werden und bislang überwiegend in Entwicklungs- und Schwellenländern leben. Die Transformation kann deshalb nur gelingen, wenn sich freiheitliche Gesellschaften in der in Kapitel 2.5 erörterten Weise selbst beschränken und bei ihren Entscheidungen stärker als gewohnt die räumlichen Auswirkungen und zeitlichen Folgen mit bedenken. Insofern ist jede Politik anachronistisch, die globale Agenden lediglich

nationalstaatlich zu bewältigen sucht. Globalisiert sind nämlich nicht nur die Finanzmärkte und der Aktionsradius transnationaler Unternehmen, auch viele Umweltprobleme besitzen ein planetarisches Ausmaß.

In Ermangelung einer Weltregierung (oder gar eines Weltstaates) muss globale Politik also supra- und transnationale Ansätze befördern, die unterhalb dieser Ebene regionale Formate der Risikoerkennung und Problemlösung bieten. Modellhaft ist diesbezüglich die EU, ein zwischen Staatenbund und Bundesstaat angesiedeltes Gemeinwesen sui generis mit 27 Mitgliedstaaten (Landfried, 2002; Jachtenfuchs und Kohler-Koch, 2003; Lepsius, 2000). Wie in Kapitel 3.5.6 beschrieben gilt sie als Beispiel für und Ergebnis einer Transformation. Als supranationaler Staatenverbund bietet sie den Mitgliedstaaten – und auch faktisch inkludierten Nicht-Mitgliedern wie der Schweiz, Anrainern wie Norwegen oder Beitrittskandidaten wie Kroatien und der Türkei – die Chance grenzüberschreitender Problemlösungen in der Energie-, Umwelt- und Klimapolitik, sowohl durch die Anwendung supranationalen Rechts in „vergemeinschafteten" Politikbereichen als auch durch intergouvernementale Kooperation in gemeinsamen Belangen. Interessanterweise sind die klassischen Politikfelder der sozialen Sicherung weniger vergemeinschaftet als Strukturpolitiken wie die Agrar- und Umweltpolitik, und damit weitgehend Sache der Mitgliedstaaten. Die EU zeigt damit die historisch einzigartige Aufhebung der anachronistisch gewordenen nationalen Souveränität in einer supranationalen Politikverflechtung und in der Konvergenz zu einer transnationalen europäischen Gesellschaft, die zugleich ihre lokalen Eigenheiten und Traditionen bewahren kann. Beide Tendenzen werden konterkariert durch dysfunktionale Effekte der Politikverflechtung (Scharpf, 1985) und Tendenzen zur (symbolischen wie faktischen) Renationalisierung.

Hindernisse einer gemeinsamen europäischen Energiepolitik

Die EU nimmt potenziell eine gewichtige Rolle in der Großen Transformation ein, denn beispielsweise der Ausbau der Energieinfrastruktur im Sinne der Verknüpfung neuer Stromquellen in Nord- und Südeuropa mit den Energiespeichern und den (Haupt-)Verbrauchszentren erfordert für eine kostengünstige und effektive Umsetzung ein EU-weites Vorgehen (EU COM, 2010e). Neben den schon beschriebenen Blockaden (Kap. 5.3.1) ergeben sich aus dem institutionellen Gefüge und dem Verhältnis zwischen Mitgliedstaaten und der EU weitere Hindernisse für die Wahrnehmung dieser transformativen Aufgaben durch die EU. Grundsätzlich verfügt sie mit Verordnungen und Richtlinien über die angemessenen Handlungsformen, um in den Mitgliedstaaten transformative Maßnahmen zu initiieren, die einem gemeinsamen EU-weiten Ziel dienen. Dabei ist die Richtlinie aus der Sicht der Mitgliedstaaten das mildere Mittel, werden mit ihr doch nur Ziele verbindlich vorgegeben. Die zur Zielerreichung erforderlichen Mittel, einschließlich der Ausgestaltung des Verwaltungsverfahrens, können von den Mitgliedstaaten selbst gewählt werden. Die Verordnung hingegen gilt mit allen ihren Bestimmungen unmittelbar in den Mitgliedstaaten (Art. 288 AEUV).

Liegen hiermit grundsätzlich Handlungsformen für eine supranationale Infrastrukturpolitik vor, erweist es sich jedoch als hinderlich, dass die EU wegen des Grundsatzes der begrenzten Einzelermächtigung (Art. 7 AEUV) als supranationale Institution von diesen Mitteln nur Gebrauch machen kann, wenn sie in dem entsprechenden Bereich über eine Handlungsermächtigung bzw. Kompetenz verfügt. In den drei Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung ist dies nicht der Fall. Hinsichtlich der Energiesysteme fehlt es der EU an den Kompetenzen, die Errichtung eines umfassenden, grenzüberschreitenden Energienetzes zu regeln und den rechtlichen Rahmen für einen Energiemix festzulegen, der in eine klimaverträgliche Zukunft ohne Kernenergie in den Mitgliedstaaten führt (Kap. 4). Zwar verfügt die EU seit Inkrafttreten des Vertrags von Lissabon über eine (ausdrückliche) energiepolitische Kompetenz und in deren Rahmen auch über die Möglichkeit, die Interkonnektion der Energienetze zu fördern (Art. 194 Abs. 1 lit. d AEUV). Darauf gestützt hat die EU jedoch nur die Befugnis, eigene Projekte zu initiieren und die Mitgliedstaaten allgemein hinsichtlich der Durchführung („Ob") zu verpflichten. Hinsichtlich der Art und Weise der Durchführung („Wie"), beispielsweise bezüglich der konkreten Trassenführung, kann sie wegen der fehlenden Planungskompetenz nicht handeln. Diese Befugnis verbleibt somit bei den Mitgliedstaaten. Für den EU-weiten Ausbau der Energienetze gehört jedoch nicht nur das „Ob", sondern auch das „Wie" zur Sicherstellung der effektiven Interkonnektion der Netze.

Darüber hinaus enthält die neu eingefügte energiepolitische Kompetenz in Art. 194 AEUV auch nicht die Befugnis, den rechtlichen Rahmen für den Energiemix in den Mitgliedstaaten festzulegen. Vielmehr nimmt Art. 194 Abs. 2 UAbs. 2 AEUV ausdrücklich Maßnahmen aus dem Kompetenzbereich heraus, die das Recht eines Mitgliedstaats berühren, die Bedingungen für die Nutzung seiner Energieressourcen, seine Wahl zwischen verschiedenen Energiequellen und die allgemeine Struktur seiner Energieversorgung zu bestimmen. Damit wurde eine klare Kompetenzgrenze gezogen (Calliess, 2010); die Bestimmung des Energiemix bleibt somit alleiniger Gegenstand mitgliedstaatlicher

Hoheitsgewalt. Die fehlende energiepolitische Kompetenz der EU für die Bestimmung des Energiemix ist auf den mangelnden politischen Willen der Mitgliedstaaten zurückzuführen, diesen Bereich auf die supranationale Ebene zu übertragen und damit dem Einfluss der anderen Mitgliedstaaten zu eröffnen (Fischer, 2009).

Schließlich kann die EU auf der Grundlage der umweltpolitischen Kompetenz ebenfalls nur begrenzt Vorgaben für den nationalen Energiemix machen, denn diese Kompetenz dient vorrangig Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit sowie zum umsichtigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen (Art. 191 Abs. 1 AEUV). Dies schließt auch die ökologisch motivierte Förderung erneuerbarer Energieträger ein, weshalb auf der umweltpolitischen Kompetenz die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) erlassen wurde. Diese legt den durch die Mitgliedstaaten bis zum Jahr 2020 zu erreichenden Anteil der erneuerbaren Energieträger beim Bruttoendenergieverbrauch und im Verkehrssektor fest und regelt somit jedenfalls teilweise den Energiemix in Bezug auf diese Energieträger. Aber selbst bei einer solchen ökologisch motivierten Beeinflussung des Energiemix kann die EU nur unter erschwerten Voraussetzungen von ihrer umweltpolitischen Kompetenz Gebrauch machen. Auf diese Kompetenzgrundlage gestützte Maßnahmen, die die Energiequellen und die allgemeine Struktur der Energieversorgung eines Mitgliedstaates erheblich berühren, bedürfen einer einstimmigen Entscheidung der Mitgliedstaaten und sind damit dem nationalen Veto vorbehalten (Art. 192 Abs. 2 lit. c AEUV). Damit besteht nach der energiepolitischen Kompetenz keinerlei Befugnis, den rechtlichen Rahmen für den Energiemix festzulegen, und nach der umweltpolitischen Kompetenz nur die von allen Mitgliedstaaten befürwortete ökologische Beeinflussung des Energiemix.

Die Kompetenz der EU zur Festlegung des rechtlichen Rahmens für den Energiemix kann auch nicht im Wege der Auslegung der Verträge erzielt werden. Denn für die EU als supranationale Organisation gilt nach wie vor das Prinzip der begrenzten Einzelermächtigung. Hiernach verfügt die EU nur über die auf vertraglichem Weg konkret übertragenen Kompetenzen, die sie mangels einer sogenannten Kompetenz-Kompetenz auch nicht ohne vertragliche Ermächtigung selbständig erweitern kann.

5.3.5 Globales Regieren in einer multipolaren Welt

Wie das physikalische Klimasystem vollzieht auch das weltpolitische Koordinatensystem gegenwärtig einen tief greifenden Wandel. Es befindet sich im Übergang von einer US-dominierten unipolaren Weltordnung in eine multipolare Weltordnung, die absehbar insbesondere durch den relativen Bedeutungszuwachs Chinas und Indiens geprägt sein wird (Messner, 2006; Zakaria, 2008). Daneben ist zu erwarten, dass weitere aufstrebende Regionalmächte wie Brasilien oder Südafrika zukünftig ebenfalls eine gewichtigere Rolle in der Welt spielen als in den vergangenen Jahrzehnten, wohingegen das relative Gewicht der etablierten „Westmächte" abnehmen wird (Khanna, 2008; Flemes, 2010; Kappel, 2011). Angesichts des Aufstiegs großer Schwellenländer und des Bedeutungszuwachses neuer Politikforen wie der G20 kann schon heute kaum mehr uneingeschränkt von einer westlich dominierten Weltordnung die Rede sein (Cooper und Antkiewicz, 2008; Nuscheler und Messner, 2009; Kumar und Messner, 2010).

Damit einhergehend sind substanzielle Interessenkonflikte zu erwarten, deren friedliche Bewältigung neben der Bewahrung bzw. Bereitstellung globaler öffentlicher Güter eine weitere Herkulesaufgabe für globales Regieren sein wird (Bauer, 2009). Nationale Ansprüche und internationale Verteilungsfragen im Kontext von „peak oil", „peak soil" oder atmosphärischer Verschmutzungsrechte sind dafür exemplarisch. Die multipolare Konstellation ist dabei weit weniger übersichtlich als es die bipolare Welt des Kalten Krieges war. Hinzu kommt die historisch unterfütterte Erkenntnis, dass Machtverschiebungen im internationalen System in aller Regel turbulent und häufig gewaltsam verlaufen (Kennedy, 1988; Kupchan et al., 2001; Münkler, 2005). Der Trend zur Multipolarität droht dadurch zu einem grundsätzlichen Hindernis für eine transformationsfreundliche globale Politik zu werden. In jedem Fall wird er die Rahmenbedingungen zukünftiger Global Governance maßgeblich mitbestimmen (WBGU, 2008; Kap. 4). Vor dem Hintergrund politikwissenschaftlicher Theorien der internationalen Beziehungen erscheinen dabei vier alternative weltpolitische Ordnungsmuster als besonders plausible Szenarien:

1. Eine multipolar strukturierte Weltordnung, in deren Rahmen sich ein geopolitischer Machtwettbewerb zwischen den Polen eines „kalten Friedens" und eines „heißen Konflikts" bewegt,
2. ein spannungsreicher, womöglich gewaltsamer Übergang zu einer neuen unipolaren Hegemonialordnung, z.B. unter Führerschaft Chinas,
3. eine weitgehend friedlich-kooperative Weiterentwicklung einer multilateralen Ordnung auf Grundlage des Völkerrechts und der Vereinten Nationen mit den bekannten Defiziten und Grenzen hinsichtlich globaler Problemlösungsfähigkeit und Handlungsmacht,
4. eine fortschreitende Erosion weltpolitischer Ordnung in Folge gehäufter politischer Katastrophen

(policy disasters) und globalen Politikversagens. Offen bleibt demnach, wie sich ein normativ wünschenswertes und im Sinne der Transformation zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft wirkendes Ordnungsmuster manifestieren könnte, das ein zugleich friedliches, legitimes und nicht zuletzt wirksames globales Regieren ermöglicht.

5.3.5.1 Veränderte Rahmenbedingungen durch Multipolarität

In der sich nach dem Ende des Ost-West-Konflikts ausbildenden wissenschaftlichen Debatte um Global Governance wurde die wachsende Bedeutung Chinas und Indiens zunächst nicht erkannt oder weitgehend ausgeblendet (Messner, 2006). Sofern China und Indien tatsächlich zu den neben den USA wesentlichen Machtpolen des internationalen Systems aufsteigen, werden sie aber dessen weitere institutionelle Ausgestaltung und Organisation maßgeblich mitbestimmen (Kasten 5.3-2). Gerade aus europäischer Sicht stellt sich daher die Frage, inwieweit die Protagonisten der Weltpolitik zu einem funktionstüchtigen Multilateralismus beitragen oder globale Steuerungsbemühungen eher behindern werden (Bauer, 2009; Nuscheler und Messner, 2009).

Beharren etwa die USA auf einer Verteidigung des Status quo und verfolgen China, Indien oder Brasilien demgegenüber eine dezidiert unilaterale Außenpolitik, so würde dies absehbar zu einer überholt geglaubten Politik des Mächtegleichgewichts (Balance-of-Power-Politik) führen, die wesentliche Kapazitäten und Ressourcen binden und globales Regieren entsprechend erschweren würde (Messner, 2006). Die multipolare Konstellation betont in diesem Sinne das klassische „Sicherheitsdilemma" der internationalen Politik (Herz, 1950): Relative Verschiebungen der Machtpotenziale in einem anarchischen, internationalen System können demnach eine Eigendynamik auslösen, die kooperatives Verhalten unterminiert und unkooperatives oder sogar aggressives Verhalten gegenüber weniger mächtigen Staaten rational erscheinen lässt.

Den Erfordernissen wirksam steuernder Governance auf globaler Ebene würde eine solche Handlungslogik zuwider laufen und das Transformationsziel einer klimaverträglichen Weltgesellschaft untergraben. Welche Antworten die Staatenwelt vor diesem Hintergrund auf kollektive Handlungsprobleme findet, wird deshalb zeigen, ob die gegebenen Interessenkonflikte zurück in eine „Welt der großen Mächte" führen oder in eine Welt als Netzwerk zwischenstaatlicher Kooperation, in der sich „Inseln globalen Regierens" zu einem strukturbildenden Ordnungsmuster globaler Governance verdichten können (Kohler-Koch, 1993; Messner et al., 2003).

In jedem Fall ist die gegenwärtige multilaterale Architektur einem starken Anpassungsdruck ausgesetzt. Um im Sinne einer globalen Transformation wirken zu können, muss sie sowohl an den Erfordernissen der planetarischen Leitplanken (Kasten 1-1) ausgerichtet werden und zum anderen den Machtverschiebungen im internationalen System Rechnung tragen. Das daraus erwachsende Spannungsfeld lässt sich schematisch entlang der Achsen der internationalen Machtverschiebung (kooperativ/konfliktiv) und des globalen Klimawandels (moderat/radikal) verorten (Abb. 5.3-1).

Unabhängig davon, wie sich neue globale Ordnungs- und Kooperationsmuster in diesem Koordinatensystem austarieren, werden sie inhärenter Bestandteil einer Welt im Wandel sein. Der plötzliche Stellenwert der G20 im Zuge der globalen Finanzkrise scheint dies getreu dem Prinzip „form follows function" zu veranschaulichen. Durch die internationale Gipfeldiplomatie der G8, G8+5 und G20 wird aber gleichzeitig immer deutlicher erkennbar, dass sich nicht nur das traditionell schwierige Verhältnis zwischen Industrie- und Entwicklungsländern sowie zwischen etablierten und aufstrebenden Mächten, sondern maßgeblich auch die Süd-Süd-Beziehungen verändern: Neben den Industrieländern geraten auch aufstrebende Ökonomien wie China, Indien, Brasilien und Südafrika gegenüber kleinen und besonders armen Entwicklungsländern zunehmend in Erklärungsnot (Bauer, 2009; Conzelmann und Faust, 2009).

Wie aber eine dauerhaft funktionsfähige Anpassung des internationalen Systems aussehen kann, die sowohl den Herausforderungen einer politisch gestalteten globalen Transformation als auch einer multipolaren Weltordnung gerecht zu werden vermag, ist offen. Die grundlegenden strukturellen Probleme globalen Regierens werden weder durch eine Abkehr vom schwerfälligen Business-as-usual-Multilateralismus der Vereinten Nationen noch durch eine mit Hoffnungen überfrachtete Konzentration auf die G20 als exklusivem Zugpferd globaler Problemlösungskompetenz verschwinden. Für sich alleine genommen können weder die Vereinten Nationen noch die G20 eine zufriedenstellende Global Governance gewährleisten: Der unzureichenden Handlungsmacht der Vereinten Nationen steht die begrenzte Legitimität der G20 Gipfelstruktur gegenüber (Bauer et al., 2011). Die Entstehung der G20 wiederum ist Ausdruck der begrenzten Handlungsmacht und der geschwundenen Legitimität der überkommenen G8. Staatenwelt und Weltgesellschaft sehen sich somit in dem Maße mit einem Kooperationsparadoxon konfrontiert, in dem das gestiegene globale Problembewusstsein und die mangelnde globale Handlungsfähigkeit auseinander klaffen.

Kasten 5.3-2

Sino-amerikanische Beziehungen als Parameter zukünftiger Weltpolitik

Das mit allen Insignien hoher zwischenstaatlicher Diplomatie ausgestatte Gipfeltreffen des amerikanischen Präsidenten Barak Obama mit dem chinesischen Präsidenten Hu Jintao im Januar 2011 demonstrierte der gesamten Weltöffentlichkeit das beiderseitig gestiegene Bewusstsein dafür, die Geschicke der Welt nicht ohne Berücksichtigung der jeweils anderen Nation bestimmen zu können. Offen bleiben die Fragen, ob daraus eher rivalisierende oder partnerschaftliche bilaterale Beziehungen erwachsen werden und welche Implikationen dies für den Rest der Welt haben wird. Ein neuer „kalter Krieg" oder gar eine „heiße Eskalation" der Interessenkonflikte zwischen der alten und der neuen Supermacht ist ebenso vorstellbar wie ein „kalter Friede" oder ein kontinuierlicher Ausbau konstruktiver bilateraler Beziehungen zum Wohle aller (Abb. 5.3-1).

Einerseits droht sich die Furcht in den USA vor einem erstarkenden China und vor dem Verlust des alleinigen Weltmachtstatus sowie ein betont selbstbewusst Stärke demonstrierender chinesischer Nationalismus wechselseitig hochzuschaukeln. Dies würde die Rivalität beider Staaten akzentuieren und eine konfliktiv „realpolitische" Außenpolitik wahrscheinlicher machen, die etwa in der Taiwan-Frage oder im Zuge der Ausbeutung knapper Rohstoffvorkommen durchaus eskalieren könnte. Andererseits legen nicht nur die Erfordernisse globaler Problembewältigung, sondern auch die engen handels-, finanz- und wirtschaftspolitischen Verflechtungen beider Staaten im Kontext einer globalisierten Weltwirtschaft ein Mehr an Kommunikation und Kooperation nahe. So sind z.B. stabile Handels- und Finanzbeziehungen essenziell für die Entwicklungsperspektiven beider Volkswirtschaften. Dies spräche für die inkrementelle Institutionalisierung konstruktiver zwischenstaatlicher Beziehungen.

Ignoranz, Vorurteile und Misstrauen befördern den ersten Weg; Austausch, Transparenz und Vertrauensbildung erleichtern den zweiten. Sollten die Entscheidungsträger in den USA und in China sich für konfliktive Handlungsstrategien entscheiden, sinken entsprechend die Chancen für eine konstruktive Neuordnung des globalen Multilateralismus. Es liegt schon deshalb im Eigeninteresse der übrigen Nationen, beide Großmächte darin zu unterstützen, den Weg vertrauensvoller Kooperation zu gehen. Europa könnte dabei im Konzert der Weltpolitik eine konstruktive Rolle als Mediator spielen: Es verfügt traditionell über enge Beziehungen zu den USA, hat gegenüber China vergleichsweise weniger zu verlieren und ist als weltwirtschaftlich zentraler Markt sowohl für die amerikanische als auch die chinesische Volkswirtschaft von vitalem Interesse. Die Überwindung der deutsch-französischen „Erbfeindschaft" nach dem zweiten Weltkrieg oder die Entschärfung des Kalten Krieges durch vertrauensbildende Maßnahmen halten hierfür wichtige Lehren bereit.

5.3.5.2 Strukturprobleme und Demokratiedefizite globalen Regierens und internationaler Organisationen

Während sich Weltmärkte und Weltgesellschaft im Zeitalter der Globalisierung speziell nach dem Ende des Ost-West-Konflikts rapide verändert haben, konnten Norm- und Regelsetzungen im Sinne globaler politischer Steuerung nur sektoral und sehr begrenzt Schritt halten. Zugleich sind neue Akteure auf das Spielfeld transnationaler Politik getreten, die die Handlungskonstellationen globalen Regierens verändern (Keohane und Nye, 2000; Pattberg, 2007; Reinalda, 2011). Die strukturellen Grundprobleme des internationalen Systems und der multipolaren Staatenwelt bleiben davon unberührt: namentlich das Fehlen eines globalen Souveräns und eines globalen Gewaltmonopols. Darin begründet sich u.a., dass sich sowohl politische als auch wissenschaftliche Akteure über die Jahrzehnte zusehends von idealistischen Konzeptionen eines Weltstaats oder einer Weltregierung distanzierten und sukzessive durch konzeptionelle wie normative Diskurse zu Global Governance ersetzten (Rosenau und Czempiel, 1992; Dingwerth und Pattberg, 2006; Weiss, 2009).

Ungeachtet des akademischen Paradigmenwechsels bleibt das grundsätzliche, delegationsbedingte Demokratiedefizit der vielfältigen internationalen Organisationen bestehen, die den klassischen Lokus zwischenstaatlicher Kooperation und globalen Regierens verkörpern (Karns und Mingst, 2004; Neyer und Beyer, 2004). Dieses Demokratiedefizit, das aus der Delegation nationalstaatlicher Souveränität an internationale Regierungsorganisationen erwächst, drückt sich konkret aus in der wachsenden Gestaltungsmacht internationaler Bürokratien, dem relativen Bedeutungsverlust nationaler Parlamente und Entscheidungsgremien sowie dem intergouvernementalen, d.h. der von exekutiven Akteuren dominierte Charakter zwischenstaatlicher Verhandlungen (Neyer und Beyer, 2004; Barnett und Finnemore, 2005; Hawkins et al., 2006). Hinsichtlich der fortschreitenden Verrechtlichung internationaler Politikprozesse wächst zudem internationalen Gerichtshöfen eine besondere Rolle zu, da Staaten hier mitunter ohne rationale Notwendigkeit Souveränität an supranationale Akteure zu delegieren scheinen (Alter, 2006; Zangl und Zürn, 2004).

Die Frage nach der Legitimität globalen Regierens und der Handlungsmacht internationaler Organisationen kreist dabei maßgeblich um die Gewichtung von Souveränitätstransfer und Technokratisierung, bzw. der Balance von partizipativer „Input-Legitimität" gegenüber einer auf Effizienz und Wirksamkeit gründenden „Output-Legitimität" (Scharpf, 1999). Diese Balance kann sich auf lokaler, nationaler oder zwischenstaatlicher Handlungsebene, zwischen privaten und öffentlichen Räumen sowie zwischen demokrati-

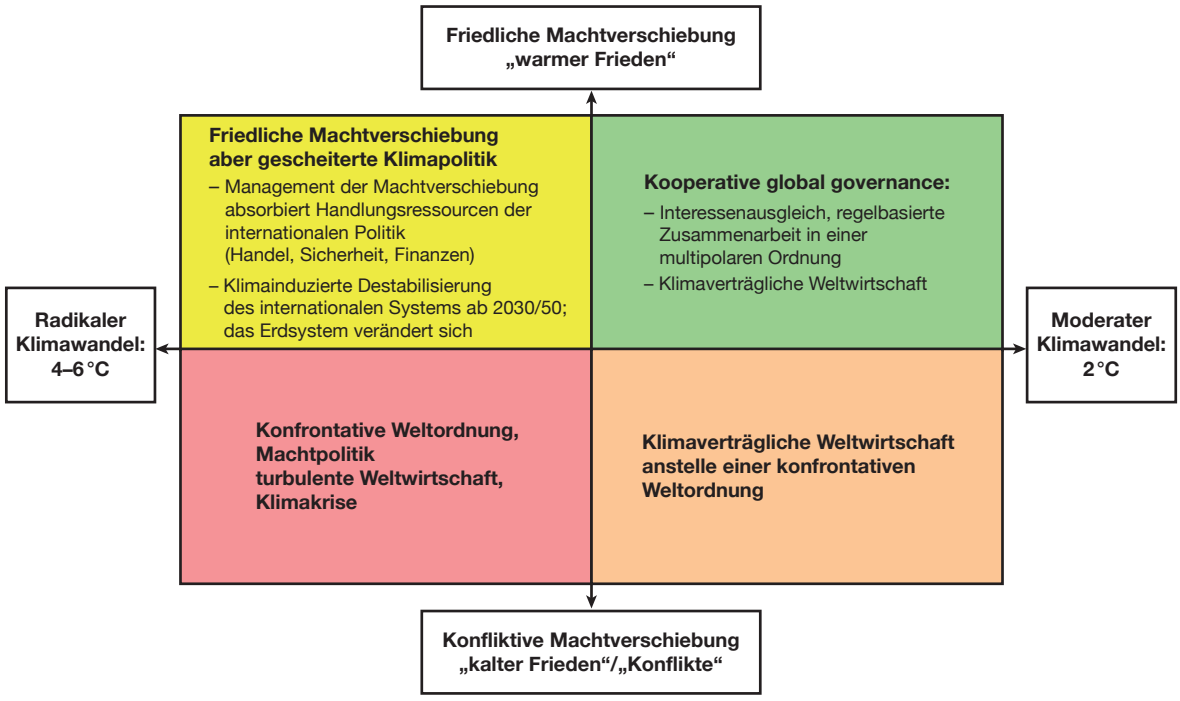


Abbildung 5.3-1
Szenarien weltpolitischer Zukünfte im Kontext internationaler Machtverschiebungen und globalen Klimawandels. Die multilaterale Architektur ist einem starken Anpassungsdruck ausgesetzt. Das lässt sich schematisch entlang der Achsen der internationalen Machtverschiebung (kooperativ/konfliktiv) und des globalen Klimawandels (moderat/radikal) zeigen.
Quelle: Messner, 2009

schen und autoritären Akteuren erheblich unterscheiden. Im internationalen Raum sind aber Legitimationsketten per se komplexer als auf lokaler oder nationaler Ebene (Nullmeier und Dietz, 2010). Zwischenstaatliche Interaktionen werden zwar durch das Völkerrechtsprinzip der Staatssouveränität formal legitimiert, zugleich aber angesichts einer schleichenden Politisierung und der quasi-supranationalen Einflussnahme internationaler Organisationen nachvollziehbar in Frage gestellt (Barnett und Finnemore, 2004; Keohane, 2006; Zürn et al., 2007).

Die Öffnung internationaler Organisationen für nichtstaatliche Akteure und die Herstellung größerer Transparenz vermögen das daraus resultierende strukturelle Demokratiedefizit nur bedingt auszugleichen (Dingwerth, 2007; Müller, 2008; Gupta, 2010). Zudem geht eben dieses Bemühen um eine verbesserte Input-Legitimität häufig zu Lasten der Effizienz und Wirksamkeit internationaler Prozesse. Im Ergebnis wird dann häufig die Output-Legitimität untergraben. In Ermangelung einer demokratisch legitimierten Weltregierung oder eines kosmopolitischen Weltstaats ist dieses Dilemma schlechterdings nicht aufzuheben. Als Subjekte globalen Regierens bleiben angesichts des gegebenen internationalen Systems und seiner transnationalen Steuerungserfordernisse Nationalstaaten absehbar die zentralen Akteure. Damit einhergehend verbleiben auch die internationalen Regierungsorganisationen, speziell im Rahmen der Vereinten Nationen und aller inhärenten Autonomiebestrebungen ihrer mitunter einflussreichen Bürokratien zum Trotz, Ausdruck kollektiver nationalstaatlicher Politik und Grundlage zukünftiger Global Governance (Messner, 1998; Hawkins et al., 2006; Weiss und Daws, 2007; Biermann und Siebenhüner, 2009).

So bildet das von den UN repräsentierte multilaterale System auch im siebten Jahrzehnt nach seiner Gründung und entgegen aller institutioneller Mängel den weltpolitischen Handlungsrahmen in dem die für eine globale Transformation zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft erforderlichen Weichenstellungen erfolgen müssen. Die internationale Klimapolitik, die internationale Umweltpolitik und die internationale Entwicklungszusammenarbeit erfahren durch Akteure wie die G20 und transnationale Netzwerke oder strategische „subglobale" Allianzen handlungsmächtiger Staaten wichtige Impulse, ihre konkrete Ausgestaltung und Umsetzung bleibt indes Gegenstand der nur in den Vereinten Nationen universal organisierten Staatenwelt. Ihre Wirksamkeit zu erhöhen bedarf es neben drängender institutioneller Reformen und einer verbesserten Finanzierungsbasis vor allem einer den empiri-

schen Realitäten des 21. Jahrhunderts angemessenen gleichberechtigten Teilhabe der Entwicklungs- und Schwellenländer in der von den Siegermächten des zweiten Weltkriegs dominierten (und ursprünglich von nur 51 Staaten gegründeten) Weltorganisation (Bauer et al., 2011). Wie die Vielzahl mehr oder weniger kleinteiliger Reformanstrengungen im UN-System illustriert, scheint aber das internationale System unter diesen Umständen geradezu unreformierbar (Malloch-Brown, 2008).

Diese Bestandsaufnahme der strukturellen Probleme globalen Regierens stellt sich weniger pessimistisch dar, wenn man sie in der „longue durée" des zivilisatorischen Prozesses betrachtet. Verglichen mit der Zeit des Völkerbunds oder der Gründung der Vereinten Nationen nach dem Zweiten Weltkrieg ist die Institutionalisierung internationaler Zusammenarbeit und die damit einhergehende Einhegung klassischer Machtpolitik zweifellos weit fortgeschritten (Kennedy, 2006; Müller, 2008). Der heutige Stellenwert internationaler Organisationen beruht ungeachtet all ihrer funktionalen Defizite auf einer grundsätzlichen Einsicht in ihren Mehrwert und der daraus abgeleiteten Bereitschaft zur Delegation, wenn nicht zum Transfer nationalstaatlicher Souveränität, wie sie noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kaum vorstellbar war. Die Evolution der Europäischen Union oder die quasi-supranationale Rolle internationaler Gerichtshöfe wie etwa des Internationalen Seegerichtshofs oder des Internationalen Strafgerichtshofs wären gleichsam undenkbar ohne die langfristig angelegte Verregelung und Verrechtlichung der unterschiedlichsten Politikfelder, vom Universalitätsanspruch der Allgemeinen Menschenrechte ganz zu schweigen.

Auch die Staatstheoretiker und Philosophen des 17. und 18. Jahrhunderts waren mit ihren Ideen zur Nationenbildung, zu Gewaltenteilung, demokratischer Herrschaft oder einem Völkervertragsrecht den politischen Realitäten und vermeintlichen Machbarkeiten des feudalen Zeitalters weit voraus (Kap. 3). Für den historischen Übergang von Feudalsystemen unterschiedlichen Typs zu demokratischeren Gesellschaftsformationen war es jedoch essenziell, auf die intellektuellen Vorarbeiten der Aufklärung aufbauen zu können (Kap. 3). So gelten etwa Immanuel Kants Überlegungen zum „Ewigen Frieden" und einer Weltbürgergesellschaft heute als wichtige Grundlagen des modernen Völkerrechts und internationaler Organisation (Rochester, 1986; Delbrück, 1998). Das Schlüsselproblem der angesichts des globalen Wandels abzusehenden weltpolitischen Erfordernisse liegt somit weniger in deren utopischem Charakter als in der Trägheit zivilisatorischer Prozesse, bzw. der Schwierigkeit, gesellschaftlichen Wandel zu steuern und zu beschleunigen (Sommer, 2011).

5.3.5.3 Zwischenfazit

Das keineswegs neue Kernproblem von Global Governance besteht darin, dass die Notwendigkeit globalen Regierens zur wirksamen Bearbeitung genuin globaler Probleme in der internationalen Politik inzwischen zwar weitgehend anerkannt ist, die strukturellen Grundlagen und die aus diesen resultierenden Handlungsanreize zwischenstaatlicher Zusammenarbeit einem effektiven globalen Regieren aber weiterhin im Wege stehen. Vieles spricht daher dafür, dass das etablierte Grundmuster internationaler Politik – das Zusammenspiel der Nationalstaaten auf Grundlage souveräner nationaler Interessen, die entweder in langwierigen Verhandlungen auf kleinstem gemeinsamen Nenner ausbalanciert oder von den handlungsmächtigsten Akteuren gemäß ihrer Präferenzen durchgesetzt werden – ungeeignet ist, die Probleme einer Weltgesellschaft von bald 9 Mrd. Menschen zu lösen, die durch ein nie gekanntes Niveau globaler Interdependenz und vielfältige globale Systemrisiken (einschließlich der hier skizzierten planetarischen Leitplanken; Kap. 1.1) charakterisiert ist.

Das Streben nach wirksamer und legitimer globaler Steuerung bleibt angesichts dessen alternativlos: Die Welt braucht zwingend ein höheres Maß an internationaler Kooperation, wenn eine dauerhaft klima- und umweltverträgliche globale Entwicklung ermöglicht werden sollen.

Erstens ist aus einer funktionalistischen Perspektive heraus nicht ersichtlich, wie die interdependenten Menschheitsprobleme des 21. Jahrhunderts, die durch die Inkongruenz zwischen grenzüberschreitenden Problemkonstellationen, wie insbesondere des Klimawandels einerseits und den geographisch begrenzten Reichweiten der Nationalstaaten andererseits, charakterisiert sind, überhaupt wirksam bearbeitet werden könnten ohne tradierte Souveränitätskonzepte zu Gunsten einer Verdichtung internationaler Zusammenarbeit und globaler Ordnungspolitiken zu überwinden.

Zweitens droht im Umkehrschluss ein Mangel an internationaler Kooperation in dem Maße eine kontraproduktive Konfliktdynamik anzutreiben, wie unbearbeitete Probleme zu Verteilungskonflikten und Schuldzuweisungen hinsichtlich der Ursachen und Wirkungen von Umweltschäden und des Klimawandels führen.

Drittens ist internationale Kooperation dahingehend rational, dass sie die Kosten der Problemlösung senkt, bzw. Nicht-Kooperation die Kosten unnötig in die Höhe treibt. Dies gilt in besonderem Maße für die Zusammenarbeit bezüglich des Auf- und Umbaus der vom WBGU identifizierten Transformationsfelder (Energie, Urbanisierung, Landnutzung; Kap. 5.4.5).

Viertens bedarf es internationaler Kooperation um politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Lernef-

fekte zu mobilisieren und daraus resultierende Skaleneffekte für die globale Transformation nutzen zu können. Nationale und unilaterale Handlungsansätze bleiben zwangsläufig hinter den Potenzialen zurück, die durch grenzüberschreitende und transregionale Lernprozesse ermöglicht werden.

Fünftens ist ein kooperativer internationaler Geist eine der elementarsten Voraussetzungen für die Ausbildung einer globalen „Wir-Identität", ohne die eine dauerhaft erfolgreiche globale Transformation schlechterdings nicht vorstellbar erscheint.

Obwohl weltweit unübersehbar globales Problembewusstsein heranwächst, schwanken aber die nationalen Entscheidungsträger weiterhin zwischen hilflosem Inkrementalismus (siehe Umweltprogramm der Vereinten Nationen), symbolträchtigen Weltmanagement-Großereignissen begrenzter Reichweite und Wirkung (siehe G20), blankem Fatalismus (wonach alle über das etablierte internationale System hinausgehende Ideen utopische Weltregierungsphantasien seien) und Rückfällen in klassische nationalstaatliche Macht- und Interessenpolitik. Dem hierin zum Ausdruck kommenden Kooperationsparadoxon steht die Staatenwelt bald siebzig Jahre nach Gründung der Vereinten Nationen angesichts der als drängend erkannten globalen Herausforderungen ebenso hilf- wie ratlos gegenüber. Ohne die Überwindung dieses Kooperationsparadoxons wird eine gestaltete Transformation im Sinne einer klimaverträglichen Weltgesellschaft schlechterdings nicht gelingen können. Es bedarf dazu weltweit eines Entwicklungsschubs zu mehr globaler Kooperationsbereitschaft und Koordinationsfähigkeit, der in seiner Reichweite vergleichbar wäre mit der Ablösung der Feudalgesellschaften durch demokratisch verfasste Rechtsstaaten im Verlauf des 18. und 19. Jahrhunderts (Kap. 3.2). Die Staatenwelt des noch jungen 21. Jahrhunderts wird deshalb eine tiefe historische Zäsur kooperativ gestalten oder als Weltgesellschaft an den Erfordernissen der Transformation scheitern.

5.4 Neue Staatlichkeit im Mehrebenensystem

Die großen Herausforderungen des Transformationsprozesses in politischer Hinsicht sind die Beschleunigung der politisch-administrativen Prozeduren und Abläufe, die bessere Umsetzung von Langfristorientierungen, die entschiedene Überwindung von Pfadabhängigkeiten, die Aktivierung und Einbeziehung der Zivilgesellschaft sowie eine historisch beispiellose Ausweitung internationaler Kooperation. Im nachfolgenden Kapitel werden Lösungsansätze entwickelt, die die in Kapitel 5.3 aufgezeigten Hemmnisse und Blockaden überwinden sollen.

5.4.1 Gestaltender Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten

5.4.1.1 Das Leitbild des gestaltenden Staates mit erweiterter Partizipation

Dem Staat kommt eine bedeutende Rolle im Transformationsprozess zu. Damit Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft ihre Ressourcen und Potenziale einsetzen und Maßnahmen wie den Auf- und Umbau der Energieversorgung, die Neugestaltung städtischer Räume und die Veränderung der Landnutzung (Kap. 4) entwickeln, umsetzen und anwenden können, müssen Legislative, Exekutive und Judikative den hierfür erforderlichen Ordnungsrahmen schaffen bzw. ausfüllen und nicht nur rhetorisch-symbolisch die Entwicklung von Innovationen ins Zentrum rücken. Nach Auffassung des WBGU müssen Staatsapparate heute generell wieder eine aktivere Rolle einnehmen. Vor allem seit den 1970er Jahren hat sich eine liberal-libertäre Philosophie weitgehender Entstaatlichung und Deregulierung durchgesetzt, die auf bestimmte bürokratische Auswüchse und steigende Staatsquoten reagierte. Parallel dazu haben sich die fiskalischen Interventionsressourcen vieler OECD-Staaten verringert, ohne dass die Staatsquoten im Durchschnitt gesunken sind. In den Schwellenländern sind zugleich durch den wirtschaftlichen Erfolg Regelungs- und Steuerungskapazitäten des Staates gewachsen, während in vielen Entwicklungsländern Staatlichkeit weitgehend oder völlig gescheitert und stellenweise ganz zusammengebrochen ist. Staatsapparate wurden in diesen gegenläufigen Entwicklungen als kraftlos und übermächtig zugleich, als Kolosse auf tönernen Füßen empfunden.

Die globale Wirtschafts- und Finanzkrise (2007–2009) hat das Scheitern deregulierter Marktmechanismen nachdrücklich demonstriert. Gerade auch mit Blick auf die Umweltqualität zeigen sich die Nachteile deregulierter Marktmechanismen: Das Unvermögen von Unternehmen auf freien Märkten, die langfristigen Dimensionen ihrer Geschäftsmodelle und Technologieanwendungen im Blick zu behalten, macht umweltpolitische Regulierungen durch den Staat unumgänglich (Winter, 2010). Dabei muss man vor jeglicher Planungsillusion warnen. Der Staat kennt selbst nicht die besten Optionen, vielmehr muss er die in Unternehmen, in der Zivilgesellschaft und im politisch-administrativen System liegenden Potenziale aktivieren und sich dabei auch nicht länger – wie für pluralisti-

sche Verhandlungsdemokratien typisch – auf eine rein moderierende und nachsorgende Rolle beschränken. Ohne also die Risiken einer interventionistischen Politik zu unterschätzen und ohne einer neuerlichen Steuerungsillusion anzuhängen, regt der WBGU eine Weiterentwicklung des moderierenden zum „gestaltenden" Staat an, der selbst eine proaktive Transformationspolitik betreibt. Dieses „Mehr" an Staatlichkeit muss in einer Art neuem Gesellschaftsvertrag (Kap. 7.2) durch ein „Mehr" an bürgerschaftlichem Engagement ausbalanciert werden. Kern dieses (fiktiven) Vertrags ist, dass er staatliche und zivilgesellschaftliche Akteure im Blick auf Gemeinwohlziele und globale Kollektivgüter in ökologischer Zukunftsverantwortung mit Rechten und Pflichten versieht.

Historische Leitbilder des Staates

Die Chancen und Formen eines in dieser Weise gestaltenden Staates mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten können aus der wechselvollen Geschichte der modernen Staatsintervention hergeleitet werden. Der (europäische) Staat ist ein „Handlungssubjekt mit eigenem Willen" (Koselleck, 1990), der die Herrschaftsorganisation moderner Gesellschaften übernimmt. In ihm haben sich arbeitsteilig und voneinander getrennt die öffentlich-politischen Institutionen von Regierung, Gesetzgebung, Verwaltung und Rechtsprechung, wie wir sie heute kennen, verbunden. Zu diesem Zweck wurde dem Staat gegenüber privaten Akteuren das Gewaltmonopol und politischen Entscheidungen kollektiv verbindliche Geltung zugesprochen. Zur Vermeidung von Willkür und Machtmissbrauch sind Handlungen des Staates Recht und Verfassung unterworfen. Staaten agieren gegenüber Dritten und untereinander mit materiellen und immateriellen Mitteln; dazu zählen Gesetz (Ge- und Verbote), Geld (monetäre positive und negative Anreize) und „gute Worte" (Überzeugung, auch Befehl, Abschreckung). Diese Instrumente wirken als direkte oder indirekte Steuerungsimpulse auf die Umwelt und die Rechtsverhältnisse in Wirtschaft, Familien, Religionsgemeinschaften usw. ein.

Die Interventionskapazitäten des modernen Staates sind je nach politisch-kultureller Tradition, wirtschaftlicher Kapazität und Modernisierungsgrad der Gesellschaft ganz unterschiedlich definiert und ausgestattet. Im liberalen Modell des Minimalstaats sollen sich staatliche Aufgaben auf die Sicherung des äußeren und inneren Friedens, die Bereitstellung einer basalen technisch-ökonomischen Infrastruktur und die Elementarbildung beschränken, während in sozialistischen Systemen der Staat eine in alle, auch private und intime Bereiche hineinwirkende Kommando- und Kontrollfunktion hatte. Dazwischen lagen unzählige Varianten der Staatsintervention vor allem sozialpolitischer Natur, die durch sozialdemokratische ebenso wie konservative Kräfte eingefordert und implementiert worden waren.

In den reichen industriellen Arbeitsgesellschaften, zum Teil auch in Schwellenländern steht Wohlfahrtsstaatlichkeit im Mittelpunkt. Bis in die 1970er Jahre hinein war es Konsens, dem Sozialstaat die Möglichkeit kollektiven Handelns für Gemeingüter zu übertragen, über die Einzelne nicht per se hinreichend verfügen, darunter der Zugang zu umfassender Gesundheitsvorsorge, Bildung und Kultur, öffentlichen Verkehrsmitteln, Schutz vor Arbeitslosigkeit und Altersarmut. Auch wo die Expansion von Staatsaufgaben und Staatsausgaben durch eine „neoliberale" Gegenbewegung seit den 1970 Jahren in Frage gestellt wurde, blieben Staatsquote und Schuldenaufnahme vor allem zur Gewährleistung des Krisenmanagements in der Regel auf hohem Niveau. Seit den 1970er Jahren nahm die Abwendung von Krisenfolgen einen weit größeren Anteil der Staatsintervention ein als die konsequente und nachhaltige Aktivierung gesellschaftlicher Selbstorganisation. Das Konzept des „aktivierenden Staates" (enabling state), das vor allem in der sozialpolitischen Debatte Großbritanniens und Deutschlands diskutiert worden ist, kann insofern eher als Abschied vom klassischen Interventionsstaat gesehen werden (Giddens, 2009). Der aktivierende Staat kombiniert Förderung benachteiligter Personengruppen mit der Forderung nach mehr Eigenverantwortlichkeit und Selbsthilfe.

Ein derartiges Staatshandeln ist weder im Leitbild des liberalen Rechtsstaats enthalten, der primär auf die Erhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung gerichtet ist, noch in jenem des wohlfahrtsorientierten Erfüllungsstaats, der zuvörderst die Wohlfahrtssteigerung der Bevölkerung lenkt. Aber auch das neue Leitbild des Gewährleistungs- bzw. Regulierungsstaates, als solche sich die EU-Mitgliedstaaten, insbesondere Deutschland, teilweise begreifen, erfasst die aktivierende und gestaltende Funktion des Staates nicht. Vielmehr ist dieses Leitbild Ausdruck des staatlichen Rückzugs auf die Sicherstellung des Funktionierens der Märkte im Bereich der Daseinsvorsorge (beispielsweise die Versorgung mit Wasser und Energie, die Bereitstellung von Telekommunikationsnetzen und des öffentlichen Personennahverkehrs). Über Jahrzehnte gehörte die Daseinsvorsorge zu den klassischen Staatsaufgaben und wurde von ihm selbst erfüllt; er hatte insofern als alleiniger Infrastruktur- und Dienstanbieter eine Monopolstellung. Im Zuge der Schaffung eines EU-weiten Binnenmarkts und der hierfür erforderlichen Liberalisierung der Netzwirtschaften wurde diese Monopolstellung aufgebrochen und der Bereich der Daseinsvorsorge für private Anbieter geöffnet (Hoffmann-Riem, 1999b). Dem Gewährleistungsstaat verbleibt insofern lediglich die Pflicht, durch die Schaffung entsprechen-

der Regelungen darauf hinzuwirken, dass die öffentlichen Aufgaben der Daseinsvorsorge von Privaten gemeinwohlorientiert wahrgenommen werden (Schoch, 2008). Der gestaltende und aktivierende Staat, wie der WBGU ihn als notwendig für die Transformation erachtet, ist somit in den gängigen Leitbildern nicht hinreichend beschrieben und bedarf einer Konkretisierung.

5.4.1.2
Aufgaben des gestaltenden und aktivierenden Staates

Der WBGU ist der Auffassung, dass es eines gestaltenden und zugleich aktivierenden Staatshandelns vor allem in den Bereichen der Klima-, Umwelt- und Energiepolitik bedarf und dass diese Politikfelder ins Zentrum einer neu verstandenen Wohlfahrtsstaatlichkeit rücken sollten. Zur Erfüllung der gestaltenden Rolle sollten sich die Nationalstaaten inner- und zwischenstaatlich klare klima- und energiepolitische Ziele setzen. Sie sollten eine klimaverträgliche Makroordnung schaffen, ein effektives rechtliches Instrumentarium und einen passenden Policy-Mix zwischen privaten, halbstaatlichen und öffentlichen Akteuren etablieren (Kap. 5.2), Transparenz gewährleisten und nicht zuletzt auf verschiedenen Ebenen geeignete Experimentier- und Spielräume schaffen (Kasten 5.4-1; Kap. 3, 6), die es ermöglichen, wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Innovationen, die für eine Umsetzung der Transformation erforderlich sind, fortlaufend zu berücksichtigen und in die sozialen Lebenswelten einzubauen. Nationalstaaten sollten – im Rahmen ihrer Kompetenzen – im Mehrebenensystem auf die völkerrechtliche Regelung der für die Transformation erforderlichen Maßnahmen hinwirken. Ferner bedarf es einer wiederkehrenden Evaluation der bereits getätigten Schritte hin zu einer Transformation, u.a. durch partizipative Forschung (Kap. 8).

In Erfüllung der gestaltenden Rolle muss der Staat die für die Transformation erforderlichen Innovationen fördern, die für diesen Prozess wichtigen Akteure mobilisieren und Hemmnisse beseitigen (Jänicke und Lindemann, 2009; Kap. 5.2). Zentraler Baustein eines solchen gestaltenden, innovationsoffenen Staates ist u.a. die innovationsfördernde Regulierung, so dass im Hinblick auf die drei Staatsgewalten zuvörderst das Handeln des Gesetzgebers erforderlich ist (Eifert, 2009). Hierzu könnte exemplarisch der deutsche Verfassungsgesetzgeber den Klimaschutz als Staatsziel in das Grundgesetz aufnehmen und zugleich statuieren, dass dieses Ziel insbesondere durch innovationsfördernde Regulierung erreicht und durch entsprechende Klagerechte gestützt werden soll. Darüber hinaus ist der einfache Gesetzgeber gefragt, auch in Erfüllung dieser Staatszielbestimmung, eine rechtliche Infrastruktur zur Förderung der Entstehung und Verbreitung von Innovationen zu schaffen. Hierzu gehört ein Instrumentenmix, der den gesamten Innovationszyklus erfasst (Kap. 4.5.2, 5.2.3.1). Dabei bedeutet das durch die innovationsfördernde Regulierung ausgelöste „Mehr" an Staat nicht automatisch weniger Markt oder weniger Privatinitiative. Im Gegenteil: Staatliches Handeln soll darauf ausgerichtet sein, die Marktkräfte und das Engagement der Zivilgesellschaft im Dienste der Transformation zu nutzen und zu stärken.

Zugleich sollte der innovationsoffene, gestaltende Gesetzgeber (rechtliche) Hindernisse oder Hemmnisse beseitigen, die der Umsetzung von Innovationen entgegenstehen. Hierzu gehört beispielsweise der große Zeitaufwand zwischen Planung und Umsetzung innovativer Vorhaben. Die erforderliche Beschleunigung von Genehmigungs- und Infrastrukturzulassungsverfahren darf jedoch nicht zum Verzicht auf Öffentlichkeitsbeteiligung führen (Kap. 5.4.1.3). Empirische Untersuchungen haben nachgewiesen, dass dieser spezielle Verfahrensschritt gerade nicht zu der vermuteten erheblichen Verzögerung des Genehmigungsverfahrens führt (Zschiesche und Rosenbaum, 2005). Vielmehr kann eine effektive und möglichst frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung, also eine Beteiligung zu einem Zeitpunkt, zu dem noch alle Optionen offen sind (Art. 6 Abs. 4 Aarhus-Konvention), den Entscheidungsprozess und das -ergebnis sogar verbessern (von Danwitz, 2004). Die Öffentlichkeitsbeteiligung ist daher Ausdruck des Kommunikationsprozesses in einem aktivierenden Staat, indem der Bürger zur Durchsetzung des Rechts mobilisiert wird (Masing, 1997).

Auch ein innovationsoffener, gestaltender Staat darf Innovationen also nicht um jeden Preis vorantreiben. Bei der Innovationsförderung bestehen die verfassungsrechtlichen Bindungen des Staates fort, insbesondere die Grundrechte, verfassungsrechtliche Verfahrensrechte sowie die Staatszielbestimmung, den Umweltschutz zu berücksichtigen. Dies kann als Innovationsverantwortung des Staates bezeichnet werden (Hoffmann-Riem 1999a; Eifert, 2009), die freilich durch eine „Zukunftsverantwortung" ausbalanciert werden muss.

5.4.1.3
Legitimation durch Partizipation

Wie in der Fachdiskussion seit langem gefordert, rät der WBGU „den Staat wieder einzubringen" (Skopcol, 1982). Doch kann eine Stärkung des Staates in seiner aktivierenden Funktion nur Legitimität für sich beanspruchen, wenn die Bürgerschaft an den zu treffenden Entscheidungen beteiligt wird und Politikergebnisse nicht lediglich ex post „absegnen" bzw. akzeptieren soll. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesell-

schaft setzt somit neben mehr ökologischer Gesamtverantwortung für jede Einzelne und jeden Einzelnen auch eine neue Kultur der Teilhabe voraus. Die demokratische Legitimation staatlicher Steuerung und Planung ist seit Ende der 1960er Jahre Gegenstand politikwissenschaftlicher Debatten (Offe, 1972). Als legitim können politische Entscheidungen in repräsentativen Demokratien erstens durch den Input bürgerlicher Beteiligung, der sich nicht in Wahlen und Abstimmungen (bzw. Mitgliedschaften in Parteien) erschöpft, sondern diverse außerparlamentarische Formate von der Unterschriftenliste bis zu Demonstrationen umfasst (Barnes und Kaase, 1979; Verba et al., 1995), und zweitens durch den Output, also die Performanz und Qualität einer auf dieser Grundlage getroffenen Entscheidung gelten (Scharpf, 1999).

Die Normalform demokratischer Partizipation in Eliten- und Verhandlungsdemokratien ist die nachträgliche Evaluation von Regierungshandeln, die sich in der Zuteilung (oder Verweigerung) politischen Vorschusskredits für die nächste Legislaturperiode niederschlägt. Offenbar ist dieser Mechanismus heute gestört, der direkte Partizipation eher latent hält; es mangelt an spezifischem Vertrauen in die Effektivität von Regierungshandeln in besonderen Gesetzgebungsmaterien ebenso wie an Glaubwürdigkeit des politisch-administrativen Systems und seines Personals im Allgemeinen. Die klassischen Instrumente demokratischer Beteiligung und Kontrolle werden von einer Mehrheit der Bevölkerung in so gut wie allen OECD-Ländern im Verlauf der letzten drei Jahrzehnte signifikant weniger wahrgenommen. Damit wird ein zentraler Mechanismus der Anerkennung von Herrschaft durch die Beherrschten angetastet. Gesunken ist in etablierten Demokratien in Europa und Nordamerika nicht allein das Ansehen der (partei-) politischen Eliten, auch die generelle Zustimmung zum demokratischen Prozess und System schwindet allmählich und droht zu erodieren.

Als jüngstes Lehrstück mangelnder Legitimität staatlicher Entscheidungen (trotz der Legalität von Vorhaben und Verfahren) kann in Deutschland die intensive, weit über den Ort des Geschehens ausstrahlende Auseinandersetzung um den Bahnhofsumbau in der baden-württembergischen Landeshauptstadt Stuttgart (Projekt Stuttgart 21) im Jahr 2010 herangezogen werden (Kasten 5.4-2). Sie offenbart, dass parlamentarische Politik bei (großen) Infrastrukturprojekten augenscheinlich keine hinreichende Glaubwürdigkeit mehr aufbringt, um auch völlig regulär und mit großer parlamentarischer Mehrheit beschlossene Baumaßnahmen tatsächlich verwirklichen zu können. Mit dem sichtbaren Beginn des Umbaus eskalierte der seit Jahren artikulierte außerparlamentarische Protest. Parallel dazu aktualisierte sich der jahrelange Widerstand gegen Atommülltransporte ins Zwischenlager Gorleben. Zusammen genommen verdichtete sich ein von Sprechern der politischen Entscheidungseliten bestätigter Eindruck einer weitreichenden Legitimationskrise in der so apostrophierten „Dagegen-Republik“ (Bartsch et al., 2010).

Meinungsumfragen und Studien zur „Politikverdrossenheit“ fügen sich nicht zum Bild einer generellen Legitimationskrise, indizieren aber eine wachsende Enttäuschung über die Leistungs- und Steuerungsfähigkeit demokratischer Systeme. Zu den Bedenken, die durch ungelöste Probleme des Arbeitsmarktes (strukturelle Massenarbeitslosigkeit seit Mitte der 1970er Jahre bei wachsendem Fachkräftemangel), des demografischen Wandels (explodierende Gesundheitskosten, unsichere Altersversorgung) und die Folgen der Volatilität der Finanzmärkte (bei sich verschärfender Fiskalkrise des Steuerstaates) ausgelöst worden sind, treten nun verstärkt Risiken, die der anthropogene Klimawandel und andere Umweltbelastungen hervorrufen.

Die kolossale Herausforderung für die Modernisierung repräsentativer Demokratien besteht nun darin, zur Gewinnung von zusätzlicher Legitimation mehr formale Beteiligungschancen zu institutionalisieren, diese zugleich aber an einen inhaltlichen Wertekonsens nachhaltiger Politik zu binden, damit „mehr Partizipation“ im Ergebnis nicht zu „weniger Nachhaltigkeit“ führt. Gäbe es nämlich nur einen allgemeinen Affekt gegen jede Form von „Großtechnologie“ und würden auch Infrastrukturvorhaben zur ausdrücklichen Sicherung einer nachhaltigen Zukunft ausschließlich an dem Grad der Belästigung gemessen, den sie in lokalen Kontexten mit sich bringen, verfehlte (legaler wie im Prinzip legitimer) politischer Protest die normativen Grundlagen des Nachhaltigkeitspostulats und der ökologischen Verantwortungsethik.

Die Auflösung dieses Dilemmas kommt einer Quadratur des Kreises gleich; sie muss aber die zentrale Aufgabe einer Selbstmodernisierung demokratischer und zivilgesellschaftlicher Akteure sein. Um Wirksamkeit zu erreichen, können diese Akteure keinesfalls auf intermediäre Organisationen wie politische Parteien und Verbände verzichten, die in Massendemokratien politische Interessen bündeln (Aggregation), sie programmatisch zuspitzen und auseinander driftende Gruppen integrieren. In diesem sogenannten vorpolitischen Raum müssen sich nämlich die Standpunkte herausbilden und weiterentwickeln, die zur Herausbildung eines Konsens führen können. Deswegen sollte dem Ansehens- und Bedeutungsverlust von „intermediären Organisationen“ wie Parteien, Verbänden und Bürgerinitiativen entgegengewirkt werden, haben sie doch eine wesentliche Vermittlungs- und Bündelungsfunktion im Spannungsfeld zwischen staatlichen Instituti-

onen und der Gesellschaft. Vor allem Parteien haben bisher, neben der Funktion der Interessenartikulation, die Bündelung politischer Interessen (Aggregation) sowie die Integration verschiedener sozialer Gruppen übernommen (Schultze, 2010). Und nicht zuletzt sind es Parteiprogramme, in denen über die tagespolitische Aktualität hinaus für einen längeren Zeitraum in einem umfassenden Sinne Visionen des Zusammenlebens entwickelt werden. Damit haben sie in der Vergangenheit wesentlich zur Meinungs- und Willensbildung beigetragen.

Mit der wachsenden Entfremdung zum Betrieb der Berufs- und Parteipolitik ist die Bereitschaft der Bevölkerung gewachsen, „von unten" selbst tätig zu werden (Kap. 6). Was fehlt ist eine „Verbürgerschaftlichung" (citizenation; Tully, 2009) dieses Engagements, d.h. die adäquate Bündelung und Vertretung auf der parlamentarischen Ebene oder in alternativen Arenen, damit dieses Engagement der Bürgerinnen und Bürger produktiv eingebracht werden kann. Eine zukunftsfähige Demokratie muss daher neben der Beschleunigung ihrer Prozeduren vor allem ihre Legitimationsbasis erweitern. Weil die Bindungskraft und das Ansehen der Parteien wie der Interessengruppen unter dem Druck gesellschaftlicher Individualisierung und individueller Nutzenkalküle in den letzten drei Jahrzehnten stark nachgelassen haben, müssen flexiblere Netzwerke und punktuelle Allianzen an ihre Seite treten, die das Unabhängigkeitsverlangen der Individuen respektieren und die Eigeninitiativen von Pionieren des Wandels befördern und ihnen zugleich Stabilität und Kontinuität verleihen (Kasten 5.4-1; Kap. 6). Interessanterweise müssen intermediäre Organisationen dabei, ähnlich wie der aktivierende Staat, responsiver und entschiedener zugleich auftreten. Nachdem Parteien das Agenda Setting weitgehend an die (elektronischen) Medien abgegeben haben (bzw. mit diesen teilen) und sie programmatische Orientierungsfunktionen kaum noch übernehmen, können sie sich auf Service- und Koordinationsfunktionen konzentrieren und zugleich durch programmatische Klarheit wieder an Reputation gewinnen. Parteien könnten damit wesentliche Akteure der „Triangulation" zwischen den Aktivbürgern in der Zivilgesellschaft (Kap. 6), dem gestaltenden Staat und den Wirtschaftsakteuren werden. Dabei müssen Parteien und Verbände, die heute weit weniger als früher als Akteure mit Gemeinwohlorientierung aufgefasst werden, bescheiden auftreten und den Eindruck vermeiden, bürgerschaftliches Engagement vereinnahmen und kanalisieren zu wollen.

Der gestaltende Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten im Mehrebenensystem globaler Kooperation vermittelt also zwei Aspekte, die häufig getrennt oder konträr gedacht werden: die Stärkung des Staates, der aktiv Prioritäten setzt und diese (etwa mit Bonus-Malus-Lösungen) deutlich macht, und andererseits verbesserte Mitsprache-, Mitbestimmungs- und Mitwirkungsmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger. Oft wird der starke (Öko-)Staat als Autonomiebeschränkung der „Menschen auf der Straße" gesehen, während zugleich die Einmischung eben dieser Bevölkerung („Wutbürger") als Störung der politisch-administrativen Rationalität und Routinen beargwöhnt wird. Voraussetzung einer erfolgreichen Transformationspolitik ist aber die simultane Stärkung des Staates und der Bürgerschaft (citizen empowerment) unter dem Dach nachhaltiger Politikziele. Der gestaltende Staat steht also fest in der Tradition der liberalen und rechtsstaatlichen Demokratie, entwickelt diese aber im Sinne der Zukunftsfähigkeit demokratischer Gemeinwesen und freier Bürgergesellschaften weiter. Während Klimaschutzmaßnahmen oftmals als Einschränkung und Verzichtszumutung aufgefasst werden, stehen die im Folgenden dargelegten Aspekte einer gestaltenden Staatlichkeit unter der ausdrücklichen Zielsetzung, Freiheitsspielräume und Handlungsoptionen auch künftiger Generationen zu bewahren und zu erweitern.

Eine erfolgreiche Transformationspolitik sollte auf vier miteinander zusammenhängenden Ebenen verfolgt werden: (1) verfassungsrechtlich durch eine entsprechende Staatszielbestimmung Klimaschutz, (2) materiell-rechtlich durch Festlegung von Klimaschutzzielen in einem Klimaschutzgesetz, (3) prozedural durch erweiterte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger sowie Nichtregierungsorganisationen und (4) institutionell durch ein klimapolitisches Mainstreaming der Staatsorganisation. Sämtliche nachfolgend erörterten Maßnahmen sind Ausdruck und Konkretisierung des Staatsziels Klimaschutz, das Legislative, Exekutive und Judikative zum Handeln verpflichtet.

5.4.2 Gestaltungsmöglichkeiten auf der nationalen Ebene

5.4.2.1 Klimapolitische Selbstbindung des Staates durch Verfassung und Gesetz

Die generelle klimapolitische Verantwortung des Staates und seine Rolle als gestaltender und aktivierender Transformationsstaat muss rechtlich verankert werden. Um die umfassende Bindung des Staates zu verdeutlichen, sollte dies sowohl auf verfassungsrechtlicher als auch auf einfachgesetzlicher Ebene erfolgen.

Kasten 5.4-1

Experimente: Förderung und Beschleunigung transformativer Innovationen

Voraussetzung der Transformation sind soziale und technologische Innovationen. Innovationen basieren auch auf Experimenten, die beispielsweise lokal begrenzte Suchprozesse sind, bei denen innovative, klimaverträgliche Technologien, Verhaltensweisen, Prozesse und Organisationsformen für verschiedene Teilbereiche der Großen Transformation entwickelt und erprobt werden. Erfolgreiche Innovationen bieten klimaverträgliche Alternativen und können allein durch ihre Existenz das etablierte High-carbon-Regime in Frage stellen (Kap. 3). Zur Unterstützung von Innovationen sollte Politik Räume für Experimente schaffen, Erfolg versprechende Innovationen zu Nischen verdichten und ihre rasche Verbreitung jenseits dieser Nischen unterstützen. Experimentierräume sollten zeitlich befristet vor dem Selektionsdruck der Märkte und konventionellen Förderevaluationen geschützt sein, um sich erfolgreich entwickeln zu können (van den Bosch und Rotmans, 2008).

Politische und rechtliche Steuerung von Experimenten

Zur erfolgreichen Entwicklung und Umsetzung von Experimenten sollten im ersten Schritt bestimmte Handlungsfelder und damit verbundende Teilprobleme der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ausgewählt werden. Um staatliche Fehlentscheidungen zu minimieren und sich von vornherein die Unterstützung zentraler Akteure zu sichern, sollte die Auswahl gemeinsam mit den relevanten Stakeholdern geschehen. In den Niederlanden hat die Regierung im Jahr 2001 beispielsweise „Transitionsplattformen" gegründet, innerhalb derer Vertreter von Unternehmen, Regierung und NRO sowie Wissenschaftler nicht nur Politiken, Innovationshindernisse sowie Demonstrationsprojekte diskutiert, sondern auch die Entwicklung von Experimenten und möglichen Wegen zu ihrer Verbreitung beschlossen haben (Rotmans et al., 2001).

Als zweiter Schritt sollten Ziele und Visionen entwickelt, mögliche Wege zu den Zielen aufgezeigt und konkrete Experimentierräume skizziert werden. Dann können Experimente umgesetzt werden. Je nach ausgewähltem Handlungsfeld (Energiesystem, Urbanisierung, Landnutzung) könnte es Experimente zu neuen Technologien, innovativen Produktionsprozessen, neuem Wohnen und Leben oder Geschäftsmodellen geben. Die Politik setzt dabei einen Rahmen und relevante Akteure entwickeln Alternativen (Kap. 8). Die britische Stiftung für Wissenschaft, Technologie und Kunst hat beispielsweise Experimente in Form spezieller Innovationszonen vorgeschlagen. Gemeint ist damit, dass Politik für eine bestimmte geographische Einheit, wie einen Stadtteil, eine Gemeinde, einen Kraftwerksverbund oder einen Firmenpark, bestimmte Freiräume durch innovative politische Rahmenbedingungen schafft, finanziell großzügig fördert und im Gegenzug ein anspruchsvolles Treibhausgasreduktionsziel als Ergebnis fordert bzw. weitere Förderung davon abhängig macht (Willis et al., 2007).

Existierende Experimente, die auf Initiative von Unternehmen oder der Zivilgesellschaft entstanden sind, sollten bei geprüfter Relevanz ebenso gefördert werden wie völlig neue Ideen (Kap. 6). Grundsätzlich gilt, dass Politik einen Rahmen setzen, Fördermittel bereit stellen, Dialoge anstoßen, Prozesse moderieren und Ergebnisse dokumentieren sollte. So können Experimente politisch begleitet und Lernprozesse unterstützt werden. Lernziele sind u. a., inwieweit Experimente tatsächlich zur Transformation beitragen und unter welchen Bedingungen sich die im Experiment erprobte Lösung wiederholen und verbreiten lässt. Für Innovationen stellen sich Fragen nach Kosten, Märkten sowie den sozialen, infrastrukturellen, rechtlichen und kulturellen Voraussetzungen für eine weitere Diffusion. Lernprozesse können durch den Dialog zwischen Beteiligten, die Einrichtung von Netzwerken und Begleitforschung unterstützt werden (Kap. 8). Zeichnen sich Fortschritte bei Alternativen ab, können über die Verdichtung zu Nischen Lernprozesse verstärkt und die Chance auf eine weitere Verbreitung der Innovation erhöht werden. Zur Nischenbildung ist die Wiederholung von Experimenten in verschiedenen Kontexten, die Verbindung von Experimenten mit verschiedenen Problemlagen (national und international) und die Integration sowie breite Kommunikation der gemachten Erfahrungen notwendig.

Über die Bildung von Nischen können Innovationen auch ihre soziale Relevanz erhöhen (Kap. 3, 6). Das bedeutet, dass die Alternativen über die Schaffung größerer Öffentlichkeit, Anreize zur Verbands- und Vereinsgründung, sowie Ausweitung der Förderung an politischer und wirtschaftlicher Bedeutung gewinnen. Andererseits bedeutet dies auch, dass sich Innovationen stärker an die Erfordernisse jenseits der Nische anpassen müssen, beispielsweise über Kostenreduktionen oder Anpassungen an die Präferenzen einer breiteren Nachfrage. Die Förderung von einer Reihe von Varianten erlaubt, die beste Lösung auswählen zu können.

In rechtlicher Hinsicht können auf unterschiedliche Weise Anreize für Innovationen geschaffen werden, die teilweise auch als Experimentierräume verstanden werden können. Hierzu gehören:

- Die Herabsetzung oder Nichtgeltung der gesetzlichen Zulassungsvoraussetzungen für Forschungsvorhaben. So bedürfen beispielsweise Anlagen, die der Forschung, Entwicklung oder Erprobung neuer Produkte oder Verfahren dienen, keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung.
- Die Schaffung sogenannter Forschungsgesetze, die zeitlich befristet sind und ebenfalls Forschungsvorhaben unter erleichterten Voraussetzungen zulassen. Ein solches Gesetz wurde beispielsweise für die CCS-Technologie befürwortet (Hellriegel, 2008).
- Die dynamische Ausgestaltung technischer Standards: Dies erfolgt in der Regel durch die Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe in sogenannten Technikklauseln, wie beispielsweise der „Stand der Technik". Diese unbestimmten Rechtsbegriffe werden dann in der Regel durch Verweisung auf Rechtsverordnungen und Verwaltungsvorschriften oder auf außerrechtliche Normen ausgefüllt, die von privatrechtlich verfassten Organisationen erarbeitet wurden. Hinsichtlich beider Verweisungsmethoden existieren rechtsstaatliche Bedenken: So stellt sich bezüglich der von privaten Organisationen, wie beispielsweise dem Deutschen Institut für Technische Normung (DIN), geschaffenen Normen die Frage der demokratisch legitimierten Rechtssetzungsmacht. Die Verweisung auf staatlich gesetzte Vorschriften stellt sich vor dem rechtsstaatlichen Bestimmtheitsgebot als problematisch dar, wenn nicht im Sinne einer statischen Verweisung auf eine bestimmte technische Norm, sondern auf die jeweils geltende neueste Fassung der technischen Norm (sogenannte dynamische Verweisung) verwiesen wird (Erbguth und Schlacke, 2009). Diese rechtsstaatlichen Defizite können jedoch durch eine

Stärkung der Informationspflichten gegenüber den Bürgern und der Informationsrechte der Bürger selbst sowie der Öffentlichkeitsbeteiligung und des Rechtsschutzes ausgeglichen werden.

Haben sich die Innovationen in der Experimentierphase als prinzipielle Lösungsmöglichkeiten für das zugrunde liegende Problem erwiesen, sollte Politik in vielen Fällen auch ihre weitere Verbreitung unterstützen (scaling up; Kap. 3). Weitere politische Maßnahmen sind notwendig, da Nischeninnovationen trotz durchlaufener Entwicklungsprozesse innerhalb der Nische unter Umständen immer noch nicht kompatibel mit den Strukturen und der Nachfrage des etablierten soziotechnischen Regimes sind (Kap. 3).

Viele Innovationen setzen sich nicht durch, weil sie nicht zu etablierten politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen passen (Kap. 4). Sie erfordern Änderungen in etablierten Sichtweisen, Denkmustern und Routinen (Kap. 2, 3, 6). Dies betrifft zum Beispiel alternative Verkehrsmittel im Vergleich zum schnellen, großen mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Autos mit Statussymbolfunktion (Kap. 4). Um auch in diesen Bereichen Änderungen voran zu treiben, kann Politik zentrale, handlungsmächtige Akteure in die Diskussion zu den Ergebnissen der Experimente einbinden und breite gesellschaftliche Debatten anstoßen. Ziel ist es, über die Diskussion von „Narrativen" die Interpretationsrahmen etablierter Akteure zu verändern, politische wie gesellschaftliche Mehrheiten zu erhalten und auf die Vorteile einer größeren Verbreitung der Innovationen aufmerksam zu machen.

Die weitere Verbreitung kann durch die Förderung transformationsfreundlicher Akteure und die Schaffung transformationsfreundlicher Rahmenbedingungen unterstützt werden (Kap. 5.2, 6). Dazu gehören risikofreudige Investoren, innovative Unternehmen, kulturelle Normen und Werte, ein rechtlicher Rahmen sowie wissenschaftliche und technologische Kapazitäten (Kap. 2, 4.5, 5.4, 8).

Schutzverstärkung durch ein Staatsziel „Klimaschutz"

Verfassungsrechtlich kann die klimapolitische Verantwortung des Staates durch eine explizite Erwähnung im Grundgesetz hervorgehoben und der Klimaschutz dadurch gestärkt werden. Denkbar ist die Aufnahme eines Staatsziels „Klimaschutz" als Ergänzung von Art. 20a GG. Zwar benennt das dort formulierte Staatsziel „Umweltschutz" die natürlichen Lebensgrundlagen als Schutzgut und erfasst damit bereits auch das Klima (Groß, 2009; Maunz und Dürig, 2010); gleichwohl würde die explizite Benennung des Klimaschutzes in Art. 20a GG dessen besondere Bedeutung und Verpflichtung des Staates hervorheben. Ein derartiges Staatsziel trägt dem Charakter des Klimas als Gemeinschaftsgut bzw. als überindividuellem Schutzgut Rechnung. Demgegenüber ist die verfassungsrechtliche Verankerung des Klimaschutzes als Grundrecht nicht ratsam, weil Grundrechte primär subjektive Abwehrrechte sind. Sie dienen damit dem Schutz der individuellen Sphäre, können aber keinen überindividuellen Schutz gewähren (Maunz und Dürig, 2010), wie er jedoch im Fall des Klimaschutzes erforderlich ist.

Staatszielbestimmungen geben Grundsätze und Richtlinien für das staatliche Handeln vor. Sie enthalten eine Wertentscheidung, die in den Entscheidungen der staatlichen Organe aktualisiert und konkretisiert werden muss (Maunz und Dürig, 2010). Daher würden durch eine Staatszielbestimmung „Klimaschutz" der Staat und seine Organe zu einer aktiven und sachgerechten Klimaschutzpolitik verpflichtet, wobei ihnen jedoch ein breiter Entscheidungsspielraum verbliebe. Ein konkretes staatliches Handeln kann daher auf der Grundlage der Staatszielbestimmung nicht verlangt werden. Vielmehr ist zunächst und zuvörderst der Gesetzgeber zur wirkungsvollen Umsetzung der Staatszielbestimmung angehalten; hierzu muss er den Klimaschutz bei seinen Entscheidungen berücksichtigen (sogenannte Berücksichtigungspflicht; Groß, 2009). Die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung nehmen die verfassungsrechtliche Verantwortung für den Umweltschutz wahr, indem sie die vorhandenen, vom Gesetzgeber als Konkretisierung des Staatsziels geschaffenen Regelungen klimafreundlich auslegen. Sie könnten so insbesondere Beurteilungs- und Ermessensspielräume für die Durchsetzung klimafreundlicher Lösungen nutzen (Groß, 2009).

Einführung eines Klimaschutzgesetzes

Das Staatsziel Klimaschutz sollte auf einfachgesetzlicher Ebene durch ein Klimaschutzgesetz konkretisiert werden. Das Kernelement des Klimaschutzgesetzes ist die Festlegung rechtsverbindlicher Klimaschutzziele. Daneben sollten begleitende Ziele für den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch, Energieverbrauchsminderungsziele und Energieeffizienzsteigerungsraten festgelegt werden (UBA, 2011). Weiterhin sollte das Klimaschutzgesetz eine Verpflichtung zum Erhalt terrestrischer Kohlenstoffspeicher enthalten sowie Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft regeln. Auch die Minderung von Emissionen klimaschädlicher Industriegase sollte festgelegt werden.

Als Orientierung für die quantitative Ausgestaltung der Verpflichtungen im Klimaschutzgesetz könnte der vom WBGU vorgeschlagene Budgetansatz (WBGU, 2009b) herangezogen werden (Kap. 7.3.9). Zu trennen ist dabei zwischen der aus internationalen Gerechtigkeitsüberlegungen insgesamt von Deutschland zu erbringenden Leistung und der national durchzuführenden Emissionsminderung. Deutschland sollte in einem Klimaschutzgesetz die vollständige Dekarbonisierung

seiner Energiesysteme bis 2050 verbindlich festlegen. Dies würde einer Reduktion des in Deutschland emittierten CO_2 aus fossilen Energiequellen um 100 % entsprechen. Flexibilität kann durch Emissionshandelssysteme genutzt werden, wobei der WBGU von Gutschriften aus Offset-Systemen wie dem CDM abrät (Kap. 4.5, 5.2, 7.3.8, 7.3.9). Mit der genannten Minderung würde Deutschland jedoch das aus dem WBGU-Budgetansatz ableitbare CO_2-Budget überschreiten. Da sich aber aus Sicht des WBGU die Regierung an allgemeinen Gerechtigkeitsüberlegungen orientieren sollte, wären ergänzend verlässliche Zahlungen im Rahmen der internationalen Klimafinanzierung zu leisten, um die Entwicklungsländer bei der Transformation zu unterstützen, und diese auch gesetzlich festzulegen (Kap. 4.5, 7.3.9).

Da ein solches Klimaschutzgesetz nur die allgemeine Verpflichtung aller staatlichen Organe zur Ergreifung von Klimaschutzmaßnahmen enthält, sind weitergehende gesetzliche Regelungen zur Festlegung konkreter Maßnahmen für die Erreichung der jeweiligen Zwischenziele erforderlich. Zusätzlich sollte im Klimaschutzgesetz eine regelmäßige Berichtspflicht über die Einhaltung der Zwischenziele eingeführt werden, so dass die Einhaltung des Fahrplans transparent und überprüfbar ist. Ferner muss das Klimaschutzgesetz (Sanktions-)Mechanismen vorsehen, die eine Zielverfehlung vermeiden und gegebenenfalls Abhilfe schaffen. Die letztgenannten Aspekte betreffend könnte das britische Klimaschutzgesetz (2008; Climate Change Act, CCA) als Modell für ein deutsches Klimaschutzgesetz dienen: Dieses enthält über die bereits genannten lang- und mittelfristigen Klimaschutzziele (sogenanntes carbon budget) hinausgehend mit dem Klimaschutzausschuss (Committee on Climate Change) eine wichtige Institution für den Klimaschutz. Dieser Ausschuss spielt nicht nur bei der Bestimmung der Klimaschutzziele eine wichtige Rolle; er veröffentlicht darüber hinaus jährliche Fortschrittsberichte mit einer Einschätzung der Einhaltung der Klimaschutzziele, zu denen die Regierung Stellung beziehen muss. Insofern ist der britische Klimaschutzausschuss gegenüber der Regierung ein neutrales Kontrollorgan. Für den Fall der Zielverfehlung sieht das Gesetz vor, dass der zuständige Minister dem Parlament die Gründe hierfür mitteilen und Vorschläge für einen Ausgleich der Emissionsüberschreitung in der folgenden Periode unterbreiten muss.

5.4.2.2 Verbesserte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten

Ein Transformationsprozess ist zum Scheitern verurteilt, wenn die Politik Entscheidungen trifft und die Bürger im Nachhinein veranlasst, entsprechende Maßnahmen zu akzeptieren. Erfolgreicher als Versuche, am Ende „auch noch" Akzeptanz zu beschaffen, sind solche Politiken, die auf die aktive und frühzeitige Beratschlagung mit und Teilhabe von „Betroffenen" setzen und die für politisch-administrative Maßnahmen auf diese Weise Legitimation beschaffen:

Erweiterte Partizipationsmöglichkeiten im Verwaltungsverfahren

Die Umsetzung großer Infrastrukturprojekte, z. B. der Ausbau der Hochspannungsnetze, könnten – auch wenn die rechtliche Umsetzung problemlos scheint – an mangelnder Teilhabe und Akzeptanz der Bevölkerung scheitern. Zentrales Instrument für die Förderung von Teilhabe und Akzeptanz behördlicher Entscheidungen bei der Infrastrukturplanung ist die Öffentlichkeitsbeteiligung, wie in der zweiten Säule der Aarhus-Konvention festgelegt. Sie macht das Verwaltungs- und Planungsverfahren transparenter und trägt zu dessen demokratischer Ausgestaltung bei (Fisahn, 2004; Schlacke et al., 2010). Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Öffentlichkeitsbeteiligung frühzeitig erfolgt. Denn nur wenn alle Optionen noch offen sind, hat der Bürger eine reale Chance, mit seinen Argumenten auf die Verwaltungsentscheidung Einfluss zu nehmen (Fisahn, 2004). Eine solche frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung kann den Entscheidungsprozess effektivieren, indem untaugliche Vorhaben schneller als solche erkannt und kostspielige Konflikte vermieden werden können. Nicht zuletzt kann durch die Nutzung des spezifischen Sachverstands beteiligter Umweltschutzverbände die Qualität der Entscheidung insgesamt verbessert werden (von Danwitz, 2004). Ein derartig vorverlagerter Rechtsschutz kann Rechtsbeeinträchtigungen von vornherein vermeiden und damit zu einer Entlastung der Gerichte beitragen (von Danwitz, 2004).

Die bestehenden Verfahren, z. B. Planungs- und Verwaltungsverfahren, werden in Deutschland diesen Anforderungen bisher kaum gerecht (Walk, 2008; SRU, 2010). Beispielsweise findet die Öffentlichkeitsbeteiligung zu einem Zeitpunkt statt, zu dem eine Abstimmung zwischen Behörden und Trägern öffentlicher Belange bereits stattgefunden hat und Alternativen nicht mehr offen stehen. Auch ist fraglich, ob die rechtlich vorgeschriebene und die tatsächliche Art der Bekanntmachung eines Vorhabens die Bevölkerung dazu motivieren, sich aktiv am Entscheidungsverfahren zu beteiligen. Oftmals fehlt es auch – teilweise bedingt durch die Beschleunigungsgesetzgebung der letzten Jahre – an der Pflicht zur Durchführung einer Erörterung von Pro und Contra der Vorhaben. Die Mängel des bestehenden Verfahrens wurden z. B. ausführlich im Schlichterspruch des CDU-Politikers Heiner Geißler im November 2010 zum umstrittenen Bahnhofsprojekt „Stuttgart 21" beschrieben (Kasten 5.4-2). Es ist die

Aufgabe des gestaltenden und aktivierenden Staates, Strukturen für eine effektive Beteiligung zu schaffen und einen „konstruktiven Kommunikationsprozess" zu organisieren, so wie es auch die Aarhus-Konvention erfordert.

Die Voraussetzungen für erfolgreiche Partizipation von Bürgern und Betroffenen in Entscheidungsprozessen, besonders bei Großprojekten, sind: (1) Eine möglichst frühzeitige, umfassende und kontinuierliche Öffentlichkeits- und Betroffenenbeteiligung, einschließlich der gleichberechtigten Prüfung von Alternativentwürfen; (2) Eine größtmögliche Transparenz im Verfahren, z.B. durch verstärkte Nutzung von Radio- und Fernsehübertragungen, neuer Medien oder zusätzlicher Informationstermine bzw. -plattformen; (3) Die Einschaltung unabhängiger Personen in Konfliktfällen. Behörden müssen Gestaltungsspielräume zur Streitschlichtung eröffnet werden.

Ein wichtiger Partizipationsmotor ist auch die finanzielle Beteiligung. Die Zustimmung, z.B. zu Windkraftanlagen, steigt, wenn Projekte kooperativ und genossenschaftlich organisiert sind, d.h. wenn Bürger an der Planung und an den Gewinnen beteiligt sind (Kap. 4.5). Im Einzelfall können Kompensationszahlungen für unvermeidbare Belastungen Akzeptanz schaffen. Durch die finanzielle Beteiligung entsteht ein „win-win" in Form des Genusses reeller Vorteile („jeder muss Transformationsgewinnler sein"; Kap. 2.4).

Die Ausweitung von Verbandsrechtsbehelfen

Unter Verbandsrechtsbehelf wird ein Rechtsbehelf, z.B. eine Klage eines behördlich anerkannten Verbandes, verstanden, der ohne Verletzung eigener Rechte erhoben werden kann (überindividueller Verbandsrechtsbehelf; Schlacke, 2008). In Deutschland besteht diese Möglichkeit nur in wenigen Bereichen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts; doch gerade im Bereich des Umwelt-, insbesondere des Naturschutzrechts hat der Gesetzgeber Verbände ermächtigt, Rechte zum Schutz der Allgemeinheit oder des Einzelnen wahrzunehmen und gerichtlich durchzusetzen. Gegen die Genehmigung umweltgefährdender Industrieanlagen können in Deutschland grundsätzlich nur individuelle Betroffene (wie etwa Nachbarn) Klage erheben, nicht aber Interessenverbände, die sich als Sachwalter der Umwelt begreifen. Das Verbandsklagerecht, früher Ländersache, ist seit dem Jahr 2002 im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) verbindlich geregelt. Für Umweltschutzverbände, die sich beim Umweltbundesamt (UBA) oder den zuständigen Landesbehörden registrieren müssen, besteht die Möglichkeit, gegen Behördenentscheidungen Rechtsmittel einzulegen, sprich u.a. eine Klage vor dem Verwaltungsgericht zu erheben. Mit dem Ende 2006 in Kraft getretenen Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz wurden die Möglichkeiten der Umweltverbände zur Verbandsklage ausgeweitet (Schlacke, 2007). Sie haben nun auch die Möglichkeit, gerichtlich gegen bestimmte umweltrechtliche Zulassungsentscheidungen für Industrieanlagen und Infrastrukturmaßnahmen vorzugehen, etwa wenn eine Umweltverträglichkeitsprüfung ausgeblieben ist. Damit wird die EU-Richtlinie 2003/35/EG umgesetzt, die ihrerseits der Umsetzung der Aarhus-Konvention diente (UN/ECE-Übereinkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungen und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten). Nach dem Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz können die klageberechtigten Verbände inhaltlich einer gerichtlichen Überprüfung allerdings nur das zuführen, was bislang auch ein individuell-subjektiv Betroffener geltend machen kann. Nicht umfasst sind dabei z.B. Aspekte des Klimaschutzes, auch nicht bei einem beabsichtigten Vorhaben, wie dem Bau eines neuen Kohlekraftwerkes. Dies wird zunehmend kritisiert (Genth, 2008), da die Aarhus-Konvention und damit auch die sie umsetzende EU-Richtlinie ursprünglich zum Ziel hatte, die Bürger und ihre Vereinigungen zu mobilisieren, sich verstärkt für den Umweltschutz einzusetzen, um so den Vollzugsdefiziten gerade in diesem Bereich entgegenzuwirken. Eine Ausweitung des Verbandsklagerechts in diese Richtung könnte bewirken, dass Klimaschutz als Staatsziel von den zuständigen Behörden auch tatsächlich respektiert wird.

Die Einsetzung von Ombudsleuten

Der Einsatz von mit Beschwerde- und Kontrollrechten ausgestatteten Ombudsleuten kann die vorhandenen Informations-, Beteiligungs- und Kontrollrechte von Verbänden und der Öffentlichkeit sachgerecht ergänzen und verbessern. Rechtsschutz in einem weiten Sinne umfasst – neben den gerichtlichen Klagebefugnissen – auch außergerichtliche, alternative Streitbeilegungsverfahren, die ebenfalls der Durchsetzung überindividueller Interessen wie etwa Klimaschutz und zugleich der Kontrolle staatlicher Organe dienen können. Neben Mediationsverfahren im öffentlich-rechtlichen Bereich, insbesondere im Umweltbereich (Hellriegel, 2002; Sünderhauf, 1997), sowie dem Petitionsverfahren zählt hierzu die auf schwedische Ursprünge zurückgehende Institution des Ombudsmanns (Schomerus, 1989). Seit dem Vertrag von Maastricht verfügt auch die Europäische Union über einen Ombudsmann, den Bürgerbeauftragten (Art. 24 UAbs. 3 i.V.m. Art. 228 AEUV; Magliveras, 1995; Cadeddu, 2004). Die Institution des Ombudsmanns bezweckt in erster Linie eine außergerichtliche Streitschlichtung in Verwaltungsrechtsverhältnissen, ergänzt mithin die Verwaltungsgerichtsbarkeit und dient der Wahrung der Rechtsordnung.

Kasten 5.4-2

Neue Formen unmittelbarer Demokratie: Einsichten aus der Schlichtung von „Stuttgart 21“

In Stuttgart wurde im Jahr 2010 mit dem lange geplanten Umbau des Hauptbahnhofs von einem Kopf- zu einem unterirdischen Durchgangsbahnhof begonnen („Stuttgart 21“). Der Widerstand gegen dieses Großprojekt hatte sich nach Baubeginn zu einem Massenprotest entwickelt, an dem sich auch das städtische Bürgertum beteiligte. Um diesen gesellschaftlichen Konflikt zu deeskalieren, wurden im Herbst 2010 öffentliche Schlichtungsgespräche durchgeführt. Diese Schlichtung war nach Aussage des Schlichters und ehemaligen Bundesministers Heiner Geißler ein „Demokratieexperiment“ das zeigt, wie neue Formen unmittelbarer Demokratie künftig in Deutschland ausgestaltet werden können (Geißler, 2010). In seinem Schlichterspruch vom November 2010 hat Geißler wesentliche Elemente neuer Formen unmittelbarer Demokratie skizziert, die im Folgenden dargestellt werden.

Transparenz und Einbindung von Anfang an

Zu Beginn der Planung von Großprojekten sollte es ein bürgerdemokratisches Verfahren geben, bei dem auch die Diskussion über Alternativen zugelassen ist. Dabei gilt es, die Gleichberechtigung zwischen Kritikern und Befürworten eines Projektes sicherzustellen, etwa durch öffentliche Finanzierung von Gutachten und Stellungnahmen auch der Gegner. Von elementarer Bedeutung ist, dass nicht etwa nur Teilaspekte im Rahmen politischer Stellungnahmen an die Öffentlichkeit gebracht werden, sondern die „Herleitung aller Argumente“ und die „technische Gesamterzählung“ für alle Beteiligten offengelegt werden. Durch die umfassende öffentliche Darstellung des inneren Zusammenhangs von Großprojekten – gegebenenfalls unter Einbeziehung der Medien vor einem Millionenpublikum – kann Transparenz hergestellt und dem wachsenden Misstrauen der Bürgerschaft gegenüber Politik und Wirtschaft entgegen gewirkt werden („moderne Aufklärung“; Geißler, 2010).

Planfeststellungsverfahren sind aus Sicht Heiner Geißlers die „bürokratischste Form der Demokratie“; die Bürger könnten nur Einspruch gegen den vorgelegten Plan erheben. „Das können Sie auch in einer Diktatur so machen“, sagte Geißler in der Süddeutschen Zeitung (SZ, 2010) weiter. Die Öffentlichkeit muss zwar heute schon nach §3 des Baugesetzbuches über Pläne und Alternativen frühzeitig informiert werden. „Diese Bestimmung steht jedoch auf dem Papier, wird nicht eingehalten oder zu eng ausgelegt“. Notwendig sei, dass die Alternativen *offiziell* ermöglicht und geprüft werden“ (Geißler, 2010). „Das völlig veraltete Baurecht muss renoviert werden, es muss vor allem beschleunigt werden“ (Die Welt Online, 2010).

Verstärkung der unmittelbaren Demokratie

Entscheidungsprozesse in repräsentativen Demokratien können unter den Bedingungen der Mediendemokratie, wo Zehntausende im Internet per Mausklick erreicht und mobilisiert werden, nicht mehr funktionieren wie im 20. Jahrhundert; „Die Zeit der Basta-Politik ist vorbei“ (Geißler, 2010). Auch Parlamentsbeschlüsse würden mittlerweile hinterfragt, vor allem wenn es Jahre dauere, bis sie realisiert würden. Solche Beschlüsse müssten in dieser Zeit immer wieder begründet und erläutert werden. Außerdem seien die Fristen zwischen Planung und Realisierung viel zu lang.

Geißler plädiert für eine „Verstärkung der unmittelbaren Demokratie“. Zwar könne das Schweizer Modell nicht auf Deutschland übertragen werden, aber man solle „das Beteiligungsverfahren der Schweiz übernehmen, zumindest für Großprojekte“. Dazu schlägt er vor, die Durchführung von Großprojekten in drei partizipative Planungssegmente aufzuteilen. In der ersten Phase sollte das Ziel formuliert werden (z.B. Bau eines Basistunnels durch den Gotthard), dann sollte darüber abgestimmt werden. In der zweiten Phase sollten dann die Pläne entwickelt werden, gegebenenfalls auch mit Alternativen. Dann sollte wieder abgestimmt werden. In der dritten Phase erfolgt die Realisierung, die mit begleitender Begründung und Information erfolgen sollte.

„So lange solche Beteiligungsverfahren im Bund und den Ländern nicht möglich sind, bietet sich das Stuttgarter Modell als Prototyp an, als institutionalisierte Bürgerbeteiligung auf Augenhöhe“, so Geißler weiter. Nach Abschluss aller demokratischen und gerichtlichen Verfahren sollte eine Schlichtung die Ausnahme bleiben. Neue Formen der frühzeitigen Bürgerbeteiligung könnten eine Eskalation wie in Stuttgart künftig vermeiden helfen.

Eine gesellschaftliche Diskursinitiative zur Großen Transformation

Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist nur machbar, wenn es gelingt, auf breiter Front und aus der Mitte der Gesellschaft starke gesellschaftliche und politische Kräfte dafür zu gewinnen. Nur so können auf gesetzgeberischer Ebene oder in der Zivilgesellschaft die Veränderungen angestoßen und weiterentwickelt werden, die die Basis für die Transformation bilden. Dies verlangt nach einer weit übermehrheitlichen Koalition, möglicherweise einer neuen „sozialen Bewegung“ (Nullmeier und Dietz, 2009). Wenn hinreichende Unterstützung aus den als zentral angesehenen gesellschaftlichen Schichten erfolgt, ist nach Giddens (2009) Klimapolitik insofern „entpolitisiert“, als sie nicht entlang gängiger Muster von Links und Rechts polarisiert wird; andererseits werden oft als bloße Naturgefahren verstandene Entwicklungen wie der Verlust biologischer Vielfalt und Klimawandel damit Gegenstand einer eminent politischen Debatte.

Ein Verständnis der Notwendigkeit einer tiefgreifenden Transformation zur Wahrung der Zukunftschancen und einer fairen globalen Lastenverteilung sollte sich in allen Teilen der Gesellschaft ausformen. Es sollte eine gesellschaftliche Grundstimmung befördert werden, die das Thema ernst nimmt und ein Nichthandeln oder „weiter so wie bisher“ immer weniger akzeptabel macht. Je stärker eine Diskurshegemonie des Deutungsmusters „Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist notwendig und machbar, Transforma-

tion erhält unseren Wohlstand" ausgeprägt ist, desto eher können potenzielle gesellschaftliche Widerstände und mächtige Vetospieler im politischen Raum überwunden und politische sowie wirtschaftliche Eliten vom Handeln überzeugt werden (Nullmeier und Dietz, 2009; Hajer, 1995). Nur mit Hilfe dieses deliberativen Diskurses können die notwendigen Weichenstellungen vorgenommen werden.

Diesen breiten gesellschaftlichen Dialog zu initiieren sollte Aufgabe der Politik sein. Auf die Rolle staatlicher Institutionen bei der Förderung des öffentlichen Bewusstseins bzgl. des Klimawandels verweist auch Art 6. der Klimarahmenkonvention (Walk, 2008). Auf unterschiedlichsten Ebenen (global, national, regional, lokal) und mit unterschiedlichen Mitteln (Konferenzen, Kampagnen, Bildungsangeboten usw.) sollten die Themen Klimawandel, Lebensstile, Dekarbonisierung und Transformation in der Öffentlichkeit präsentiert und diskutiert werden. Durch diesen Prozess unter breiter Beteiligung aller maßgeblichen Akteure aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbänden, Medien usw. kann die Möglichkeit geschaffen werden, die wissenschaftliche und gesellschaftliche Debatte in allen Facetten, Sichtweisen und Einschätzungen zu führen und kooperativ Lösungsmöglichkeiten bzw. -korridore zu erarbeiten. Um eine bloß symbolische oder durch Parteienstreit verwässerte Befassung mit den Themen der Nachhaltigkeit zu vermeiden, sollte in Deutschland eine im Wesentlichen über digitale Informations- und Kommunikationsmedien laufende und sorgfältig moderierte Debatte unter der Schirmherrschaft (und aktiven Beteiligung) des Bundespräsidenten stattfinden.

Deliberative Beteiligungsverfahren

Peter Dienel (1978, 2002), James S. Fishkin (1991, 1995, 2009) und eine Reihe weiterer Sozialwissenschaftler haben Experimente und Pilotprojekte durchgeführt, die sie als „Planungszellen" oder „Deliberative Opinion Polls" bezeichnet haben. Einen Gesamtüberblick geben Buchstein (2009, 2010) und Buchstein und Hein (2009). Sie folgen demselben Grundmuster: Zuerst wird aus einer Region (oder aus einem Land) eine repräsentative Gruppe an Bürgern eingeladen, sich gegen eine Aufwandsentschädigung über mehrere Tage zu treffen, um gemeinsam zu einem bestimmten, gerade aktuellen politischen Thema zu beraten, sich über unterschiedliche Optionen sachkundig zu machen und daraus eine Entscheidungsempfehlung zu erarbeiten. Pilotprojekte bezogen sich bisher auf familienpolitische Fragen (USA), die Steuerpolitik (England), die Einführung des Euro (Dänemark), die Abschaffung der Monarchie (Australien) oder die Verteilung von zusätzlichen Steuereinnahmen auf lokaler Ebene (China). Die Bezeichnung „Deliberative Opinion Poll" ist als Kontrastformel zur klassischen Meinungsumfrage (poll) gewählt worden.

Bei klassischen Meinungsumfragen werden zumeist uninformierte Bürger über Fragen, die sie in der Regel bis dato nicht interessierten, mit festgelegten Antwortoptionen konfrontiert und das aus ihren Reaktionen gebildete Umfrageergebnis wird von den fragenden Sozialwissenschaftlern als Ausdruck des „authentischen Bürgerwillens" präsentiert. Derlei Umfragebefunde sind keine echten politischen Willensäußerungen, sie stellen lediglich sozialwissenschaftliche Artefakte dar und sollten, anders als in der umfragegläubigen politischen Alltagspraxis, als „pseudo-opinions in the echo-chamber" keine Bedeutung für politische Entscheidungen haben.

Dem Vorschlag von mehr Mitwirkungsmöglichkeiten für einfache Bürger wird oft entgegengehalten, diese seien schlecht informiert, ließen sich leicht manipulieren und würden in zugespitzten Situationen auch massive Grundrechtsverletzungen mehrheitlich befürworten. Demgegenüber wollen die Initiatoren des Deliberative Opinion Poll den politischen Willen ermitteln, den Bürger haben, nachdem sie sich gründlich informierten und über die zur Entscheidung stehende Frage nachdenken konnten. In der Praxis ist damit zweierlei verlangt: Zum einen eine sozialstatistisch repräsentative Auswahl dieser Bürger (hierin unterscheidet sich der Deliberative Opinion Poll in keiner Hinsicht von der konventionellen Meinungsumfrage) und zum anderen eine Beschaffenheit von deliberativen Prozessen, die tatsächlich zu Informations- und Reflexionsgewinnen führt.

Das Erfordernis der sozialstatistischen Repräsentativität wird direkt durch den Rückgriff auf Auslosungssysteme erfüllt. In den bisherigen Projekten werden potenzielle Teilnehmer mit Hilfe von computergesteuerten Zufallsgeneratoren telefonisch kontaktiert und eingeladen. Das zweite Erfordernis der Bereitstellung einer möglichst konstruktiven Deliberationssituation wird durch eine intensive inhaltliche Vorbereitung und durch die diskursive Choreographie der Zusammentreffen erfüllt. Auch dabei kommt das Los wieder zum Zug. Die von Fishkin und seinem Team auf nationaler Ebene durchgeführten Pilotprojekte versammeln 300 bis 500 Teilnehmer für ein langes Wochenende an einem festen Ort. Die Teilnehmerzahl soll groß genug sein, um eine gewisse statistische Repräsentativität zu erhalten, aber klein genug, um diskursive Prozesse in Kleingruppen und in Plena mit der Unterstützung professioneller Moderatoren organisieren zu können. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass sich die mit dem Losverfahren intendierte sozialstatistische Repräsentativität der Beteiligten recht gut realisieren ließ. Die Zahlen variieren zwar zwischen einzelnen Projekten, insgesamt lagen die sozialstatistischen Verteilungen aber noch

über denen konventioneller Meinungsumfragen, bevor diese dann nachträglich „korrigiert“ werden. Auch wenn die zusammengekommenen Gruppen den sozialstatistischen Querschnitt nicht exakt erlangten, verfügten sie doch über einen deutlich höheren Grad an sozialer Heterogenität als alle Institutionen des regulären politischen Betriebes.

Ein robuster Befund aus den bislang abgehaltenen „Deliberative Opinion Polls“ ist, dass sich im Zuge der Beratungen auf der Aggregatdatenebene deutliche Veränderungen der Meinungen bei den Beteiligten ergeben haben. Bei den individuellen Änderungen handelt es sich um einen Prozess von „political learning“ mit kognitiv ausgereiften neuen Positionen. Sie basieren auf mehr Faktenwissen, sind logisch schlüssiger, tragen der Komplexität der Problemstellung Rechnung und sind auch bezüglich der eigenen Wertefundamente konsistent. Dies ist ein Befund, der für die Frage der Eignung eines „House of Lots“, einer Art deliberativen Zukunftskammer (Kap. 5.4.2.4), für die Empfehlung, Beratung oder auch Entscheidung klimapolitischer Fragen von positiver Bedeutung ist.

5.4.2.3 Klimapolitisches Mainstreaming in Regierung und Parlament

Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft erfordert Engagement und Beteiligung vieler Akteure (Staat, Zivilgesellschaft, Privatwirtschaft usw.). Die Bundesregierung als staatlicher Akteur hat die Möglichkeit, durch institutionelle Reformen die Rahmenbedingungen so zu verbessern, dass Transformationsbelange mit hoher Priorität in Regierung und Parlament verankert werden. Dekarbonisierung müsste dafür „gemainstreamt“ werden. Unter „Mainstreaming“ wird ein Organisationsprinzip verstanden, das auf die Berücksichtigung eines bestimmten Aspekts bei allen Entscheidungen – im Hinblick auf Produkte, Außendarstellungen, Personal und Organisation usw. – zielt. Analog zur Geschlechterpolitik wäre eine Art klimapolitisches Mainstreaming denkbar, d.h. eine Politik der Dekarbonisierung quer durch alle Ressorts und bei allen Gesetzesvorhaben.

Obligatorische Klimaverträglichkeitsprüfung

Durch eine Klimaverträglichkeitsprüfung kann sichergestellt werden, dass zu beschließende Maßnahmen die Erreichbarkeit der Klimaschutzziele nicht gefährden. In Österreich ist die Einführung einer solchen Klimaverträglichkeitsprüfung bereits geplant um festzustellen, ob einzelne Regelungsvorhaben im Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele relevant sind. Es ist jeweils die klimafreundlichere Alternative zur Erreichung des Regelungsziels auszuwählen. Derartige Prüfungen der Gesetzesfolgen sind grundsätzlich auch in Deutschland kein Neuland mehr. So besteht seit einigen Jahren die Pflicht, eine Bürokratiekostenabschätzung eines jeden Gesetzentwurfs durchzuführen, bevor er in den Bundestag eingebracht wird. Im Rahmen der seit Mai 2009 durchzuführenden sogenannten Nachhaltigkeitsprüfung werden die von der Bundesregierung eingebrachten Gesetzentwürfe und Verordnungen jeweils von unabhängigen Beiräten hinsichtlich der Kosten der darin begründeten Informationspflichten für Unternehmen (= Bürokratiekosten) bzw. auf die Vereinbarkeit mit der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie geprüft. Diese Vorgehensweise hat allerdings den Nachteil, dass nachträglich zum Entwurf eingebrachte Änderungsanträge von der Prüfung unberührt bleiben. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Klimaverträglichkeitsprüfung hinsichtlich ihres Anwendungsbereichs von der Nachhaltigkeitsprüfung abgegrenzt wird, um Doppelprüfungen zu vermeiden: Der Klimaschutz ist zwar Teil der nachhaltigen Entwicklung und Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Allerdings umfasst die Nachhaltigkeitsprüfung zahlreiche weitere Aspekte der Generationengerechtigkeit, wie beispielsweise den sozialen und demografischen Wandel und die Ressourcennutzung im Allgemeinen. Sie ist damit kein Instrument, mit dem im oben beschriebenen Sinn allein die Klimaverträglichkeit von Gesetzen und Verordnungen bestimmt wird.

Neben der Klimaverträglichkeitsprüfung von Gesetzesvorhaben existiert für einzelne Vorhaben mit der Umweltverträglichkeitsprüfung und für Pläne und Programme mit der strategischen Umweltprüfung bereits eine Überprüfung deren klimarelevanter Auswirkungen. Dabei sind jedoch Doppelprüfungen zwischen der Klimaverträglichkeitsprüfung von Gesetzgebungsvorhaben und Verordnungen einerseits und der Umweltverträglichkeitsprüfung von Vorhaben sowie der strategischen Umweltprüfung für Pläne und Programme andererseits zu vermeiden. Dies kann über Abschichtung erreicht werden. Das bedeutet, dass alle Aspekte, die auf der vorangegangenen Stufe ausreichend geprüft wurden, auf nachfolgender Ebene keiner erneuten Prüfung mehr bedürfen.

Stärkung der Exekutive und Legislative für die Transformation

Damit in Deutschland die ressortübergreifende Befassung mit dem Thema Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft sichergestellt und Politiken zwischen den Ressorts besser abgestimmt werden, sollten die Dekarbonisierung der Energiesysteme, Möglichkeiten zur Minderung der Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung sowie klimaverträgliche Urbanisierung zu Leitthemen im Staatssekretärsausschuss für nach-

haltige Entwicklung im Bundeskanzleramt werden. Zudem sollte die Rolle dieses Staatssekretärsausschusses als eigenständiges Gremium gestärkt werden. Alle Bundesministerien sollten Strategien für die klimaverträgliche Transformation entwickeln. Dadurch soll die klimapolitische Verantwortung des Staates in der Verwaltungsorganisation und im Verwaltungsverfahren systematisch festgesetzt werden.

Mit Blick auf die Stärkung des Themas Transformation in der deutschen Außenpolitik könnte die Schaffung der Funktion eines Staatsministers im Auswärtigen Amt zielführend sein, der für globale Nachhaltigkeitsfragen, Dekarbonisierung und Rohstoffdiplomatie zuständig ist.

Klimaschutz, die Erhaltung von Biodiversität und nachhaltige Raumplanung sind heute thematisch in den Verwaltungen besser repräsentiert und höher gewichtet als in der Ursprungsphase der Umweltpolitik. Allerdings können die Themen im momentanen Ressortzuschnitt kaum das Gewicht erlangen, das sie auch im Blick auf die postindustrielle Zukunftsgestaltung einer nachhaltigen Wirtschaft nach Auffassung des WBGU haben sollten. Langfristig sollte daher ein partieller Umbau des derzeitigen Ressortzuschnitts, etwa durch Bildung eines Umwelt-, Klima- und Energieministeriums, geprüft werden.

Eine weitere Form des klimapolitischen Mainstreaming der Exekutive kann darin bestehen, das Wissen um die globalen Zusammenhänge von Politik zu erhöhen. Ein Mittel zum Zweck „globaler Aufklärung" kann die „Internationalisierung" der ministeriellen Ressorts sein, etwa indem Referate in Ministerien zukünftig zu 10–15% mit Personal aus anderen OECD-Nationen sowie Entwicklungs- und Schwellenländern besetzt werden und dort wiederum der Aufbau ausreichender Kapazitäten unterstützt bzw. intensiviert wird. Auf diese Weise können nationale Interessen und Sichtweisen von vornherein besser mit internationalen Perspektiven und Diskursen abgestimmt, wechselseitige Lernprozesse beschleunigt und multilaterales Vertrauen generiert werden. Als konkreter Schritt in diese Richtung böten sich beispielsweise Austauschprogramme für Fachreferenten an, vergleichbar den einschlägigen DAAD-Programmen im Bereich der Wissenschaft.

Zusätzlich zur bestehenden administrativen Gesetzesfolgenprüfung für Nachhaltigkeit sollten Möglichkeiten zur Stärkung der Rolle des Parlaments geprüft werden. Durch eine Aufwertung des Parlamentarischen Beirats für nachhaltige Entwicklung (Kasten 5.4-3) zu einem eigenen Ausschuss im Bundestag kann dessen Handlungs- und Durchsetzungsfähigkeit im Parlament verbessert und die klimapolitische Rolle des Parlaments gestärkt werden. Nachfolgend wird die Aufnahme von „Zukunftsquoren" bzw. Zukunftskammern zur besseren Repräsentation der Bürgerschaft erörtert und begründet.

5.4.2.4 Zur besseren Repräsentation von Zukunftsinteressen: Wahlrechtsreform und Loskammern

Eine offene, unter demokratietheoretischen wie verfassungspolitischen Gesichtspunkten aufzurollende Frage ist, ob in einem gestaltenden Staat mit erweiterter Partizipation durch die Aufnahme von „Zukunftsquoren" die Repräsentation der Bürgerschaft verändert werden darf und soll. Darunter kann man alle Instrumente zusammenfassen, die vermutete Interessenlagen künftiger Generationen (unterstellt: an mehr Nachhaltigkeit heutiger Politik) in konsultativen Gremien oder zusätzlichen Kammern im laufenden Entscheidungsprozess antizipieren und ihnen eine (virtuelle oder vikarische) Stimme geben sollen.

Das tangiert die Grundidee der Repräsentativität, die seit dem europäischen Mittelalter eine Kernfrage politisch-administrativer Ordnungen darstellt: Wie lässt sich jenseits einer zahlenmäßig und in ihrem Problemanfall überschaubaren Polis oder Stadtgemeinde eine Gesamtheit von Personen (das Volk) gerecht und angemessen durch eine Versammlung vertreten, deren Mitglieder ernannt, ausgelost oder vorzugsweise in allgemeinen, gleichen und fairen Verfahren gewählt worden sind?

Kasten 5.4-3

Parlamentarische Begleitung der Transformation

Zu den wichtigen „Anwaltsaufgaben" des Parlamentarischen Beirats für nachhaltige Entwicklung des Deutschen Bundestages gehört die Bewertung der Nachhaltigkeitsprüfung im parlamentarischen Gesetzgebungsverfahren. Der Parlamentarische Beirat für nachhaltige Entwicklung hat sich am 21. Januar 2010 konstituiert, nachdem der Bundestag am 17. Dezember 2009 seine Einsetzung beschlossen hatte (BT-Drucksache 17/245). Der Beirat hat 22 Mitglieder: neun von CDU/CSU, fünf von der SPD, je drei von der FDP und der Linken sowie zwei Mitglieder von Bündnis 90/Die Grünen. Vorsitzender ist Andreas Jung (CDU/CSU), Stellvertreterin Gabriele Lösekrug-Möller (SPD). Der Beirat soll die nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung und die europäische Nachhaltigkeitsstrategie parlamentarisch begleiten und Empfehlungen abgeben.

Im heutigen Standardtypus repräsentativer Demokratien gibt es auf diese Frage eine große Variationsbreite von Antworten, die sich dem Ideal annähern, es aber nie erreichen – Repräsentation ist „nicht unbedingt echt" (Sartori, 1992) und „under any system … biased" (de Grazia, 1951). Verzerrungen liegen vor allem im fehlenden sozialstrukturellen Querschnitt der politischen Eliten, sie resultieren aus Wahlverfahren oder liegen in der fehlenden Balance zwischen der Autonomie der Volksvertreter, die das Mandat ihrer Wähler treuhänderisch wahrnehmen und frei auslegen dürfen, und der durch Wahl vorgenommenen Delegation des Volkswillens. Hinzu kommen Aspekte, wie die Fraktionsdisziplin in parlamentarischen Kammern, durch häufige Wiederwahl entstandene „Erbhöfe der Macht" und dergleichen.

Von besonderer Bedeutung ist im Blick auf die in diesem Gutachten skizzierten Zukunftsinteressen eine „Surrogatrepräsentation" (Mansbridge, 2003). Gemeint ist damit die Vertretung von Wählerschaften, die räumlich wie zeitlich außerhalb der üblichen Wahlkreise von Repräsentanten angesiedelt sind. Dies betrifft Menschen, die nicht dem jeweiligen Nationalstaat angehören, aber von dessen Tun und Lassen betroffen sind sowie derzeit noch nicht wahlberechtigte oder noch gar nicht geborene Wähler, deren Lebensbedingungen jedoch durch aktuell getroffene oder nicht getroffene Entscheidungen beeinflusst sein werden (Kap. 5.3).

Wie vor allem letztere, als „Zukunftsinteressen" umschriebene Willensbekundungen antizipiert werden können, versuchen vor allem zwei politische Experimente zu ergründen:

1. die direkte oder indirekte Repräsentation von Kindern und Jugendlichen in Wahlverfahren,
2. Loskammern (House of Lots).

Kinderwahlrecht, Familienwahlrecht und stellvertretendes Elternwahlrecht

Um tatsächliche wie unterstellte Präferenzen von Kindern und Jugendlichen stärker in den politischen Prozess einzubinden, bzw. parlamentarisch zu repräsentieren, werden drei Reformoptionen diskutiert: (1) Die Einführung des originären Kinderwahlrechts (also eine Reduzierung des Wahlalters bzw., in der radikalsten Fassung, ein Wahlrecht von Geburt an), (2) die Einführung eines originären Elternwahlrechts (auch Familienwahlrechts) und (3) die Einführung eines stellvertretenden (vikarischen) Elternwahlrechts, wonach Eltern das Wahlrecht der Kinder treuhänderisch ausüben, bis diese das Wahlalter erreicht haben (Grözinger, 1993; Goerres und Tiemann, 2009). Das stellvertretende Elternwahlrecht wird auch als eine Form der Ausgestaltung des Kinderwahlrechts bzw. als Kompromiss zwischen originärem Kinder- und Elternwahlrecht diskutiert und dominiert die aktuelle deutsche Debatte (Goerres und Tiemann, 2009). Unterstellt wird dabei, dass Eltern die Interessen ihrer Kinder an nachhaltigen Politiken bei der Vergabe ihrer treuhänderisch verwalteten Wählerstimmen beachten (Steffani, 1999).

Die Einführung eines stellvertretenden Elternwahlrechts wird in Deutschland von einem heterogenen gesellschaftlichen und politischen Spektrum unterstützt, zu dem prominente Befürworter wie Rainer Eppelmann, Olaf Henkel, Roman Herzog, Paul Kirchhof, Kardinal Karl Lehmann, Werner Schulz, Wolfgang Thierse und Antje Vollmer zählen (Westle, 2006). In den vergangenen Jahren hat sich auch der Deutsche Bundestag wiederholt mit fraktionsübergreifenden Anträgen beschäftigt, in denen die Einführung des Kinderwahlrechts gefordert wird (Deutscher Bundestag, 2003, 2008; Drucksache 15/1544 und 16/9868). Die „Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen" (SRzG) fordert ein Wahlrecht durch Eintragung, wonach jeder Staatsbürger unabhängig vom Alter wahlberechtigt sein soll, sobald er einen entsprechenden Willen bei der zuständigen Stelle kundtut (SRzG, 2009).

Die Eingriffstiefe dieses Vorschlags in die Verfassungsordnung und das Wahlrecht wird unterschiedlich beurteilt. Sowohl die Einführung eines Kinderwahlrechts als auch die Einführung eines stellvertretenden Elternwahlrechts machten eine Änderung des Grundgesetzes sowie verschiedener Länderverfassungen notwendig. Nach Art. 38 Abs. 2 des Grundgesetzes (GG) ist in Deutschland wahlberechtigt „wer das achtzehnte Lebensjahr vollendet hat." Die Einführung eines stellvertretenden Elternwahlrechts widerspräche den in Art. 38 Abs. 1 GG und den Landesverfassungen verankerten Grundsätzen der Gleichheit und Unmittelbarkeit von Wahlen. Das Bundesverfassungsgericht hat mit dem Argument, dass die Festlegung eines Wahlalters „historisch erhärtet" sei (BVerGE 36, 139, 141) und der Feststellung, dass das Demokratieprinzip und das Prinzip der Allgemeinheit der Wahl durch die Einführung eines Mindestalters nicht verletzt ist (BVerGE 42, 312, 340) bei Verfassungsbeschwerden bzgl. der Wahlteilnahme von Minderjährigen bislang stets negativ entschieden. Während z.B. Schreiber (2006) argumentiert, eine Grundgesetzänderung verstoße gegen das Demokratieprinzip und die „Ewigkeitsgarantie" des Grundgesetzes (Art. 79, Abs. 3 GG), halten etwa die früheren Richter am Bundesverfassungsgericht Roman Herzog und Paul Kirchhof die Einführung eines Familienwahlrechts unter Einhaltung der hierfür vorgesehenen formellen Anforderungen des Grundgesetzes verfassungsrechtlich für möglich (Deutscher Familienverband, 2003).

Neben staats- und verfassungsrechtlichen Einwänden gibt es schwer wiegende empirische Argumente

gegen die behaupteten bzw. angestrebten politisch-materiellen Konsequenzen der Einführung eines stellvertretenden Elternwahlrechts. So kann bislang nur als hypothetisch gelten, dass Eltern ihre Wahlentscheidungen auch wirklich so treffen, dass sie stärker Zukunftsinteressen berücksichtigen, die in konkreten Entscheidungsalternativen im Übrigen ein hohes Maß an Ungewissheit und Ambivalenz aufweisen.

Kritiker wenden vor allem ein, dass das vikarische Elternwahlrecht dazu benutzt werden könnte, nicht langfristige, nachhaltige Politiken zu befördern, sondern eigene kurzfristige Interessen effektiv durchzusetzen (Beispiel: eine deutliche Erhöhung des Kinder- und Elterngeldes durch die Aufnahme von Staatsschulden). Ebenso kann die Annahme, dass Nichteltern bzw. ältere Wähler sich bei ihrer Wahlentscheidung weniger an altruistischen Interessen orientieren, soziologisch als höchst fragwürdig gelten (Szydlik, 2000). Weiter zeigen empirisch fundierte Simulationen, dass sich trotz einiger systematischer Unterschiede im Wahlverhalten von Eltern und Nichteltern bei einer Einführung eines stellvertretenden Elternwahlrechts bei den Bundestagswahlen 1994 bis 2005 die Gesamtergebnisse nur geringfügig unterschieden hätten (Goerres und Tiemann, 2009).

Eine Variante des vikarischen Kinderwahlrechts ist die Absenkung des Eintritts der generellen Wahlberechtigung oder eine Übereinkunft über das Eintreten von thematisch speziellen „Mündigkeiten" (in Analogie der Religionsmündigkeit im 14. Lebensjahr). In normativer Hinsicht ist die jetzige Regel aus zwei Gründen problematisch. Zum einen ist es schwierig, überzeugende Gründe für eine ganz bestimmte und keine andere Altersgrenze anzuführen. Wie unterschiedlich dies gesehen werden kann, verdeutlicht schon der Trend einer säkularen Senkung des Wahlalters seit dem 19. Jahrhundert. In Frankreich lag das Wahlalter 1814 bei 30 Jahren, im 19. Jahrhundert in Deutschland zwischen 30 und 23 Jahren, die Zulassung zur Kommunalwahl liegt in einigen Bundesländern heute bei 16 Jahren und für die nächste Zukunft fordern Wissenschaftler eine weitere Senkung auf 14 Jahre (Hurrelmann, 1997). Plausibel ist eine Altersregelung letztlich nur, wenn man von einer bestimmten Minimalqualifikation zur Wahrnehmung staatsbürgerlicher Rechte ausgeht und diese an einem vom Alter abhängigen Reifungs- und Bildungsprozess festmacht. Und hier stellt sich in der Tat die Frage, ob eine Absenkung des Alters bei genereller oder partieller Mitentscheidung von Jugendlichen gerade im Bereich der Nachhaltigkeitspolitik die Parameter und Qualität der Entscheidungen nicht verbessern könnte.

Loskammern (House of Lots)

Deliberative Politik meint, dass zum einen die Erkenntnisse der Wissensgesellschaft durch Konsultationsmechanismen zugänglicher gemacht werden und zum anderen Bürger und Bürgerinnen als Mitwirkende an Zukunftsentscheidungen in die Verantwortung und ernst genommen werden. In diesem Sinne kann man deliberative Zukunftskammern konzipieren, die auf eine in der Demokratiegeschichte bereits alte, in der repräsentativen Demokratie aber eher randständige Idee zurückgreift. Diese Zukunftskammer ist eine Institution, die nach dem Zufallsverfahren zusammengesetzt ist und politische Anregungs-, Beratungs-, oder Entscheidungskompetenzen übertragen bekommt (Buchstein, 2009, 2010; Hein und Buchstein, 2009). Bereits in der Antike praktiziert, wurde der Ansatz vom US-amerikanischen Politikwissenschaftler und führenden Demokratietheoretiker Robert A. Dahl wiederbelebt. Nach positiven Erfahrungen mit dem Ende der 1960er Jahre in den USA neu eingeführten Lotteriesystem für US-amerikanische Geschworenengerichte schlug er vor, das „democratic device of the lot" auszubauen; ausgeloste und finanziell entschädigte „advisory councils" (Dahl, 1970) sollten wichtigen politischen Ämtern in modernen Demokratien von den Bürgermeisterämtern großer Städte über den US-Kongress bis zum Weißen Haus beigeordnet werden. Diese Gremien sollten sich im Abstand von mehreren Wochen treffen, um mit den jeweils verantwortlichen Berufspolitikern die ihnen wichtigen Themen zu diskutieren und sie mit ihren Problemwahrnehmungen, Fragen und Ratschlägen zu konfrontieren. Diese Gremien sollten konsultativen Charakter haben und das repräsentative System durch „Verbesserung der Entfaltungsbedingungen einer im Kern deliberativen politischen (Alltags-) Praxis" ergänzen (Schmalz-Bruns, 1995).

Dahl hat diese Idee zum „Minipopulus" weiterentwickelt (Dahl, 1987, 1992). Ein solcher setzt sich aus etwa eintausend Bürgern eines Landes zusammen, die nach dem Zufallsverfahren per Computer ermittelt wurden. Ihre Aufgabe ist es, über eine bestimmte Frage, für die sie vom Parlament (oder einer anderen zuständigen Institution) eingesetzt worden sind, innerhalb eines längeren Zeitraums zu beraten und verschiedene Entscheidungsoptionen zu entwickeln. Die Mitglieder können sich von Angesicht zu Angesicht treffen, aber auch elektronisch miteinander kommunizieren. Denkbar ist ein Netzwerk mehrerer Minipopuli, die gleichzeitig zu verschiedenen Themen und auf unterschiedlichen staatlichen Ebenen debattieren. Am Ende des Beratungsprozesses soll eine „Policy-Empfehlung" für die Legislative stehen.

Der Vorzug solcher Konsultativgremien für das politische System als Ganzes soll darin bestehen, dass sie

Berufspolitiker mit aufgeklärten Bürgervoten konfrontieren. Damit ist die Hoffnung verbunden, die legitimatorische Kette zwischen Bürgern und Berufspolitikern zu stärken und so Politik(er)verdrossenheit entgegenzuwirken. Wenn auch die bundesdeutschen Erfahrungen mit partizipativ und deliberativ ausgelegten Technikfolgenabschätzungen aus den 1990er Jahren nicht ermutigend ausgefallen sind, lässt sich dies in erster Linie genau darauf zurückführen, dass sie eben keine entscheidungs-, sondern ausschließlich empfehlungsorientierte Verfahren waren und die Adressaten – vorwiegend Behörden – die Empfehlungen nur zögerlich aufgegriffen haben. Offensichtlich entsteht unter den Mitgliedern deliberativer Körperschaften ein manifestes Motivationsproblem, wenn der Entscheidungsbezug der gesamten Veranstaltung gering bleibt oder nicht ohne Weiteres für die Teilnehmer zu erkennen ist.

Angesichts dessen ist es interessant zu wissen, was geschieht, wenn ausgeloste Gremien auf Augenhöhe mit den anderen politischen Akteuren in den Machtkreislauf moderner Demokratien gebracht werden. Doch fehlen praktische Erfahrungen mit per Los ermittelten Gremien, die ein verbindliches politisches Gewicht haben, bislang weitgehend. Denn in einem wesentlichen Punkt unterscheiden sich all diese Beispiele aus der Politik von den klassischen Geschworenengerichten aus der Justiz: Selbst dann, wenn sie von Parlamentsausschüssen oder anderen Instanzen eingefordert werden, gelangen sie zu keinem Votum, das einer Entscheidung mit verbindlichen Folgen gleichkäme. Sie geben lediglich Empfehlungen für gewählte Amts- und Mandatsträger ab und fungieren gleichsam als Methode, mit der politische Eliten den aufgeklärten Bürgerwillen zu erfahren suchen. Die bisherigen Projekte bewegen sich bestenfalls in einer Art Grauzone zwischen einem direkten Einwirken auf politische Entscheidungen und den indirekten Resonanzen, die über die Vermittlung der Öffentlichkeit in den politischen Prozess eingespeist werden.

Seit den 1990er Jahren wurden insbesondere in einigen europäischen Ländern neue Formen der Politikberatung, wie z.B. „Konsensuskonferenzen“ oder „Szenarioworkshops“ durch repräsentativ zusammengesetzte Bürgergruppen erprobt. Auswertungen haben ergeben, dass die Empfehlungen der dänischen Konsensuskonferenzen die dortigen Policy-Entscheidungen ganz wesentlich beeinflussten. Außerhalb Dänemarks haben vergleichbare Modelle hingegen keine großen praktischen Wirkungen entfalten können; vielmehr wurden die Empfehlungen von den politischen Akteuren nach Belieben als Unterstützung ihrer eigenen Position hervorgehoben und im gegenteiligen Fall ignoriert. Die stärkere Bedeutung im dänischen Fall erklärt sich mit dem quasioffiziellen Status der Konsensuskonferenzen durch ihre Anbindung an das Wissenschafts- und Technologieministerium.

Die bisherigen Vorhaben und Projekte mit zufallsgenerierten Gremien bedürfen somit weiteren Revisionen, um zu einer Erfolg versprechenden Reformoption werden zu können. Notwendig ist vor allem eine klare Festlegung verbindlicher Kompetenzzuschreibungen im Rahmen des politischen Systems moderner Demokratien. Die Gefahr, dass die Einberufung zufallsgenerierter Räte ansonsten zu einem Instrument wird, bei dem sich eine Regierung oder die Opposition je nach politischer Großwetterlage und Bedarf nur mit zusätzlicher Legitimation für ihre parlamentarische Politik versorgen will, wäre andernfalls fast unausweichlich. Notwendig ist auch eine klare Definition der Konstitutionsbedingungen und des sektoralen Arbeitsbereiches von Losgremien, weil sich Beratungsmaterien ansonsten in so viele Fragenaspekte zerlegen lassen, bis sich parallel tagende Räte gegenseitig blockieren. Bei regional oder thematisch fokussierten Räten tritt als weitere Notwendigkeit hinzu, den Kreis der Grundgesamtheit für die Zufallsauswahl zu definieren. Auf Fragen wie die zuletzt gestellten lassen sich keine generellen Auskünfte geben, sondern sie lassen sich nur im Hinblick auf konkrete Reformvorschläge sinnvoll beantworten.

Die Einrichtung eines „House of Lots“ als institutionelle Antwort auf die Probleme der Politikprogrammierung im Bereich der Klimapolitik gehört zu einem Vorhaben aus dem Bereich der „democratic innovations“ (Smith, 2009). Mit Blick auf die besondere Eignung oder Nichteignung eines „House of Lots“, einer Loskammer, als einer neu zu schaffenden politischen Institution, die in politische Entscheidungen einer zukünftigen Klimapolitik einbezogen werden könnte, lassen sich nach dem bisherigen Stand der Dinge folgende Thesen aufstellen:

- Beratungen in einer Loskammer sind prinzipiell gut geeignet für Themen mit hoher intergenerativer Relevanz, da die bisherigen Forschungen nicht nur erhebliche kognitive Veränderungen auf Seiten der Teilnehmer attestieren, sondern auch einen gewissen „Universalismuszwang“ der angeführten Argumente, da die zufällig zusammen gelosten Akteure geringere strategische Anreize haben, rein interessenorientiert zu argumentieren, als politische Akteure, die fest in politische Netzwerke eingebunden sind. Die empirische Forschung der vergangenen Jahre zeigt: ausgeloste Repräsentanten (LotReps) weisen eine hohe Gemeinwohlorientierung auf (was zwar nicht alle Probleme löst, aber doch einige Probleme vom Tisch nimmt).
- Ein „House of Lots“ sollte streng getrennt werden von gewählten Körperschaften, da Akteure aus gewählten Institutionen anderen Handlungslogiken

folgen (müssen) als ausgeloste Repräsentanten. Als Minderheit in einer Wahlkammer würden diese auch leicht in parteipolitische Zuordnungen und Zwänge geraten.

- Die Weiterentwicklungsmöglichkeit für zufallsgenerierte Räte gegenüber den bisherigen Modellprojekten läuft letztlich auf eine Entscheidung zwischen zwei Optionen hinaus: Entweder man bleibt auf den neu eingefahrenen Gleisen und betreibt die geschilderten Experimente und Projekte mit ihrem häufig unverbindlichen Status weiter. Man unterstützt dann lobenswerte demokratiepädagogische Vorhaben, die eher Ornamente an den Routinen des politischen Systems bleiben, von denen sich ihre Teilnehmer wenig tatsächliche Einflussnahme erwarten und damit die beschriebenen Motivationsprobleme heraufbeschwören. Alternativ dazu steht die Stärkung einer zufallsgenerierten Kammer als einer neuen politischen Institution mit begrenzten, aber realen politischen Einflussmöglichkeiten. Am Ende eines in diese Richtung zielenden reformpolitischen Weges stünde der Einbau eines „House of Lots" in das bestehende institutionelle Arrangement mit einem klar zugewiesenen und verbindlichen Kompetenzprofil. Dies kann von der obligatorischen Stellungnahme über eine Moratoriumskompetenz bis hin zu gewissen Vetofunktionen reichen und müsste – je nach Ebene (kommunal, Land, Bund, EU, weltweit) – wohlüberlegt ausgestaltet werden.

5.4.3 Die Gestaltungsmöglichkeiten der EU

Der EU kommt als supranationale Institution eine für die Transformation entscheidende (Vorreiter-)Rolle zu: Sie kann einerseits in ihren Mitgliedstaaten durch ambitionierte rechtliche und politische Vorgaben Maßnahmen initiieren, die die Transformation begünstigen. Andererseits kann die EU durch die Kooperation mit Drittstaaten fortschrittliche Entwicklungen über das Gebiet der Mitgliedstaaten hinaus ausweiten.

5.4.3.1 Handlungsmöglichkeiten gegenüber den Mitgliedstaaten

Stärkung des Klimaschutzes in den EU-Verträgen

Zur Sicherstellung der umfassenden Berücksichtigung des Klimaschutzes bei der Festlegung und Durchführung sämtlicher Unionspolitiken und -maßnahmen ist zunächst eine entsprechende Verankerung dieses Zieles im europarechtlichen Primärrecht, also dem Vertrag über die EU (EUV) und dem Vertrag über die Arbeitsweise der EU (AEUV), erforderlich, denn Klimaschutz findet sich lediglich als eines von mehreren Zielen der Umweltpolitik der EU in Art. 191 Abs. 1 Nr. 4 AEUV. Die bereits in Art. 6 AEUV existierende Querschnittsklausel, die zur allgemeinen Berücksichtigung des Umweltschutzes im Sinne von Art. 191 AEUV bei sämtlichen Unionsmaßnahmen auffordert, verpflichtet zwar indirekt, aber nicht explizit auch zu Klimaschutz (Calliess und Ruffert, 2007; Schwarze, 2009) und sollte neben Art. 3 EUV im Sinner einer Schutzverstärkung ergänzt werden.

EU-klimapolitisches Mainstreaming: Institutionelle Verankerung der Transformation

Als Ausfluss der symbolisch-verfassungsrechtlichen Verankerung des Klimaschutzes auf der unionsrechtlichen Ebene sind die Belange des Klimaschutzes und daraus resultierend der Transformation zusätzlich bei der institutionellen Ausgestaltung zu berücksichtigen. Auch auf der unionsrechtlichen Ebene ist daher parallel zu den Gestaltungsmöglichkeiten auf nationaler Ebene (Kap. 5.4.2.3) ein klimapolitisches Mainstreaming einzuführen, wodurch sichergestellt wird, dass Klimaschutz- und Transformationsbelange mit hoher Priorität und quer durch alle Ressorts und bei allen Gesetzgebungsvorhaben verankert werden. In der Generaldirektion Energie deutet sich ein solches klimapolitisches Mainstreaming gerichtet auf eine transformative Energiepolitik bereits an: Auf der Grundlage der Strategie „Europa 2020" (EU COM, 2010f) entwickelt die Generaldirektion eine europäische Energiepolitik, die insbesondere auf die Förderung nachhaltiger Energieproduktion, nachhaltigen Energietransport und -verbrauch sowie fortschrittlicher Energiedienstleistungen abzielt (EU COM, 2011e). Hierdurch werden technologische Innovationen im Energiebereich ermöglicht und die Einhaltung der Energie- und Klimaziele, insbesondere im Bereich der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien, sichergestellt. Gleichwohl erfordert eine erfolgreiche Umsetzung des Ziels Klimaschutz auf der Unionsebene eine stärkere und alle Organisationseinheiten umfassende Verpflichtung zu transformativer Politik im Sinne eines klimapolitischen Mainstreamings.

Gemeinsame Energiepolitik als Chance für Europa

Ein Kernelement der Transformation ist die Dekarbonisierung des Energiesystems. Noch nehmen die fossilen Energieträger und die Atomenergie im Energiemix der EU-Mitgliedstaaten eine dominierende Stellung ein. Die EU trägt mit knapp 15 % zu den weltweiten CO_2-Emissionen bei (ohne Landnutzungsänderungen). Außerdem besteht eine hohe Importabhängigkeit fossiler Energieträger, insbesondere bei Öl und Gas. Als wich-

tiges Element der Transformation kann die Erschließung des nachhaltigen Potenzials erneuerbarer Energien bis Mitte des Jahrhunderts die selbst proklamierte Führungsposition in Sachen Energie- und Klimapolitik glaubwürdig untermauern (Kap. 4).

Der Aufbau eines zukünftigen funktionierenden gemeinsamen Energiebinnenmarktes kann eine ähnlich starke Integrationswirkung entfalten wie die europäische Währungsunion und so die Identifikation der Bürger mit Europa vertiefen. Der EU fehlt derzeit ein neues Projekt, das seine Bürger überzeugt, motiviert und begeistert. Es herrscht eher Euroskepsis und partiell Europaverdrossenheit vor. Europa könnte, wenn es eine gemeinsame energiepolitische Vision entwirft und umsetzt, den Weg in ein neues Zeitalter der Energieversorgung weisen und wie kein zweiter Akteur die Machbarkeit einer kontinentweiten nachhaltigen Energieversorgung weltweit demonstrieren.

Die Gestaltung des gemeinsamen Energiebinnenmarktes sollte nach Auffassung des WBGU folgende Elemente beinhalten: die Regulierung des Netzzugangs, Zielvorgaben für die Reduzierung des Ausstoßes von Kohlendioxid, den Ausbau der Netze und der Speichermöglichkeiten sowie die diesbezügliche außenpolitische Kompetenz der EU zum Abschluss von Übereinkommen mit Drittstaaten. Momentan stellt die EU wichtige Weichen für die Weiterentwicklung des europäischen Energiemarktes, insbesondere für den Ausbau der Energieinfrastruktur und für die Regulierung des Netzzugangs. Mit ihren Mitteilungen zu den Energieinfrastrukturprioritäten (EU COM, 2010e), zu einer Strategie „Energie 2020" für wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energie (EU COM, 2010f), der Roadmap zu einer wettbewerbsfähigen, klimaverträglichen Wirtschaft bis 2050 (EU COM, 2011a) und dem Energieeffizienzplan 2011 (EU COM, 2011b) hat die EU-Kommission wichtige Schritte in die Richtung einer Dekarbonisierung der Energieversorgung vorgeschlagen. Allerdings bleiben die Zielvorstellungen in der Roadmap 2050 weit hinter den Möglichkeiten des Ausbaus erneuerbarer Energien zurück, und die Atomkraft nimmt auch zukünftig eine dominierende Stellung ein. Hier können, wie in Kapitel 4 gezeigt, ehrgeizigere Ziele für den Energiemix, ohne die Risiken der Atomkraft in Kauf nehmen zu müssen, verfolgt werden. Auf der Basis dieser politischen Vorschläge sollten dann rechtsverbindliche Maßnahmen getroffen werden, um den Ausbau der erneuerbaren Energien voranzutreiben.

Ausweitung der EU-Kompetenzen

Das transformative Tätigwerden der EU im Bereich der Energiepolitik erfordert die Schaffung entsprechender Kompetenzen. Aufgrund des Grundsatzes der begrenzten Einzelermächtigung, Art. 7 AEUV, darf die EU als supranationale Institution nur insofern tätig werden, als ihr die Mitgliedstaaten Hoheitsrechte übertragen haben. Da sie nach Art. 191 AEUV zum Umweltschutz tätig werden kann und dabei auch Ziele des Klimaschutzes verwirklichen soll, verfügt sie bereits über ein Kompetenzbündel. Die Umsetzung der Großen Transformation erfordert jedoch weitergehende Kompetenzen, über die die EU derzeit noch nicht verfügt. Dies betrifft auch und insbesondere den Bereich der Energiepolitik, der nunmehr ausdrücklich zu den EU-Kompetenzen gehört (Art. 194 AEUV). Diese Kompetenz umfasst aber beispielsweise nicht die Festlegung des rechtlichen Rahmens für den Energiemix der Mitgliedstaaten, der die Entscheidung der Mitgliedstaaten bei der Wahl ihrer Energieträger umfassend, also nicht nur für die erneuerbaren Energieträger, steuert. Ebenso nicht enthalten ist die Kompetenz zur Verpflichtung der Mitgliedstaaten, Energienetze zu errichten und mit Drittstaaten Netzausbauvorhaben durchzusetzen (Kahl, 2009; Calliess, 2010; Nettesheim, 2010).

Auf der Grundlage dieser neu zu schaffenden Kompetenzen kann die EU anschließend auf sekundärrechtlicher Ebene von den Mitgliedstaaten zu treffende Maßnahmen des Klimaschutzes und der Energiepolitik regeln. Hierzu könnte sie eine Klimaschutz- und Energierichtlinie erlassen: Dies hätte in prozeduraler Hinsicht den Vorteil, dass den Mitgliedstaaten ein eigener Entscheidungsspielraum verbliebe, weil Richtlinien nur hinsichtlich des zu erreichenden Zieles verbindlich sind, hinsichtlich der zur Zielerreichung erforderlichen Mittel jedoch Gestaltungsspielraum lassen (Art. 288 AEUV). Inhaltlich könnte eine solche Richtlinie Vorgaben für die Energiestrategie sowie den Ausbau der Stromversorgungs- und -verteilungsnetze enthalten.

Trotz der bestehenden Kompetenzlage hat die EU-Kommission verschiedene Vorschläge für eine wettbewerbsfähige, nachhaltige und sichere Energiepolitik unterbreitet. Hierbei handelt es sich jedoch vorerst nur um politische Vorschläge, die noch nicht in Recht gegossen und damit auch noch nicht verbindlich sind.

Ausbau erneuerbarer Energien durch die EU forcieren

Momentan bestehen de facto 27 verschiedene Energiemixe und 27 unterschiedliche Importabhängigkeitsstrukturen in der EU. Angesichts der unterschiedlichen geographischen und wirtschaftlichen Faktoren für die Produktion und Speicherung erneuerbarer Energien, z.B. günstige Wind- oder Sonnenstandorte oder landwirtschaftliche Flächen für die Erzeugung von Bioenergie, sind die Voraussetzungen für den Ausbau in den EU-Mitgliedstaaten sehr unterschiedlich.

Eine langfristige Umstellung der europäischen Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energien lässt sich jedoch kaum im nationalen Rahmen realisieren. Die EU sollte weiter Anreize setzen und Ziele vorgeben, damit erneuerbare Energien gefördert und ausgebaut werden sowie schrittweise aus der Nutzung fossiler Energieträger ausgestiegen wird. Dafür muss der EU die Möglichkeit eingeräumt werden, den Mitgliedstaaten den rechtlichen Rahmen für den Energiemix vorzugeben. Mit der bestehenden Umweltkompetenz kann die EU zwar ökologisch motiviert die Förderung der erneuerbaren Energien regeln; allerdings enthält weder diese noch die seit Inkrafttreten des Vertrags von Lissabon ausdrücklich geltende Energiekompetenz (Art. 194 AEUV) das Recht der EU, den rechtlichen Rahmen für den Energiemix unionsweit festzulegen. Dieser Bereich ist noch alleiniger Gegenstand mitgliedstaatlicher Hoheitsgewalt. Insofern ist eine Kompetenzerweiterung erforderlich.

Darüber hinaus greifen die vorhandenen EU-Ansätze zur Förderung erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) zu kurz: Statt einer Beschränkung auf (Gesamt-)Zielfestlegungen bis zum Jahr 2020 bedarf es einer ambitionierten Zielfestlegung bis 2050. Es sollten Zwischenziele verankert werden, die angesichts neuer wissenschaftlicher und technologischer Erkenntnisse einer Überprüfung unterliegen.

Die Nichteinhaltung dieser Ziele sollte sanktionierbar sein. In Betracht kommt insoweit nicht nur das Vertragsverletzungsverfahren durch die Kommission, sondern die Eröffnung von – bislang EU-vertraglich nicht vorgesehenen – Verbandsklagen vor dem Europäischen Gerichtshof. Darüber hinaus sollten die Anreize so gesetzt werden, dass Investitionen dort erfolgen, wo sie aufgrund der vorhandenen geographischen Bedingungen wirtschaftlich sind. Dafür empfiehlt der WBGU, eine einheitliche EU-Einspeisevergütung einzuführen (Kasten 5.4-4). Zur Steigerung der Wirksamkeit dieser finanziellen Förderung erneuerbarer Energieträger sollte die Subventionierung fossiler und nuklearer Energieerzeugung eingestellt werden. Zudem bildet die Weiterentwicklung der europäischen Klimaschutzziele einen wichtigen Orientierungsrahmen für die Dynamik des Ausbaus der erneuerbaren Energien. Schließlich sollten bindende Energieeffizienzziele flankierend ausgebaut werden, wozu die EU bereits jetzt nach Art. 194 Abs. 1 AEUV berechtigt ist.

Errichtung kontinentweiter Energienetze

Der kosteneffiziente Ausbau erneuerbarer Energien erfordert eine kontinentweite Vernetzung von Produktion, Verbrauch und Speicherung. Dafür ist der Aus- und Umbau einer grenzüberschreitenden Infrastruktur notwendig. In Europa sollte ein transkontinentales Hochleistungsnetz für elektrische Energie geschaffen werden, das den innereuropäischen Stromaustausch ermöglicht. Das Netz soll darüber hinaus an Europa angrenzende Länder mit einbeziehen, die Energie produzieren oder speichern, z.B. Verbindungen zu den Speicherkraftwerkskapazitäten Norwegens, zu Offshore-Windfarmen oder zu solarthermischen Anlagen in Afrika. Neben dem Ausgleich regionaler und zeitlicher Schwankungen des Energieangebots trägt dies zur Effizienz und zur Verbesserung der strategischen Versorgungssicherheit bei, denn es erlaubt ressourcengünstige Standorte optimiert zu nutzen und etwaige Importausfälle zu kompensieren. Eine solche Arbeitsteilung wäre kostengünstiger als jeweils nationalstaatliche Dekarbonisierungsstrategien mit Selbstversorgungsanspruch.

Das Dritte Energiebinnenmarktpaket nimmt – anders als die früheren EU-Liberalisierungsschritte – die Problematik der Netzplanung in den Blick und schafft einen neuen rechtlichen Rahmen für die grenzüberschreitende Organisation des Netzbetriebs. Unter anderem werden Netzbetreiber verpflichtet, 10-Jahres-Netzentwicklungspläne für die EU sowie regional zu erstellen. Eine Pflicht zum Ausbau der Versorgungsnetze sowie materielle Kriterien oder prozedurale Vorgaben bestehen nicht. Um die Errichtung neuer Netze in kurzer Zeit sowie die Förderung der Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen zu gewährleisten, ist eine zeitnahe Fortschreibung der diesbezüglichen EU-Rechtsakte (z.B. Stromverordnung) im Sinne einer Verpflichtung nicht nur zur Netzplanung, sondern zur Netzerrichtung und zum Netzausbau verbunden mit dem materiellen Ziel der Förderung erneuerbarer Energien erforderlich. Prozedural bedarf es einer frühzeitigen Einbeziehung und Beteiligung der Unionsbürgerinnen und -bürger am EU-weiten Planungsprozess. Eine Beteiligung lediglich an der Planung einzelner Netzabschnitte setzt zu spät an und verstellt den Blick auf die Gesamtplanung.

Allerdings verfügt die EU in kompetenzrechtlicher Hinsicht noch nicht über die Befugnisse, um den Netzausbau verstärkt voranzutreiben: Seit Inkrafttreten des Vertrags von Lissabon verfügt die EU im Rahmen ihrer energiepolitischen Kompetenz auch über die Möglichkeit, die Interkonnektion der Energienetze zu fördern (Art. 194 Abs. 1 lit. d AEUV). Mangels einer Beschränkung dieser Befugnis kann die EU hierauf gestützt eigene Projekte initiieren und die Mitgliedstaaten auch hinsichtlich des „Ob" der Durchführung verpflichten. Allein hinsichtlich der Art und Weise der Durchführung („Wie"), beispielsweise bezüglich der konkreten Trassenführung, kann sie wegen der fehlenden Planungskompetenz nicht handeln. Diese Befugnis verbleibt somit bei den Mitgliedstaaten. Da der EU-weite Ausbau der Energienetze eine umfassende Verpflich-

Kasten 5.4-4

Europaweite Harmonisierung der Förderung erneuerbarer Energien

Der Vorschlag einer Harmonisierung der Fördersysteme für erneuerbare Energien innerhalb Europas wurde in den vergangenen Jahren immer wieder diskutiert, bisher jedoch nicht eingeführt (SRU, 2011). Eine Harmonisierung könnte sowohl mit einheitlichen Einspeisevergütungen (feed-in-tariffs), mit einem Quotensystem (renewable portfolio standards) und handelbaren Zertifkaten (renewable/green energy certificates) sowie mit wettbewerbsorientierten Ausschreibungen (competitive tendering) umgesetzt werden, wobei die Wahl des Fördersystems Auswirkungen auf die Ausbauraten der verschiedenen erneuerbaren Energien-Technologien hätte (Kasten 5.2-4; IEA, 2008a). Ein einheitliches EU-Fördersystem für erneuerbare Energien würde dazu führen, dass die Erzeugung der erneuerbaren Energien an den jeweils günstigsten Standorten innerhalb der EU geschehen würde. Aufgrund der unterschiedlichen geographischen Standortbedingungen und Potenziale für erneuerbare Energien könnten theoretisch auf diese Weise bei der Förderung Effizienzpotenziale innerhalb der EU erschlossen werden.

Der Vorschlag einer Harmonisierung der europäischen Fördersysteme wurde zuletzt in der Energiestrategie „Energie 2020" der EU-Kommission vom November 2010 (EU COM, 2010f) aufgegriffen. Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) diskutiert in seinem jüngsten Gutachten die Vollharmonisierung der EU-Fördersysteme (SRU, 2011). In diesem Gutachten werden die prinzipiell vorhandenen Effizienzvorteile einer europaweiten Harmonisierung der Fördersysteme den realen Nachteilen gegenüber gestellt. Im Falle einer Entscheidung für europaweit einheitliche Einspeisevergütungen besteht ein Zielkonflikt zwischen der Ausnutzung der Kosteneinsparpotenziale, d.h. der Fokussierung auf die optimalen Standorte mit entsprechend niedrigen Fördersätzen, und einer Förderung, die auch in Ländern mit weniger günstigen Standorten zu Investitionen führt. Letzteres würde jedoch höhere Einspeisevergütungen erfordern, was wiederum – bei einheitlichen Sätzen – zu Mitnahmeeffekten in den Gunstregionen führen kann. Ferner kann sich während des Übergangs von nationalen Systemen zu einem europäischen Fördersystem eine Periode der Investitionsunsicherheit einstellen. Außerdem wird im Gutachten auf mögliche Akzeptanzprobleme einer auf wenige Standorte konzentrierten Förderung erneuerbarer Energien seitens Politik und Gesellschaft hingewiesen. Schließlich empfiehlt der SRU, aufgrund der noch nicht vorhandenen Netz- und Speicherinfrastruktur frühestens ab dem Jahr 2020 über ein europaweit einheitliches Förderinstrumentarium nachzudenken (SRU, 2011).

Der WBGU teilt die Bedenken hinsichtlich der derzeit bestehenden technischen, politischen und gesellschaftlichen Barrieren für die Harmonisierung des geeigneten Förderinstruments Einspeisevergütung, regt jedoch an, das Ziel einer europaweiten Einspeisevergütung ab dem Jahr 2020 bewusst anzustreben und die europäische Energiepolitik bis 2020 entsprechend auszurichten (Kap. 7.3.4). Zwingende Voraussetzung für eine einheitliche Einspeisevergütung ist der verstärkte Ausbau der Netze und Übertragungskapazitäten zwischen den EU-Mitgliedstaaten sowie die Bereitstellung neuer Infrastrukturen für den Umgang mit Fluktuation (u.a. Speicherkapazitäten, Lastmanagementsysteme). Eine sofortige europaweit einheitliche Einspeisevergütung würde absehbar in einigen Regionen, insbesondere in Deutschland, den Ausbau erneuerbarer Energien bremsen, ohne dass ausreichend erneuerbarer Strom importiert werden kann. Ein Ausweichen auf weniger nachhaltige Energieformen wäre ohne entsprechende Infrastruktur wahrscheinlich. Auch die Bedingung eines europäischen Binnenmarktes für Elektrizität mit freiem Netzzugang müsste gegeben sein.

Sind diese Voraussetzungen einmal gegeben, betrifft eine weitere Überlegung die Einbeziehung Nordafrikas in ein System einheitlicher europäischer Einspeisevergütungen. Die aus rechtlicher Sicht erforderliche (Außen-)Kompetenz der EU zur verbindlichen Einbeziehung Nordafrikas in ein europäisches Einspeisetarifsystem liegt bereits vor. Aus der (Binnen-)Kompetenz zur ökologisch motivierten Förderung der erneuerbaren Energien, Art. 191 AEUV, folgt auch die entsprechende – allerdings ungeschriebene – Berechtigung im Außenverhältnis, also gegenüber Drittstaaten, verbindlich für die Mitgliedstaaten zu handeln (sogenannte AETR-Rechtsprechung des EuGH, Rs. 22/70, Urteil v. 31.3.1971, Slg. 1971, S. 263). Doch auch dafür wäre der weitere Netzausbau in Form eines transkontinentalen Stromnetzes notwendig, der vermutlich nicht vor 2030 realisiert werden wird.

tung der Mitgliedstaaten erfordert, sollte auch diese Kompetenz der EU erweitert werden. Hierdurch würde zugleich nach der AETR-Rechtsprechung des EuGH die ebenfalls erforderliche Kompetenz der EU geschaffen, den Netzausbau über die EU-Grenzen hinweg mit Drittstaaten voranzutreiben.

Trotz dieser Kompetenzlage hat die EU-Kommission bereits ein Konzept für ein integriertes europäisches Energienetz vorgelegt, in dem die Ermittlung von Energieinfrastrukturprioritäten sowie Maßnahmen zu deren zeitnaher Umsetzung vorgeschlagen werden (EU COM, 2010e). Dies ist grundsätzlich positiv zu bewerten. Zur wirkungsvollen Umsetzung bedarf es jedoch noch der Rechtsverbindlichkeit.

Der Ausbau der Netze erfordert erhebliche Investitionen, vor allem in Regionen, die keine privaten Investoren finden. Es bedarf daher in diesen Regionen einer öffentlichen Unterstützung. Dafür sollten auch auf europäischer Ebene entsprechende Mittel bereitgestellt werden. Außerdem bedarf es staatlicher Investitionsanreize (z.B. durch günstige Kreditangebote) und möglicherweise rechtlicher Verpflichtungen zum Ausbau der Netze, soweit dies wirtschaftlich vertretbar ist.

EU-weiter Netzzugang

Eine kontinentweite nachhaltige Energieversorgung setzt die Schaffung eines funktionierenden europäischen Energiebinnenmarktes voraus. Der WBGU befürwortet die unionsrechtliche Liberalisierung der mit-

gliedstaatlichen Energiemärkte, die durch das Modell des regulierten Netzzugangs, das notwendig die Einrichtung einer entsprechenden Regulierungsbehörde voraussetzt, gekennzeichnet ist.

Die Liberalisierung des unionsweiten Energiemarktes gilt es zu stabilisieren und weiter voranzutreiben. Hierbei sollten im Sinne einer Dekarbonisierung die rechtlichen Rahmenbedingungen so gewählt werden, dass externalisierte Kosten (z.B. durch Treibhausgasemissionen) internalisiert werden (Kap. 5.2). Im Sinne des Verursacherprinzips sind diese Kosten von den Energieversorgungsunternehmen zu tragen, um eine Stützung bestehender klimaschädlicher Strukturen durch eine fortschreitende Liberalisierung zu verhindern (Kap. 5.2). Insoweit sollte die EU zur Verwirklichung eines klimaverträglichen Energiebinnenmarktes die vorhandenen Kompetenzen nutzen und entsprechende Rahmenregelungen treffen.

Der europäische Energiebinnenmarkt ist mangels einer hinreichenden Umsetzung der im dritten Energiebinnenmarktpaket vorgesehenen Maßnahmen zur Entflechtung, zum uneingeschränkten Netzzugang und dem grenzüberschreitenden Handel noch nicht vollständig liberalisiert. Er wird weiterhin von den bekannten Energieversorgungsunternehmen dominiert. Um neuen Akteuren Chancen auf dem Energiemarkt zu eröffnen und die vorhandenen rechtlichen und tatsächlichen Barrieren für den Zugang zum europäischen Energienetz zu beseitigen, sollte die Umsetzung der bereits weitreichenden Entflechtungsvorschriften des dritten Energiebinnenmarktpakets durch die Mitgliedstaaten sichergestellt werden. Darüber hinaus ist es – auch für einen EU-weit koordinierten Ausbau der Energienetze – erforderlich, die durch das dritte Energiebinnenmarktpaket gegründete Europäische Energieagentur (ACER) sowie die Europäischen Verbünde der Übertragungsnetzbetreiber für Strom (ENTSO-E) und der Fernleitungsnetzbetreiber für Gas (ENTSO-G) zu stärken.

5.4.3.2 Internationale Handlungsmöglichkeiten der EU

EU-Außenkompetenz ausweiten

Die Förderung erneuerbarer Energien, die Errichtung und der Ausbau der Netzinfrastruktur sowie die Dekarbonisierung des EU-weiten Energiesystems bis 2050 setzen voraus, dass die an Europa angrenzenden Staaten einbezogen werden. Insoweit erscheint es aus Sicht des WBGU erforderlich, dass die EU von ihren bestehenden Außenkompetenzen zum Abschluss entsprechender völkerrechtlicher Vereinbarungen Gebrauch macht und noch nicht bestehende Außenkompetenzen geschaffen werden. Nach ständiger Rechtsprechung des EuGH, die nunmehr in Art. 216 AEUV festgeschrieben ist, hat die EU neben den ausdrücklichen Außenkompetenzen auch implizite Vertragsschließungskompetenzen, die parallel zu den Innenkompetenzen verlaufen. Da die EU nach Art. 191 f., 194 AEUV über die Innenkompetenz zur Förderung der erneuerbaren Energien und nach Art. 194 AEUV über jene zur Errichtung und zum Ausbau der Netzinfrastruktur verfügt, hat sie auch entsprechende Außenkompetenzen. Die EU-weite Dekarbonisierung des Energiesystems setzt jedoch eine Kompetenz zur EU-weiten Festlegung einer Energiestrategie (insbesondere für Wahl der Energieträger und Ausbau grenzüberschreitender Netze) voraus. Hierfür verfügt die EU nicht über die erforderliche Innenkompetenz. Der Abschluss hierauf gerichteter völkerrechtlicher Verträge setzt daher die Schaffung einer entsprechenden Innenkompetenz voraus.

Kooperation mit Anrainern fördern

Die Dekarbonisierung des EU-weiten Energiesystems bis 2050 kann kosteneffizienter erreicht werden, wenn Europa Kooperationen mit angrenzenden Staaten eingeht. Kernelement wäre die Initiierung von breitenwirksamen Energiepartnerschaften der EU mit Nordafrika (analog zu den Partnerschaften der EU mit großen Schwellenländern), um die dortigen Standortvorteile für erneuerbare Energien (Wind- und Solarenergie) zu nutzen (WBGU, 2009b, 2010). Europäisch-afrikanische Energiepartnerschaften sollten erstens Beiträge zur europäischen Energieversorgung leisten und zweitens dazu beitragen, nachhaltige Energieversorgungsstrukturen in Afrika zu schaffen und die Energiearmut wirkungsvoll zu bekämpfen (Kap. 7.3.5). Ein solches Zukunftsprojekt könnte zugleich die Zusammenarbeit zwischen Europa und Afrika auf eine völlig neue, auf gemeinsamen Interessen beruhende Grundlage stellen. Entwicklungs-, Energie- und Stabilitätspolitik würden gebündelt. Eine afrikanisch-europäische Energieallianz könnte ein zentraler Baustein im Übergang zu einer klimaverträglichen Weltwirtschaft sein. Damit würden sich für Afrika ganz neue, langfristige Entwicklungschancen eröffnen. Insgesamt sollte die EU-Entwicklungspolitik das Zielsystem der Armutsbekämpfung (Millenniumentwicklungsziele) konsequent mit Strategien der Dekarbonisierung verbinden. Die europäische Entwicklungspolitik sollte mit einem solchen Strategiewechsel eine Pionierrolle einnehmen, nicht zuletzt um damit auf internationaler Bühne an Glaubwürdigkeit zu gewinnen (Kap. 7.3.9, 7.3.10).

5.4.4 Global Governance durch internationale Kooperation

Obwohl viele für die Transformation zu einer klimaverträglichen Welt elementare Handlungsfelder, wie der Umbau der Energiesysteme oder Fragen der Städteplanung und der Landnutzung, vordergründig vor allem lokaler und nationaler Antworten bedürfen, ist eine erfolgreiche Transformation ohne genuin globales Handeln kaum vorstellbar. Ein hohes Niveau an internationaler Kooperation und globaler Gestaltung wird dadurch zu einer wichtigen Erfolgsbedingung der vom WBGU propagierten Transformation. Ohne eine enge Abstimmung und Koordination der internationalen Politik in den für die Transformation unverzichtbaren Politikfeldern wird die erforderliche Trendumkehr der globalen Entwicklungsdynamik nicht möglich sein.

Die komplexen Herausforderungen des Klimawandels, der eng gewordenen planetarische Leitplanken des fossilen Zeitalters und der multipolaren Neuordnung der Staatenwelt scheinen jedoch mit den etablierten Mitteln multilateraler Politik praktisch kaum zu bewältigen zu sein. Angesichts des Schneckentempos der Welthandelsrunde, der Stagnation der internationalen Klimaverhandlungen oder der neuartigen Aktivitäten der G20 wird vielerorts eine Krise des Multilateralismus beklagt, wenn nicht gleich sein Ende postuliert wird (Kap. 5.3.5). Gleichzeitig bleibt transnationale Zusammenarbeit zur Bearbeitung globaler Probleme unabdingbar, weswegen nicht zuletzt der WBGU bereits eine „internationale Kooperationsrevolution" gefordert hat (WBGU, 2009b, 2010). So sollten etwa, um nur ein konkretes Beispiel zu nennen, im Kontext der Klimarahmenkonvention UNFCCC am Mehrheitsprinzip ausgerichtete Entscheidungsprozesse ermöglicht werden, um lähmende Konsensfindung auf dem Niveau kleinster Nenner zu überwinden (WBGU, 2010).

Eine transformative Kooperationsrevolution im Sinne wirksamer und legitimer Global Governance muss dabei breiter angelegt sein und tiefer greifen als nur das etablierte Konsensprinzip multilateraler Aushandlungsprozesse zu überwinden. Das International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change postuliert einen Bedarf nach „Earth System Governance", die gebräuchliche Global-Governance-Vorstellungen weiterentwickelt und unter dezidierter Berücksichtigung des globalen Umweltwandels transzendiert (Biermann, 2007, 2008). Dessen ungeachtet bleibt im gegebenen internationalen System schwer vorstellbar, dass ein dazu erforderliches Maß an universaler Kooperation außerhalb des etablierten Institutionengefüges des Völkerrechts und der Vereinten Nationen erreicht werden kann (Kap. 5.3.5).

Daraus folgt nicht, dass die Vereinten Nationen zu einer globalen Superregierung ausgestaltet werden sollen, die der Welt souveräner Nationalstaaten hierarchisch übergeordnet wäre. Als multilaterale Handlungsplattform, die internationale Organisationen und transnationale zivilgesellschaftliche wie privatwirtschaftliche Akteure vernetzt, die Komplexität weltpolitischer und regionaler Prozesse auf globaler Ebene reduziert und so die Rahmenbedingungen für zwischenstaatliche Kooperation verbessert, bleiben sie jedoch unverzichtbar. Daraus erwächst nicht automatisch eine integrierte multilaterale Weltordnung, aber es existiert ein Fundament, auf dem die Weltgesellschaft den Anspruch globalen Regierens legitim verfolgen kann.

In diesem Rahmen sind auch eine Reihe zum Teil widersprüchlicher Mythen über das Wesen des Multilateralismus zu entkräften, die einer Kooperationsrevolution bislang im Wege stehen. So wird Multilateralismus im Vergleich zu unilateraler Außenpolitik und bilateraler Zusammenarbeit, häufig als „weicher" Weg beschrieben, zu dem sich Staaten nur in guten Zeiten und angesichts „leichter" Koordinations- und Kooperationsprobleme bekennen. Nicht erst der Klimawandel zeigt jedoch, dass die bereits in den 1970er Jahren festgestellten globalen Interdependenzen real sind und die Abgrenzung zwischen „high politics" und „low politics" zunehmend artifiziell erscheinen lassen (Held et al., 1999; Keohane und Nye, 2001; WBGU, 2008). Ein weiterer Mythos besteht darin anzunehmen, dass Multilateralismus „Leadership" in der Bearbeitung globaler Probleme quasi ersetzen könne, weil der Problemdruck dabei auf vielen Schultern verteilt werde. Diese verkürzte Sicht internationaler Kooperation verkennt, dass multilaterale Politik vor allem dann Wirksamkeit entfaltet, wenn es unter den kooperierenden Partnern einen oder mehrere handlungsmächtige Anführer gibt, die sich ernsthaft der Lösung des betreffenden Problems verschrieben haben (Lake, 1993; Underdal, 1998; Brzezinski, 2004; Lindenthal, 2009). Ein dritter Mythos, der häufig gegen das Eingehen multilateraler Verpflichtungen ins Feld geführt wird, ist die Befürchtung, zu viel Souveränität aufzugeben und dadurch der Entstehung entscheidungsmächtiger supranationaler Bürokratien ohne demokratische Legitimation Vorschub zu leisten – „institutional Frankensteins terrorizing the global countryside" (Hawkins et al., 2006). Dem steht aller Autonomiebestrebungen und rational-legaler Autorität internationaler Organisationen zum Trotz ultimativ die nationale Souveränität ihrer Mitgliedstaaten entgegen, deren Interessenkonflikte in der Praxis eher moderiert als übergangen werden (Barnett und Finnemore, 2004; Vaubel, 2006; Biermann und Siebenhüner, 2009).

Mehr noch als der Entkräftung solcher kooperationshemmender Mythen bedarf es einer fortgesetzten Aufklärung über die globalen Systemrisiken, denen sich die Weltgesellschaft angesichts der ökologischen, technologischen und sozioökonomischen Megatrends ausgesetzt sieht (Kap. 1; Beck, 2007; Messner et al., 2009). Zwar ist das grundsätzliche Problembewusstsein speziell für die ökologischen Risiken seit den Anfängen der „grünen Bewegung" in den 1970er Jahren weltweit kontinuierlich gestiegen und durch den klimapolitischen Diskurs der vergangenen Jahre verstärkt worden (Kap. 2; Sommer, 2011). Das Bewusstsein, mit der heute manifesten Verschränkung von technologisch-ökonomischem Wandel womöglich an einer ähnlichen Zivilisationsschwelle zu stehen wie zu Zeiten der Industriellen Revolution und die daraus resultierenden Erfordernisse politischer Transformation ist aber noch keineswegs erreicht (Kap. 3). Die Parallelität rasanter technischer und gesellschaftlicher Innovationen in transformationsfreundlichen Nischen und eines konventionellen, dem fossilen Zeitalter und einer Logik beständigen Wachstums verschriebenen Gesellschaft zeugt davon (Kap. 3). Es ist anzunehmen, dass die Übersetzung der „world of possibilities" in eine „world of necessity" auch daran hakt (Ostrom, 2003).

Dies soll nicht suggerieren, dass die globale Transformation eine vor allem technokratische Herausforderung darstellt, deren Umsetzung allein durch machtpolitische und finanzielle Kraftanstrengungen erreicht werden könnte (Messner, 2011). Sie ist im Gegenteil eine zutiefst gesellschaftliche Herausforderung. Diese erfordert von politischen wie wirtschaftlichen Entscheidungsträgern langfristig orientiertes Handeln auf der Grundlage wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse, d.h. nicht erst in Reaktion auf bereits eingetretene Ereignisse wie die globale Finanzmarktkrise von 2007 bis 2009 oder den japanischen Super-GAU in Fukushima von 2011. Dies impliziert tief greifende soziale Innovationen, die an den vorherrschenden „mental maps" in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ansetzen (Leggewie und Welzer, 2009; Messner, 2011). Eine internationale Politik, die an der Transformation und insbesondere der Vermeidung eines ungebremsten Klimawandels scheitert, würde ohnehin zu einem radikalen Wandel der Weltwirtschaft und mit ihr der Weltpolitik führen – die Weltgesellschaft ist also ohnehin mit globalen Umwälzungen konfrontiert (WBGU, 2008; Leggewie und Welzer, 2009; Messner und Rahmstorf, 2009).

Halten die Protagonisten der Weltpolitik dennoch primär an einer machtvollen Durchsetzung unilateraler Interessen fest, wird die globale Transformation insgesamt scheitern und nicht nur ein ungebremst fortschreitender Klimawandel eine vertrauensvolle internationale Zusammenarbeit weiter erschweren (Abb. 5.3-1). Eine dann wahrscheinlicher werdende sicherheitspolitische Vereinnahmung globalen Umweltwandels würde an den zugrunde liegenden Problemen vorbeiführen. Umgekehrt könnte eine umfassende und glaubwürdige internationale Politik der Dekarbonisierung nicht zuletzt im Sinne vertrauensbildender Maßnahmen zwischen den großen Mächten wirken und in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zu einem wesentlichen Pfeiler eines runderneuerten Multilateralismus werden (Bauer, 2009). Die Dekarbonisierung der Welt würde praktisch zur Abrüstungspolitik der Zukunft (Abb. 5.3-1).

Um entgegen der widrigen weltpolitischen Umstände Fortschritte in Richtung einer globalen Kooperationsrevolution zu erreichen, sind nach Ansicht des WBGU vier Ansatzpunkte zentral: die Überwindung des sich abzeichnenden Machtvakuums in den internationalen Beziehungen (Kap. 5.4.4.1), die Setzung transformationsfreundlicher Prioritäten auf höchster politischer Ebene (Kap. 5.4.4.2), die Annäherung an das übergeordnete Ziel globaler Gerechtigkeit durch Schaffung von Glaubwürdigkeit, speziell seitens der reichen Industrieländer (Kap. 5.4.4.3) und eine Runderneuerung des institutionellen Rahmens multilateraler Politikprozesse (Kap. 5.4.4.4).

5.4.4.1 Internationales Machtvakuum managen

Das mit dem Trend zur multipolaren Neuordnung der Weltpolitik einhergehende internationale Machtvakuum und die davon ausgehenden Handlungsblockaden zwischenstaatlicher Kooperation müssen überwunden werden (Kap. 5.3.5). Geopolitische Allianzen gepaart mit starker politischer Führerschaft können hierbei den Weg weisen, um sich in Richtung des weltpolitischen Quadranten kooperativer Global Governance in einer dekarbonisierten Weltwirtschaft zu bewegen (Abb. 5.3-1).

Nach Auffassung des WBGU bietet sich dazu eine strategische Geopolitik an, die sich z.B. dezidiert der Klimapolitik als wegweisendem Vehikel zur Vertrauensbildung zwischen den Weltmächten und zur konstruktiven Bearbeitung globaler Interdependenz bedient (WBGU 2009b, 2010; Bauer, 2009; Messner, 2010). Subglobale Allianzen, die im Sinne privilegierter geopolitischer Partnerschaften wirkungsmächtigen Pioniergeist in einschlägigen Politikbereichen – etwa der Waldpolitik oder dem Emissionshandel – beweisen, könnten zu selbstbewussten Motoren eines anspruchsvollen kooperativen Multilateralismus werden. Getreu dem Vorbild der sechs Kernländer der Europäischen Gemeinschaften könnten solche Allianzen sukzessive ausgeweitet werden (Messner, 2010; WBGU, 2010).

Eine derartige Herangehensweise böte insbesondere ambitionierten und kooperationswilligen Staaten jenseits der sich wechselseitig blockierenden G2 (China, USA) die Möglichkeit, sich an die Spitze eines transformativen Innovationswettlaufs zu setzen. Wie aktuelle Forschungsarbeiten über Gemeinschaftsgüter (common pool resources) als Gegenstand internationaler Regimekomplexe am Beispiel der Klimapolitik zeigen, lassen sich für kooperierende Staaten auf internationaler Ebene daraus zumindest vier potenziell vorteilhafte Situationen herstellen (Keohane und Victor, 2010): (1) „First Mover Advantage" Situation, (2) Situation des Begleitnutzens aus Gemeinschaftsgütern (Common Pool Resources Co-benefits Situation), (3) Situation des Nutzens aus Clubgütern (Common Pool Resources Benefits Exclusion Situation), und (4) Situation der Reziprozität in Kleingruppen (Small-group Reciprocity Situation). Dabei bieten sich je nach Anreizstruktur unterschiedliche Strategien an, um bestimmte Kooperationssituationen und Handlungsallianzen herzustellen (Bauer und Sommer, 2011).

Da die Weltgesellschaft angesichts des gebotenen Transformationsdrucks nicht tatenlos abwarten kann, bis die USA und China sich in einer multipolaren Weltordnung „zusammengerauft" haben, sollte die Europäische Union gemeinsam mit Schlüsselländern, wie Brasilien, Indien, Indonesien, Malaysia, Ägypten oder Südkorea, die Gelegenheit zur Ausgestaltung ambitionierter Transformationsallianzen ergreifen. Wie der WBGU bereits im Kontext der internationalen Klimapolitik dargelegt hat, bieten sich hierzu u.a. die Themenfelder der Entwaldung bzw. deren Vermeidung, die Modernisierung transformationsrelevanter systemischer Infrastrukturen in den Sektoren Energie und Mobilität sowie die Ausweitung des europäischen Emissionshandelssystem an (WBGU, 2010).

5.4.4.2 Transformative Prioritätensetzung

Die mit den oben beschriebenen Blockaden einhergehende Trägheit multilateraler Verhandlungsprozesse muss im Sinne einer Beschleunigung globaler Entscheidungsprozesse überwunden werden. Die Krisenreaktionsfähigkeit der Staatengemeinschaft in Folge der Weltfinanzkrise von 2008 und die in diesem Kontext von der G20 ausgehenden Impulse sind Signale, die hier vorsichtigen Optimismus zulassen (Berensmann et al., 2011). Der Handlungsdruck, den die ökologischen wie sozioökonomischen Megatrends (Kap. 1) erzeugen, muss kurzfristig in politische Entscheidungen übersetzt und mit konkreten Strategien für deren langfristige Umsetzung versehen werden. Mit klaren politischen Zielvorgaben, einem expliziten Zeitrahmen, entsprechenden Innovationsanstrengungen und Prioritätensetzungen wäre dies möglich (Messner, 2010). Dies setzt gleichwohl voraus, die eigenen Prioritäten ernst zu nehmen und nicht durch Zaghaftigkeit angesichts vermeintlicher Wettbewerbsnachteile oder anderer kurzfristig orientierter Bedenken zu konterkarieren.

In der „Palais-Royal-Initiative" haben sich zuletzt eminente Persönlichkeiten der internationalen Finanz- und Wirtschaftspolitik deutlich für eine derartige Prioritätensetzung seitens der Staats- und Regierungschefs ausgesprochen und eindringlich die Notwendigkeit angemahnt, das „globale Interesse" mit einer eigenen autoritativen Stimme jenseits parochialer Nationalinteressen auszustatten (Camdessus et al., 2011; Köhler, 2011). Wenn diese konkrete Initiative auch auf Fragen der internationalen Finanz- und Währungspolitik begrenzt ist, so lässt sich die zugrunde liegende, von globalen Systemrisiken her argumentierende Logik doch für globale öffentliche Güter verallgemeinern: Diese bedürfen dringend legitimer und effektiver Entscheidungsstrukturen, in deren Rahmen Advokaten des „globalen Interesses" Prioritäten internationalen Handelns identifizieren (Messner, et al., 2009; Camdessus, et al., 2011).

5.4.4.3 Glaubwürdig Gerechtigkeit anstreben

Sowohl die kooperative Überwindung des internationalen Machtvakuums als auch eine transformative Prioritätensetzung werden sich erheblich leichter verwirklichen lassen, wenn speziell die Industrieländer als bisherige Hauptverbraucher der planetarischen Ressourcen glaubwürdig ihrer Bringschuld gegenüber den Entwicklungsländern nachkommen und einen fairen Lastenausgleich im Sinne nachhaltiger Entwicklung ermöglichen (Kap. 7.3.9). In einer Welt extremer Ungleichheit ist die Verteilung von Gütern ein zentraler Aspekt von Gerechtigkeit, entsprechend ist die Verteilung globaler Güter ein integraler Bestandteil des internationalen Diskurses um die Herstellung globaler Gerechtigkeit (Parks und Roberts, 2006; Roberts und Parks, 2007; Müller, 2008).

Im Kontext der internationalen Klimapolitik hat der WBGU (2009b) einen eigenen Vorschlag entwickelt, um politischen Pragmatismus und globale Gerechtigkeit über den Handel mit Emissionsrechten zusammen zu führen. Ausgehend von einem globalen Emissionsbudget können durch eine Pro-Kopf-Aufteilung nationale Emissionsbudgets zugeteilt werden (Kasten 1.1-1). Staaten mit hohen Treibhausgasemissionen könnten demnach die ihnen verbleibenden nationalen Emissionsbudgets durch den Zukauf von Emissionsrechten erweitern, während Staaten mit niedrigen Emissionen durch den Verkauf Finanzmittel und Technologien für eine klimaverträgliche Entwicklung erhielten. Der

Vorschlag belohnt Treibhausgaseffizienz und den Aufbau klimaverträglicher Energie- und Infrastrukturen in Entwicklungsländern (WBGU, 2009b). Der WBGU sieht hierin eine große Chance zur grundlegenden Neugestaltung der Kooperationsbeziehungen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, zumal hinsichtlich der globalen Transformation zur Nachhaltigkeit langfristig auch Schwellen- und Entwicklungsländer ihre Wirtschaftssysteme dekarbonisieren müssen (WBGU, 2009b). Die in Cancún vereinbarte gemeinsame Vision der Staaten enthält stattdessen das Prinzip gleichen Zugangs zu nachhaltiger Entwicklung (equitable access to sustainable development; UNFCCC, 2010).

Neben dem weiterführenden Anspruch eine solche Vision zeitnah in konkrete Taten zu übersetzen, ist die Erfüllung bereits geleisteter Zusagen – speziell seitens der Industrieländer etwa im Rahmen des Kioto-Protokolls oder der CBD – unbedingte Voraussetzung zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung von Glaubwürdigkeit. Der mit erheblichem Ressourcenverbrauch einhergehende Aufstieg großer Schwellenländer wie China, Indien oder Brasilien verlangt dabei einerseits nach einer fortgesetzten Differenzierung der Verteilungsdiskussion im Sinne der „gemeinsamen aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten", die über eine unterkomplexe Nord-Süd-Dichotomie hinausreichen muss (Bauer und Richerzhagen, 2007). Andererseits ist die grundsätzliche Bringschuld der Industrie- gegenüber den Entwicklungsländern im Kontext globalen Umweltwandels und globaler Gerechtigkeit nicht seriös in Frage zu stellen.

Das Prinzip einer glaubwürdigen Lastenteilung wäre entsprechend auch auf andere Politikfelder zu übertragen und sollte, um tatsächlich glaubwürdig zu sein, durch eine entsprechende Großzügigkeit im Transfer von Finanzmitteln oder Technologien flankiert werden (Kap. 7.3). Die Durchbrüche bei den lange verfahrenen multilateralen Verhandlungen zu Klima und Biodiversität im Jahr 2010 haben demonstriert, dass hierin durchaus ein Schlüssel zum Erfolg liegt.

5.4.4.4 Institutionelle Rahmenbedingungen internationaler Kooperation verbessern

Um die Voraussetzung internationaler Kooperation im Sinne globalen Regierens nachhaltig zu verbessern, erscheinen erhebliche institutionelle Veränderungen unabdingbar. Soll zukünftiges globales Regieren im Sinne einer Transformation zur nachhaltigen Weltgesellschaft wirken können, wird die Staatenwelt dabei die planetarischen Leitplanken sektorübergreifend als langfristigen Parameter multilateraler Zusammenarbeit ernst nehmen und konsequent berücksichtigen müssen.

All ihrer institutionellen Defizite zum Trotz bieten die Vereinten Nationen dafür weiterhin einen grundsätzlich geeigneten Handlungsrahmen, da das Streben nach einer globalen Transformation zumindest mittelfristig alle Staaten einschließen muss. Exklusive Alternativmodelle wie etwa die G20 stoßen unvermeidlich an Machbarkeitsgrenzen. Die wesentlichen Parameter globalen Umweltwandels können potenziell von jedem beliebigen Land in Richtung der planetarischen Leitplanken verschoben werden, wohingegen keine Großmacht dies eigenmächtig verhindern kann (Bauer, 2009). Das uneingeschränkte Nutzen atmosphärischen Raumes durch den Ausstoß von Treibhausgasen ist hier nur das prominenteste, aber nicht das einzige Beispiel (Kap. 1). Exklusivität wäre langfristig im gleichen Sinne selbstschädigend wie gezielte Kooperationsverweigerung – etwa in Fragen der Entwaldung.

Es bleibt abzuwarten, inwieweit die gegenwärtige Gemengelage etablierter und neuartiger multilateraler Prozesse und Strukturen im Sinne globaler Konsensbildung katalytisch wirken kann – etwa wenn Vorlagen der G20 oder transnationaler Akteursnetzwerke die Entscheidungsfindung innerhalb von UN-Gremien beschleunigen und mit unkonventionellen Ideen befruchten würden. Gegenteilig könnten jedoch auch durch die Ausbildung paralleler Strukturen eher Transaktionskosten erhöht, Konkurrenzdenken gefördert und einer institutionellen Fragmentierung Vorschub geleistet werden, was den globalen Politikzielen zuwider läuft. Dabei muss klar sein, dass angesichts der Realitäten fragmentierter Regimekomplexe Koordination kein Selbstzweck sein darf, mit dem sich vielfach beschworene „Synergien" oder höhere Wirksamkeit qua Organigramm erzwingen ließen (Oberthür und Gehring, 2005; Biermann et al., 2009; Keohane und Victor, 2010; Zelli et al., 2010). Von einer Transformationslogik her betrachtet ist vielmehr entscheidend, dass die einzelnen Elemente komplexer Steuerungsregime nicht kooperationshemmend wirken und sich idealiter im Sinne „polyzentrischer" Steuerung wechselseitig verstärken können (Ostrom, 2010).

Speziell der weitere Fortgang der internationalen Klimapolitik hat hier das Potenzial, gleichermaßen zum Testfeld als auch zum Gradmesser für die Weltpolitik der kommenden Jahre und Jahrzehnte zu werden. Die Ausgangsthese von der Multipolarität der Welt ist hier längst Wirklichkeit: Eine Eindämmung der globalen Erwärmung auf ein gerade noch beherrschbares Maß ist ohne Mitwirken der USA und der EU, Chinas und Indiens unmöglich. Viele weitere Staaten – wie insbesondere die waldreichen Entwicklungsländer Lateinamerikas, Zentralafrikas und Südasiens – könnten durch Kooperationsverweigerung ihrerseits die 2 °C-Leitplanke gefährden. Eher früher als später müssen selbst

arme Entwicklungsländer auf einen kohlenstoffarmen Entwicklungspfad einlenken (Bauer, 2009; WBGU, 2009b).

Auch die Analysen des Beratungsunternehmens McKinsey (2009) zeigen, dass ein 2 °C-Szenario realistisch nur auf dem Wege globaler Kooperation zu erreichen ist: Von den in der Abbildung 5.4-1 zusammengefassten klimapolitischen Szenarien sind nur „Grüne Welt" (1) und „Globales Handeln" (2) geeignet, einen gefährlichen Klimawandel noch aufzuhalten – beide unterscheiden sich zwar in der Gewichtung der Maßnahmen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, erfordern aber jeweils universelle Beteiligung.

In der internationalen Umweltpolitik ist ein aufwändiger, auf institutionelle Reformen zielender multilateraler Konsultationsprozess bereits in vollem Gange. Dessen Ausgangspunkt ist die in wiederkehrenden Absichtserklärungen der Mitgliedstaaten verbriefte Erkenntnis, dass die Handlungsfähigkeit der Vereinten Nationen einer Lösung der evidenten regionalen und globalen Umweltprobleme nicht entspricht, wobei der aktuelle Prozess eng an frühere Diskussionen über das ob und wie einer stärkeren globalen Umwelt-Governance (International Environmental Governance) anknüpft (WBGU, 2000b; Bauer und Biermann, 2005).

Zwar stellen das 2002 vom UNEP-Verwaltungsrat beschlossenen Cartagena-Paket und der 2005 verabschiedete Bali-Strategieplan wichtige Fortschritte dar und bieten zudem einen Maßstab für die Ernsthaftigkeit laufender Reformanstrengungen (Bauer, 2008; Simon, 2010). Gleichwohl repräsentieren sie den für die Vereinten Nationen charakteristischen Inkrementalismus. Dieser erscheint ungeeignet, die tiefgreifenden institutionellen und prozeduralen Anpassungen der internationalen Umweltarchitektur herbeizuführen, die den internationalen umweltpolitischen Akteuren im komplexen Interessengeflecht der Weltpolitik tatsächlich stärkeres Gewicht verleihen könnten.

Dabei gilt seit dem Globalen Umweltministerforum 2010 als weitgehend konsensfähig, dass die Vereinten Nationen im Bereich der Umweltpolitik stärker als bisher mit einer Stimme sprechen müssen, dass diese Stimme über politisches Gewicht und glaubwürdige fachliche Autorität verfügen muss, dass die Tätigkeiten der Vereinten Nationen an der Schnittstelle von Umwelt und Entwicklung besser aufeinander abgestimmt werden müssen und dass mehr finanzielle Mittel für umweltpolitische Ziele bereit gestellt werden sollen (Beisheim und Simon, 2010; IEG, 2010; IISD, 2010).

Zudem akzeptieren die Industrieländer in diesem Zusammenhang grundsätzlich, dass mehr für den Aufbau umweltpolitischer Kapazitäten in Entwicklungsländern getan werden muss, wenn international vereinbarte Maßnahmen auf nationaler und lokaler Ebene wirksam umgesetzt werden sollen. Neben zusätzlichen finanziellen und technischen Kapazitäten erfordert dies vor allem ein Instrumentarium, das es erlaubt, die stark fragmentierte Architektur der internationalen Umweltpolitik sowohl in sich als auch gegenüber anderen Politikfeldern sinnvoll zu koordinieren. Eine Stoßrichtung verbesserter Koordination sollte die gezielte Verschlankung des „multilateralen Wanderzirkus" sein (Munoz et al., 2009). Angesichts unzähliger Vertragsstaatenkonferenzen und der mit ihnen einhergehenden Vorbereitungs- und Arbeitsgruppentreffen werden viele Entwicklungsländer nicht nur personell überlastet, sondern dadurch in konkreten Verhandlungssituationen de facto auch benachteiligt.

Eine entsprechende Reform der internationalen Umweltpolitik sollte darauf zielen, das UN-Umweltprogramm (UNEP) durch eine neu zu gründende Umweltsonderorganisation mit weit reichenden Befugnissen zu ersetzen oder das UNEP selbst zu transformieren und zu einer etwa der Weltgesundheitsorganisation vergleichbaren zentralen Weltorganisation auszubauen und aufzuwerten (Kap. 7.3.10; Biermann, 2005). Entsprechende Initiativen sind in der Vergangenheit regelmäßig im Sande verlaufen, haben aber zuletzt nicht nur an politischer Aufmerksamkeit, sondern auch an Ernsthaftigkeit in der inhaltlichen Auseinandersetzung sowie an Unterstützung durch zentrale Akteure wie insbesondere die EU oder Brasilien gewonnen (Simon, 2010). Dies drückt sich nicht zuletzt in der besonderen Betonung der entwicklungspolitischen Dimension einer etwaigen umweltpolitischen Institutionenreform aus.

Gerade an den Schnittstellen der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik werden die Knackpunkte einer möglichen Organisationsreform deutlich. Diese lägen zum einen in der Neuordnung der Verhältnisse zwischen einer relevanten Umweltsonderorganisation und bestehender, jeweils völkerrechtlich auf einem eigenen Fundament stehender umweltpolitischer Institutionen, wie insbesondere der Globalen Umweltfazilität (GEF), der vielfältigen multilateralen Umweltvertragsregime mit ihren jeweils eigenen Vetragsstaatenkonferenzen und Bürokratien oder der vom 1992er Rio-Gipfel geschaffenen Kommission für Nachhaltige Entwicklung (CSD). Zum anderen müsste auch das Verhältnis einer neuen Weltorganisation und den sowohl normativ als auch operativ konkurrierenden internationalen Akteuren so austariert werden, dass nicht bloß alter Wein in neue Schläuche gefüllt wird. Die strukturellen Probleme, mit denen sich etwa das UNEP seit jeher konfrontiert sieht, sind durch formale Aufwertung alleine nicht zu überwinden (Najam, 2005). Damit die Schaffung einer Umweltsonderorganisation sich also nicht in symbolischem Aktionismus erschöpft und tatsächlich mehr politisches Gewicht und

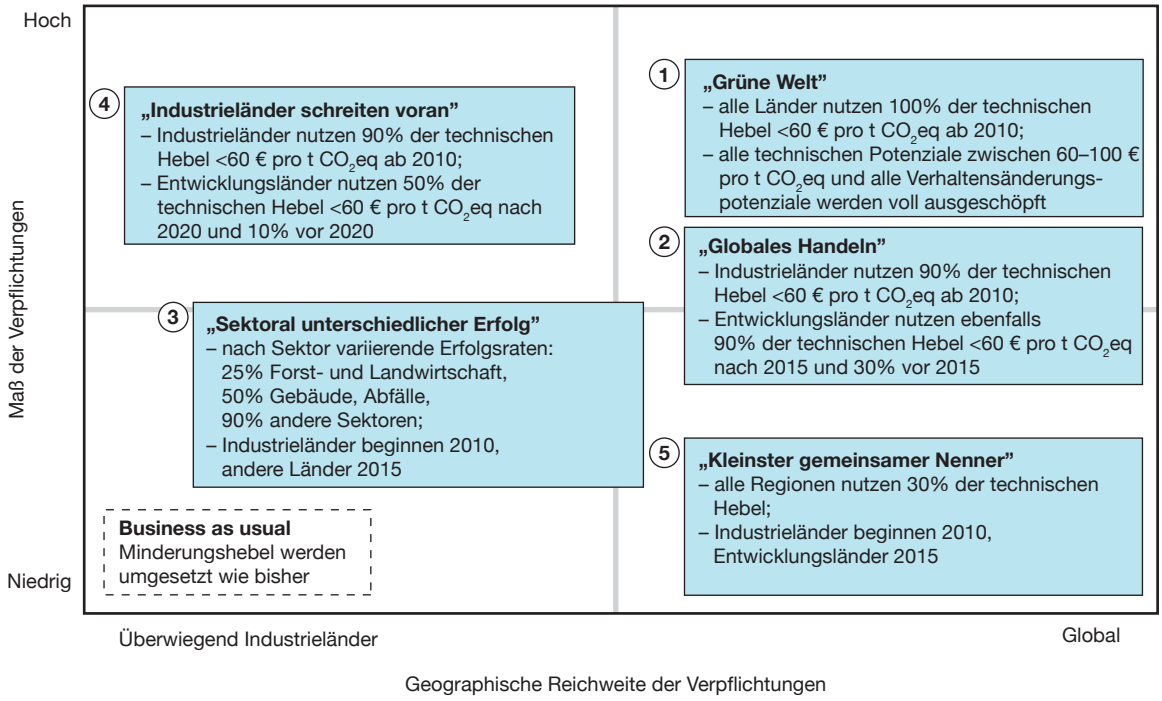


Abbildung 5.4-1
Integrierte Umsetzungsszenarien 2010-2030. Nur die Szenarien „Grüne Welt" und „Globales Handeln" würden aufgrund drastischer Maßnahmen von Industrie- und Entwicklungsländern Emissionspfade erreichen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Einhaltung der 2 °C Leitplanke ermöglichen.
Quelle: McKinsey, 2009

Legitimation aufbringen kann als das schwache UNEP, ist ein breiter Konsens der internationalen Staatengemeinschaft unabdingbar (Simon, 2010).

Ähnliches lässt sich auch für die Reformdiskussionen im Kontext der United Nations Development Group sagen, die ebenfalls in kleinteiligem Inkrementalismus verharren (Weinlich, 2011). Die Ausweitung effizienter und ergebnisorientierter Management-Ansätze kombiniert mit UN-weit harmonisierten Abläufen im Sinne der Initiative „Delivering As One" bieten hier zwar interessante Ansatzpunkte, bleiben aber hinter den Ansprüchen globalen Regierens zurück. Vielmehr scheinen viele Geberländer die Vereinten Nationen nur mehr als Dienstleister multilateraler Entwicklungszusammenarbeit zu betrachten (Weinlich, 2011).

Mit der für das Jahr 2012 einberufenen UN-Konferenz über nachhaltige Entwicklung (UNCSD, Rio+20-Konferenz) bietet sich den Vereinten Nationen aktuell eine herausragende Gelegenheit den typischen Reforminkrementalismus zu Gunsten einschneidender institutioneller Reformen zu überwinden. Die vorab von der Staatenwelt einvernehmlich beschlossene thematische Fokussierung der Konferenz auf die beiden Schwerpunkte „Green Economy in the Context of Sustainable Development and Poverty Eradication" und „Institutional Framework for Sustainable Development" legt nicht zuletzt den Anspruch einer besseren programmatischen wie operativen Verzahnung der umwelt- und entwicklungspolitischen Aktivitäten der Vereinten Nationen nahe (Kap. 7.3.10). Gelänge dies, könnte die Konferenz zu einem wichtigen Meilenstein auf dem Weg zu einer umfassenden kooperativen Global-Governance-Architektur werden, ohne die eine weltweite Transformation zur Nachhaltigkeit nicht gelingen kann.

5.4.5 Gestaltungsmöglichkeiten in den drei Transformationsfeldern

Für die Transformation in den betrachteten Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung ist eine Gestaltung des Prozesses im Mehrebenensystem notwendig. Bisher erfolgt die politische Gestaltung bestenfalls auf der nationalen und lokalen Ebene. Was fehlt, ist die notwendige politische Aufmerksamkeit auf internationaler Ebene. Dabei ist zwischen den OECD-Ländern und Nicht-OECD-Ländern zu unterscheiden. Für alle drei Transformationsfelder ist erkennbar, dass sowohl die notwendi-

gen Technologien und Techniken als auch die politischen Instrumente bekannt sind, es aber für die identifizierten drei grundlegenden Infrastrukturen der klimaverträglichen Weltwirtschaft eines internationalen Abstimmungsprozesses bedarf. Bisher existieren keine Global-Governance-Mechanismen für den Aufbau und Umbau dieser grundlegenden Infrastrukturen, um bis 2020 den Kurswechsel zu einer klimaverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft zu schaffen. Internationale Kooperation und Koordination ist notwendig, um in den drei Transformationsfeldern Ziele zu vereinbaren, Regelbindung zu erzeugen und Freifahrerverhalten zu vermeiden. Über eine internationale Zusammenarbeit können in Entwicklungs- und Schwellenländern positive Anreize gesetzt werden, so dass auch sie in der Lage sind, eine Transformationspolitik umzusetzen.

5.4.5.1 Transformative Governance der Energiewende

Der Zugang zu sicherer, sauberer und bezahlbarer Energie für alle Menschen weltweit und eine gleichzeitige Dekarbonisierung sind die zentralen Herausforderungen für das globale Energiesystem des 21. Jahrhunderts. Noch beruht die weltweite Energienutzung zu über 80% auf umwelt- und klimaschädlichen fossilen Energieträgern. Rund 3 Mrd. Menschen haben keinen Zugang zu einer existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen. Um bestehende Energiesysteme umzubauen und die zunehmende Energiennachfrage in Entwicklungs- und Schwellenländern zu bedienen, müssen technologische Entwicklungspfade grundsätzlich verändert werden. Unbedingt notwendig sind eine starke Erhöhung der Energieeffizienz sowie ein erheblicher Ausbau erneuerbarer Energien (Kap. 4).

Der Umbau des Energiesystems in Richtung Klimaverträglichkeit hat weltweit an Bedeutung gewonnen. Lange Zeit galten Versorgungssicherheit und niedrige Preise (Wirtschaftlichkeit) als oberste Ziele der Energiepolitik. Dies hat sich vor dem Hintergrund schwindender Ölressourcen (peak oil) und im Kontext des globalen Klimadiskurses verändert (Prugh et al., 2005; Homer-Dixon, 2009; Sterner, 2010). Mittlerweile wird weltweit der Klimaschutz als eine der größten energiepolitischen Herausforderungen wahrgenommen (Scrace und MacKerron, 2009).

Trotzdem bestehen weiterhin große Hindernisse auf dem Weg der Transformation. Die noch in großen Mengen vorhandenen fossilen Energieträger, wie z.B. die preiswerte Kohle, lassen alternative Energiepfade relativ teuer erscheinen. Hohe Investitionserfordernisse behindern den Aufbau einer nachhaltigen Energieinfrastruktur, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern. Solange Kohlendioxid keinen ausreichend hohen Preis hat bestehen wenig Anreize, in vergleichweise teure emissonsfreie Technologien zu investieren (Kap. 5.2). Milliardenschwere Subventionen und über Jahrzehnte etablierte Interessen stützen zudem das auf fossilen Energien basierende System (Kap. 4.5, 5.3.1.2). Die Anreizsysteme dahingehend zu verändern, ein klimaverträgliches, nachhaltiges Energiesystem etablieren zu können, wird dadurch zu einer der wichtigsten Governance-Aufgaben für die Transformation.

Wie in Kapitel 4 gezeigt, reichen die nachhaltigen Potenziale erneuerbarer Energien grundsätzlich aus, um die Welt mit Energie zu versorgen. Aus technologischer Sicht könnten bei einem radikalen Ausbau erneuerbarer Energien bereits Mitte des Jahrhunderts genügend erneuerbare Energiequellen erschlossen sein, um die globale Energienachfrage zu decken. Eine weitgehende Dekarbonisierung der Energiesysteme ist mit verschiedenen Technologiemixen möglich und in einem Zeitraum erreichbar, der eine Einhaltung der 2°C-Leitplanke mit etwa 50%-iger Wahrscheinlichkeit erlaubt. Einer radikalen Energiewende steht daher aus technischer Sicht wenig entgegen.

Wie in Kapitel 5.2 gezeigt, ist auch das politische Instrumentarium zur Umsetzung und Beschleunigung bekannt. Der CO_2-Emissionszertifikatehandel ist in der EU bereits etabliert und kann ausgeweitet werden. Weltweit haben bereits mehr als 50 Länder Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien eingeführt, darunter auch viele Entwicklungs- und Schwellenländer (Kasten 5.2-4). Weitere Instrumente wie beispielsweise Ge- und Verbote, Steuern, Zertifikate, Planung und Marktregulierungen zur Einleitung und Beschleunigung eines Transformationsprozesses sind bekannt, vorhanden und erprobt. Der schnelle und gleichzeitige Einsatz verschiedener Instrumente kann die systemischen und grundlegenden Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft in Richtung Transformation anstoßen.

Energie-Governance im globalisierten Mehrebenensystem

Governance des Energiesystems erfolgt im globalisierten Mehrebenensystem unter Mitwirkung vieler privater Akteure, vom individuellen Energiekonsumenten bis zum mächtigen Energieunternehmen, und in Wechselwirkung mit komplexen Marktdynamiken und geopolitischen Interessen (Scrace und MacKerron, 2009). Ob und wie die Transformation erfolgreich sein kann wird deshalb keinesfalls im Rahmen der Energiepolitik allein entschieden. In der Vergangenheit wurde Energiepolitik vor allem als nationalstaatliche Aufgabe wahrgenommen, nicht zuletzt wegen der strategischen Bedeutung des Energiesektors. Die Liberalisierung des Energiesektors, die wirtschaftlichen und tech-

nischen Verflechtungen der Staaten untereinander, grenzüberschreitende Folgen der Energienutzung und nicht zuletzt die Klima- und Entwicklungsfrage führten zu einer starken Internationalisierung der Energiepolitik (WBGU, 2003).

Der Nationalstaat bleibt jedoch eine zentrale politische Handlungsebene (Reiche, 2005; Giddens, 2009). Nationale Politiken zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Dekarbonisierung werden mit unterschiedlicher Gewichtung in verschiedenen Ländern verfolgt. So betreiben auch einige Schwellenländer, z. B. China und Südafrika einen ehrgeizigen Ausbau erneuerbarer Energien (REN21, 2010; IEA, 2010c). Von einigen Ländern abgesehen, wie z. B. Staaten mit hohem Wasserkraftpotenzial, ist der Anteil nachhaltiger Energieformen am Energiemix aber insgesamt immer noch sehr gering. Nach wie vor dominieren fossile Portfolios. Während in den Industrieländern grundsätzlich die finanziellen und technischen Mittel zur Transformation vorhanden wären, benötigen die meisten Entwicklungs- und Schwellenländer finanzielle und technische Unterstützung, um ihre Energiesysteme nachhaltig aufbauen bzw. modernisieren zu können (Kap. 4.5). Derartige internationale Kooperation ist auch notwendig, um den internationalen Klimaschutz kosteneffizient zu bewerkstelligen (IEA, 2010c; World Bank, 2010b).

Regionale Ansätze als Brücke zwischen nationalen und globalen Lösungen können die Durchsetzung der globalen Transformation erleichtern und erfolgreiche Lösungen auch für weitere Staaten(gruppen) anbieten. Die EU könnte solch ein Modell regionaler Zusammenarbeit hin zur Schaffung eines nachhaltigen europäischen Energiemarktes darstellen, wenn sie es schafft, nationale Interessen zugunsten einer ambitionierten gemeinsamen Klima- und Energiestrategie zurückzustellen (Kap. 5.4.3).

Governance-Defizit auf globaler Ebene

Klimaschutz sowie Auf- und Umbau der Energiesysteme können nur auf Basis effektiver Kooperation erfolgreich vorangebracht werden (Kap. 7.3.9). Gerade im Energiesektor zeigt sich jedoch ein eklatantes Governance-Defizit auf globaler Ebene. Vorraussetzungen einer effektiven globalen Energiepolitik zur Transformation sind nicht vorhanden, es mangelt an rechtlichen und institutionellen Grundlagen (WBGU, 2003; Steiner et al., 2006; Scrace und MacKerron, 2009). Im Gegensatz zur internationalen Klimapolitik, wo sich mittlerweile ein zentrales Regime mit Regeln und Instrumenten (z. B. CDM) herausgebildet hat, sind die globalen Institutionen der Energiepolitik stark zersplittert. Zahlreiche UN-Organisationen, multilaterale Finanzierungsinstitutionen und weitere Prozesse, Mechanismen und Vertragswerke sind direkt oder indirekt mit dem Thema Energie beschäftigt, ohne dass Energiepolitik ein Arbeitschwerpunkt der UN oder einer vergleichbar umfassenden internationalen Organisation wäre. Mit der Kommission für nachhaltige Entwicklung (CSD) und deren Energiezyklus (2006/2007) oder UN-Energy als Koordinierungsinstanz für Energie innerhalb des UN-Systems konnten bislang nur schwache energiepolitische Akzente gesetzt werden, die hinter einer systematischen Institutionalisierung weit zurück bleiben (UN-Energy, 2010). Eine Ausnahme bildet dabei die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) als energiebezogene Institution innerhalb des Systems der Vereinten Nationen, mit dem Mandat der Förderung der friedlichen Nutzung der Atomenergie.

Auch wurde die Verbindung von Energiepolitik und entwicklungspolitischen Zielen auf globaler Ebene lange vernachlässigt. Mit der 2009 eingerichteten Advisory Group on Energy and Climate Change (AGECC) hat inzwischen eine hochrangige UN-Expertenkommission die Verbindung zwischen Dekarbonisierung und dem zu schaffenden Zugang zu Energiedienstleistungen in Entwicklungsländern thematisiert (AGECC, 2010). Die Empfehlungen der Kommission und eine institutionelle Aufwertung von UN-Energie können dazu beitragen, nachhaltige Energiepolitik im UN-System zu stärken und das Thema global hochrangiger zu positionieren. Insgesamt ist eine systematische Verknüpfung der Klima-, Energie- und Entwicklungsagenda dringend erforderlich (UNDP, 2007; Bauer, 2008; WBGU, 2009a).

Mit der International Energy Agency (IEA) gibt es eine einflussreiche internationale Energieinstitution. Deren Mitgliedschaft, Rolle und energiepolitische Zielsetzung in Richtung einer nachhaltigen Energiepolitik waren jedoch bisher begrenzt. Als OECD-Institution wird sie als Interessensorganisation der Industriestaaten wahrgenommen – ähnlich wie die OPEC als Interessensvertretung Erdöl exportierender Länder. Für viele Entwicklungs- und Schwellenländer ist sie somit ein eher schwieriger Partner. Über die Jahre hat die Organisation jedoch an Relevanz und Glaubwürdigkeit in globalen energiepolitischen Fragen und zum Thema Dekarbonisierung gewonnen und sich langsam auch in Richtung Nicht-OECD-Länder geöffnet (Lesage et al., 2010). So wurde 2009 die „Low Carbon Energy Technology Global Platform" gegründet, die die globale Zusammenarbeit zur Entwicklung klimaverträglicher Technologien stärken soll. Dieser Veränderungs- und Öffnungsprozess sollte aus Sicht des WBGU weiterverfolgt und intensiviert werden.

Die gewachsene Bedeutung erneuerbarer Energien spiegelt sich in der Ausweitung internationaler Initiativen innerhalb des UN-Kontextes, im Rahmen von Konferenzen (z. B. die Renewables-Reihe), Netzwerkbildung

(z. B. REN21) usw. wider (Oberthür und Gehring, 2005; Sterner, 2010). Mit der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) wurde 2009 eine neue internationale Organisation mit der Aufgabe gegründet, Industrie- und Entwicklungsländer bei der Einführung erneuerbarer Energien zu beraten und zu unterstützen. Von den bisher 149 Signaturstaaten (inklusive der EU) haben mittlerweile 65 den Gründungsvertrag ratifiziert (Stand März 2011). Allerdings fehlen für die globale Energienachfrage so zentrale Länder wie China oder Brasilien. IRENA kann, wenn die Schwierigkeiten der Gründungsphase überwunden sind, zukünftig eine wichtige Aufgabe als Interessensvertretung zur Verbreitung erneuerbarer Energieformen und entsprechender Industrien erfüllen (Kap. 7.3.9). Vor allem für Entwicklungsländer könnte IRENA die wichtige Rolle eines „transition coach" (Najam, 2010) einnehmen. Die Organisation ist aufgrund ihres momentan begrenzten Mandats jedoch kaum in der Lage, eine globale Transformation der Energiesysteme voranzutreiben. Dafür müsste eine Organisation die Gesamtheit der Energiesysteme und klimaverträglicher Energieoptionen inklusive Fragen der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite und systemischer Lösungen in den Reformprozess einbeziehen. Schrittweise könnte IRENA aber in Richtung einer, vom WBGU in seinem Gutachten 2003 angeregten, Internationalen Agentur für nachhaltige Energie entwickelt werden (WBGU, 2003).

Wichtige Rolle subglobaler Allianzen

In der heutigen multipolaren globalen Energie- und Klima-Governance spielen vermehrt subglobale Allianzen eine führende Rolle (Lesage et al., 2009, 2010; Kap. 5.4.4). In der jüngsten Vergangenheit hat insbesondere die (erweiterte) G8 begonnen, sich auf inhaltlicher Ebene intensiv mit dem Thema Energie und Klima zu beschäftigen. Unter britischer Präsidentschaft wurde 2005 in Gleneagles und 2006 unter russischer Präsidentschaft ein globaler Energiediskurs angestoßen, der seitdem, auch im Rahmen des Dialogprozess zwischen G8 und G5 (Heiligendamm-Prozess), weitergeführt wird (Lesage et al., 2009, 2010). Zum wichtigen Wegbereiter für die internationale Anerkennung des 2 °C-Ziels wurde dann auch der Gipfel von Heiligendamm 2007 (WBGU, 2007b), was schließlich 2009 in L'Aquila durch die führenden Wirtschaftsmächte (Major Economies Forum on Energy and Climate, zu dem auch die G8 gehört) zur Bestätigung des 2 °C-Ziels führte (WBGU, 2009b). Im Umfeld der G8 wurde 2005 die Global Bioenergy Partnership (GBEP) zur Förderung der Bioenergienutzung gegründet. 2008 folgte die International Partnership for Energy Efficiency Cooperation (IPEEC), die trotz institutioneller Anbindung an die IEA offen für Nicht-OECD-Länder ist. Eine Reform fossiler Subventionen wurde ebenfalls 2009 von den G20-Staaten in Pittsburg beschlossen (IEA et al., 2010a; Kap. 4.5).

Die IEA hat als, neben der Weltbank, bevorzugter Partner der G8 in Energiefragen eine politische Aufwertung erfahren. Für eine Stärkung der Vereinten Nationen in Energiefragen, die Förderung erneuerbarer Energien oder eine Ausweitung des Energiediskurses hin zu Fragen von Suffizienz und Lebensstilen hat sich die G8 bisher nicht stark gemacht (Lesage et al., 2010). Im Rahmen der G8, G8+5 und G20 wurden jedoch durchaus Fortschritte im Bereich der globalen Energie-Governance gemacht. Aufgrund ihres wirtschaftlichen und weltpolitischen Gewichts sowie ihrer Relevanz für den globalen Klimaschutz (die G20 ist für ca. 80 % des globalen Treibhausgasausstoßes verantwortlich), kommt dieser Allianz auch weiterhin eine wichtige Rolle als Motor einer nachhaltigen Klima- und Energiepolitik zu (Lesage et al., 2010; Lindenthal, 2010).

5.4.5.2 Transformative Governance der Urbanisierung

In ökonomisch schnell wachsenden Ländern, insbesondere in Asien, ist derzeit ein dynamischer Urbanisierungstrend zu beobachten (Kap. 1), bei dem nicht nachhaltige Infrastrukturinvestitionen getätigt werden, die zu Lock-in-Effekten führen und die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft unterlaufen können. Häufig ist dieser Urbanisierungstrend marktgetrieben durch Boden- und Immobilienspekulationen und findet selten gesteuert statt (UNEP, 2011). Vielfach basiert die Energieversorgung auf fossilen Energieträgern und dem Individualverkehr wird Vorrang eingeräumt, obwohl alternative Technologien und beispielsweise eine klimaverträgliche Organisation der Mobilität bekannt sind. Begegnen lässt sich diesen Fehlentwicklungen nur durch unterschiedliche bekannte politische Maßnahmen, vor allem auf der kommunalen Ebene (Kap. 5.2). Zusätzlich müssen in vielen OECD-Ländern, aber auch in Lateinamerika, Städte klimaverträglich umgebaut werden, was eine integrierte, gesteuerte Stadtentwicklung erfordert.

Die UN definieren urbane Steuerung als die Summe aller möglichen Maßnahmen öffentlicher und privater Akteure zur Planung und Verwaltung der öffentlichen Angelegenheiten einer Stadt (UN-Habitat, 2002). Ein Hauptinstrument ist die Stadtplanung, die in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern unterschiedlich gut entwickelt ist. Dabei hat die Stadtplanung, die traditionell einen Ansatz „von oben" verfolgte, verstärkt partizipative Ansätze aufgegriffen (UN-Habitat, 2009). Viele Städte, besonders in der industrialisierten Welt, verfügen über Management- und Planungssysteme zur Gestaltung der Urbanisierung. Diese

müssen reorganisiert werden, um städtische Energie- und Materialflüsse zu reduzieren und weitere Urbanisierung mit Blick auf die notwendige Transformation zu gestalten. Auch in zahlreichen Transitions- und Schwellenländern sind urbane Planungssysteme entwickelt. Augenscheinlichstes Beispiel ist China, wo momentan zahlreiche neue Städte und Stadtviertel staatlich geplant werden, der Aspekt der Klimaverträglichkeit aber noch eine untergeordnete Rolle spielt. Gleichzeitig hat die chinesische Regierung die Bedeutung des Themas erkannt und zahlreiche Programme und Projekte zur klimafreundlichen Urbanisierung begonnen (UN-Habitat, 2010b).

In vielen Entwicklungsländern sind Planungssysteme nur sehr schwach ausgebildet. In diesen Ländern müssen Planungskapazitäten zunächst aufgebaut und der Aspekt der Transformation von Anfang an berücksichtigt werden. In den Planungsprozessen gilt es Pfadabhängigkeiten und Lock-in-Effekte zu vermeiden, die eine klimaverträgliche Entwicklung der Städte über Jahrzehnte hinweg blockieren würden. Dies gilt insbesondere für Infrastrukturinvestitionen in den Bereichen Energieerzeugung und -verteilung, Abfallentsorgung und Mobilität. In einer Reihe von Städten in Entwicklungsländern sind Klimaschutzmaßnahmen, oft eingebettet in den Kontext nachhaltiger Entwicklung, bereits Thema bei städtischen Planungsmaßnahmen (UN-Habitat, 2009). Von einer Verankerung des Klimaschutzes in allen kommunalen Sektoren (Mainstreaming) ist die überwiegende Anzahl der Städte allerdings noch weiter entfernt als Städte in Industrieländern.

Die Herausforderungen sind in Entwicklungsländern anders gelagert, da vielen urbanen Verwaltungen die finanziellen, personellen und institutionellen Voraussetzungen auf allen Regierungsebenen fehlen, um Urbanisierung überhaupt erfolgreich zu steuern. Die stärkere Integration von Klimaschutz müsste somit zeitgleich zum Aufbau institutioneller Kapazitäten erfolgen. Urbanisierung in Entwicklungsländern ist geprägt durch zunehmende Migration vom Land in die Stadt (Afrika hat die weltweit höchste Verstädterungsrate), ein hohes Bevölkerungswachstum bei hohem Anteil an Jugendlichen und jungen Erwachsenen, eine Konzentration des Städtewachstums in peri-urbanen Räumen (an der Grenze kommunaler Planungshoheit), eine hohe Bedeutung der urbanen informellen Wirtschaftssektoren, explodierende Bodenpreise sowie große soziale Ungleichheit, Ausgrenzung und schnelles Wachstum von Elendsvierteln (Slums, Favelas, Bidonvilles). Hinzu kommt ein Mangel an ausgebildeten Stadtplanern sowie eine kaum handlungsfähige und wenig organisierte Zivilgesellschaft, die bei Planungen oft wichtig ist. Hinsichtlich des Klimaschutzes fehlt es zusätzlich an Ausbildungskapazitäten, thematisch versierten Verwaltungskapazitäten, Klimaschutzstrategien sowie deren Umsetzung (UN-Habitat, 2009).

Planung als zentrales Instrument

Zwei Arten von Planung sind auf städtischer Ebene für den Klimaschutz relevant: Erstens die Erstellung von Klimaschutzkonzepten und -strategien sowie die Nutzung des Instruments Stadtplanung zur übergeordneten Steuerung (Masterplan; UN-Habitat, 2009). Über die Stadtplanung ergeben sich Möglichkeiten zum Klimaschutz durch kompakte Siedlungsstrukturen, Auswahl von Siedlungsstandorten, Auflagen zur Baukörpererstellung und energetisch vorteilhafte Bauweisen sowie Verkehrsvermeidung (EU COM, 2010a). Es können städtebauliche Leitbilder einer klimaverträglichen Stadt entwickelt werden, beispielsweise die kompakte Stadt mit kurzen Wegen zwischen Wohnen, Arbeiten und Freizeit, so dass innerstädtische Mobilität weitgehend über öffentliche Verkehrsmittel erfolgen kann (BMVBS, 2010a). Bei der Leitbildentwicklung sind Partizipation und Kommunikation zu berücksichtigen (Kap. 5.4.1, 5.4.2, 6), um über diesen Weg Akzeptanz und Überzeugung, insbesondere bei privaten Akteuren und städtischen Bewohnern, zu gewährleisten (UN-Habitat, 2009). Integrierte Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen der Stadtplanung setzen auch eine Kooperation zwischen Städten und umliegenden Gemeinden auf regionaler Ebene voraus. In vielen Ländern ist die interkommunale Kooperation aber noch sehr schwach ausgeprägt. Oft fehlt der Verfahrensrahmen für Kooperation und die Interessen von einzelnen Kommunen sind gegenläufig. In Deutschland hat die Region bzw. der Landkreis eine schwache Stellung gegenüber der Kommune. In Ländern mit entsprechender Gesetzgebung findet interkommunale Planung aber statt (etwa Dänemark; BMVBS, 2009a, b; EU COM, 2010a).

In Deutschland ist im Rahmen der Bauleitplanung das Schutzgut Klima über die Umweltprüfung bereits berücksichtigt. Auch kommt dem Klimaschutz im Bauplanungsrecht eine größere Bedeutung zu (BMVBS, 2010a; BMVBS und Difu, 2010). Hier können zukünftig die Einführung klimaverträglicher Stadtentwicklung, klimagerechte Verbesserung des Gebäudebestandes oder klimaverträgliche Flächennutzung verankert werden. Darüber hinaus ist speziell in Deutschland das Bauordnungsrecht ein wichtiges städtebaurechtliches Instrument, welches konkrete Vorgaben für einzelne Bauvorhaben enthält.

Einbettung klimaverträglicher Stadtentwicklung in nationale und europäische Klimaschutzpolitik

Prinzipiell gilt in Europa, dass die Durchführung lokaler Klimaschutzmaßnahmen rechtlich in nationales Recht

oder innerhalb der EU in supranationales Recht eingebettet ist. Damit werden solche Maßnahmen einerseits begrenzt, andererseits aber auch unterstützt (Corfee-Morlot et al., 2009). In vielen Fällen lassen sich große Emissionsreduktionen, die nationalstaatlich oder auf EU-Ebene beschlossen wurden, nur durch die Implementierung in Städten und durch die kommunale Verwaltung erreichen. Außerdem ist es für Kommunen hilfreich, wenn es eine nationale Klimaschutzpolitik mit festgelegten Emissionsminderungszielen gibt, an denen sie sich orientieren können. Eine nationale Klimaschutzpolitik sieht häufig auch die finanzielle Unterstützung für kommunale klimaverträgliche Stadtentwicklungsziele vor oder schafft Experimentierräume für verschiedene Strategien zu einer klimaverträglichen Stadt, durch die andere Städte lernen können (Kap. 3, 6, Kasten 5.4-1).

In städtischen Planungsprozessen scheinen bislang allerdings weder Klimaschutz noch die dafür notwendigen integrierten Planungsprozesse in ausreichender Breite etabliert zu sein (Alber und Kern, 2008). Klimaschutzaktivitäten beschränken sich in erster Linie auf Mitgliedschaft in Städtenetzwerken, die Verabschiedung von Zielen sowie die Durchführung von Demonstrationsprojekten und Informationskampagnen.

Werden integrierte Planungsprozesse in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt, beziehen sie sich selten auf Klimaschutz und sind in der Regel an bundesweite Fördermaßnahmen gekoppelt. Für andere europäische Städte deuten sich trotz verschiedener rechtlicher Ausgangsbedingungen ähnliche Zustände an (BMVBS, 2009a, b). Grundsätzlich sollten nationale und internationale Akteure berücksichtigen, dass ein Großteil der Klimaschutzmaßnahmen auf kommunaler Ebene realisiert werden muss, sich aber nicht allein mit kommunalen Kapazitäten verwirklichen lässt.

Urbaner Klimaschutz in der Praxis

Das Thema Klimaschutz in Städten nimmt weltweit an Bedeutung zu, was u.a. in zahlreichen Städtepartnerschaften, kommunalen Projekten, städtischen Klimaschutzzielen und Städtenetzwerken zum Ausdruck kommt. Es gibt weltweit zahlreiche Städte, die sich auf bestimmte Klimaschutzziele verpflichtet haben, etwa dem Ziel einer generellen Senkung der Treibhausgasemissionen (Hamburg, Kitakyushu), der Reduktion des Pro-Kopf-Treibhausgasausstoßes, dem Ziel der Kohlenstoffneutralität (Austin, Vancouver), dem Ziel der ausschließlichen Nutzung nicht-fossiler Treibstoffe (Växjö, Stockholm) oder dem generellen Ziel nachhaltiger Entwicklung (Freiburg i.Br., Dubai; IEA und OECD, 2009).

Neben allgemeinen Klimazielen haben sich viele Städte auch sektorale Ziele zur Förderung erneuerbarer Energien gesetzt. So etwa das Ziel, einen bestimmten Anteil erneuerbaren Stroms zu erreichen (Adelaide, Taipeh) oder das Ziel, einen bestimmten Anteil der Heizwärme oder Kühlung auf erneuerbarer Basis zu erzeugen (Peking, Tokio). Andere sektorale Ziele sind beispielsweise die Erhöhung des Anteils von Biotreibstoffen im Verkehrssektor (Betim, Stockholm) oder elektrischer Fahrzeuge (Oslo). Solche energetischen Ziele werden auch für öffentliche Gebäude entwickelt (etwa Regierungsgebäude: Leicester, Toronto; IEA und OECD, 2009).

Weitere Steuerungsmechanismen

Der Aufgabenbereich von Städten und Gemeinden (Kommunen) umfasst in der Regel die Selbstverwaltung sowie den Vollzug staatlicher Auftragsangelegenheiten. Die Selbstverwaltung lässt sich generell in verpflichtete und freiwillige Angelegenheiten unterteilen, wobei Kommunen nur den allgemeinen Gesetzen unterworfen sind.

Mit Bezug auf den Transformationsprozess zur klimaverträglichen Gesellschaft gibt es auf der Ebene der Städte neben einer klimaverträglichen Stadtplanung konkrete Handlungsfelder: (1) Energiemanagement und energieeffiziente Investitionen, (2) Investitionen in regenerative Energiequellen und Kraft-Wärme-Kopplung, (3) umweltverträgliche Verkehrsentwicklung, (4) klimaverträglicher Gebäudebestand, (5) interkommunale Zusammenarbeit, umweltfreundliche Beschaffung sowie Abfallvermeidung, (6) Öffentlichkeitsarbeit und Beratung.

Für diese Handlungsfelder können vier verschiedene Steuerungsmodi herangezogen werden (IEA und OECD, 2009): (1) Steuerung durch Führung (governing by leadership): indem Städte oder Kommunen sich freiwillig Klimaschutzziele setzen und Klimaschutzstrategien entwickeln; (2) Selbststeuerung (self-governance): eine Kommune entschließt sich, öffentliche Gebäude mit Strom aus erneuerbaren Energien zu versorgen, sie schließt freiwillige Vereinbarungen mit privaten Unternehmen für klimaverträgliche Investitionsprojekte ab; (3) Steuerung durch Förderung von Handlungsmöglichkeiten (governance through enabling): Förderung klimaverträglicher Technologien durch öffentliche Beschaffung, z.B. im Verkehrsbereich, Unterstützung privater Akteure, Wiederbelebung Lokaler-Agenda-21-Prozesse; (4) Steuerung durch Unterstützung (governing through provision): hierzu zählen finanzielle Anreizsysteme auf kommunaler Ebene, wie Steuererleichterungen bei klimaverträglichen Investitionen oder innerstädtische Parkgebühren zur Verkehrslenkung; (4) Steuerung durch Autorität (governing through authority): Klassische Ge- und Verbote sowie Regulierungen (Tab. 5.2-1).

Klimaverträgliche Stadtentwicklung und globaler Diskurs

Der globale Trend der Urbanisierung wird auch international zunehmend debattiert. So wird das Bewusstsein für die Bedeutung einer global nachhaltigen Entwicklung gefördert. Wichtige Grundlagen und Orientierungen für Konzeptions- und Planungsprozesse werden einerseits durch die internationale Debatte im Rahmen der Vereinten Nationen (UN-Habitat, Weltsiedlungskonferenz Habitat II 1996) und einschlägiger Berufsverbände (etwa der International Society of City and Regional Planer) geschaffen; andererseits im Rahmen des Sustainable Buildings Network, ein von der G8 und Schwellenländern unterstütztes Netzwerk zum nachhaltigen Bauen und durch die Erstellung von globalen Sachstandsberichten zum Thema Urbanisierung (etwa „Cities and Climate Change"; OECD, 2010d). Insgesamt hat das Thema Urbanisierung aber noch nicht den Stellenwert in der internationalen Klima- und Transformationsdebatte, der seiner Bedeutung für den Klimaschutz gerecht würde. Das Urbanisierungsthema muss daher im Global-Governance-System dringend aufgewertet werden. Hier sollten Anstrengungen unternommen werden, das UN-Habitat-Programm in einer Sonderorganisation für nachhaltige Urbanisierung aufgehen zu lassen. Zudem sollten durch die Schaffung einer „World Commission on Climate Friendly Urban Planning" Grundlagen für eine klimaverträgliche Gestaltung der weltweiten Urbanisierungsprozesse geschaffen werden. Gleichzeitig sollten international Städte und Kommunen in Netzwerken und Partnerschaften in einen Informationsaustausch treten, um von einander zu lernen und spezifische Lösungen zu entwickeln (Kap. 7.3.6).

5.4.5.3 Transformative Governance der Landnutzung

Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft erfordert auch eine starke Veränderung der Landnutzung und Landnutzungssysteme, da knapp ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen aus direkten Emissionen der Landwirtschaft sowie aus Landnutzungsänderungen, insbesondere aus der Entwaldung in den Tropen stammen (Kap. 4.1.7). Gleichzeitig können die Landnutzungssysteme weder technologisch noch durch Verhaltensänderungen völlig emissionsfrei werden. Hinzu kommt, dass das Ziel einer klimaverträglichen Gesellschaft in diesem Transformationsfeld von anderen politischen Zielen – wie insbesondere Ernährungssicherung, ländliche Entwicklung, Erhaltung vom Biodiversität und Ökosystemleistungen – überlagert wird, so dass eine reine Klimaschutzpolitik zu kurz greift (WBGU, 2009a).

Bislang wird die Landnutzung international von den verschiedenen sektoralen Märkten (Forst-, Agrar-, Energie- und Rohstoffmärkte) und nationalen Politiken getrieben (WBGU, 2009a; UNEP, 2011). Konkurrenzen bestehen – national und global betrachtet – zwischen den verschiedenen Nutzungen, wie Wäldern, Landwirtschaft, Urbanisierung, Bergbau, Infrastrukturen (z.B. Energie, Verkehr) und Naturschutz (EEA, 2010b). Innerhalb des Waldbereiches existieren Nutzungskonkurrenzen zwischen Entwaldung von Primärwäldern für die landwirtschaftliche Produktion oder Forstplantagen sowie Bergbau bzw. Exploration von Rohstoffen, Holzverwertung und dem Erhalt von Ökosystemleistungen. Innerhalb der Landwirtschaft konkurrieren der Anbau von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, energetisch nutzbaren Pflanzen, stofflich verwertbaren Pflanzen und Weideland miteinander. Darüber hinaus werden die Nutzungskonkurrenzen innerhalb des Agrarsektors durch eine steigende Weltbevölkerung, zunehmenden Wohlstand und damit verbundenen Änderungen der Ernährungsgewohnheiten sowie Lebensstilen und der Umstellung der Energiebasis beeinflusst. Die skizzierten Nutzungskonkurrenzen werden sich durch Auswirkungen des Klimawandels verschärfen, wenn es global und lokal zu einer Reduzierung der nutzbaren Landfläche sowie der Produktivität der Agrarfläche kommt (Kap. 1.2.5).

Die skizzierten Nutzungskonkurrenzen können sich zukünftig auch im Zuge der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft weiter verschärfen. Wenn beispielsweise punktuelle, fossile Energiequellen durch erneuerbare Energien ersetzt werden, dann steigt bei den bekannten Technologien der Flächenbedarf der Energieerzeugung für Bioenergie, Photovoltaik, Windkraft und die dazugehörige Infrastruktur wie Netze und Speicher. Auch wenn gleichzeitig die Entwaldung gestoppt und Aufforstung an bestimmten Standorten gefördert wird sowie die landwirtschaftliche Produktion klimaverträglich umgestaltet wird, können Nutzungskonflikte auftreten (WBGU, 2009a; UNEP, 2011).

Aktuelle Trends

Die Komplexität dieses Transformationsfeldes und seiner vielschichtigen Zielkonflikte wird bislang weder auf der nationalen noch der europäischen oder globalen Ebene angemessen adressiert. Dies ist sowohl der Fragmentierung der unterschiedlichen Politikbereiche Klima, Land- und Forstwirtschaft, internationale Entwicklungszusammenarbeit, Energie oder Umwelt auf nationaler und europäischer Ebene geschuldet als auch der institutionellen Fragmentierung auf internationaler Ebene, wo u.a. FAO, UNEP, Weltbank, UNFCCC, CBD und UNCCD mit Landnutzungsfragen betraut sind (UNEP, 2011). Zudem wird die wachsende globale Herausforderung nachhaltiger Landnutzung in den von die-

sen Institutionen organisierten internationalen Governance-Prozessen bislang nur in Ansätzen thematisiert. Schon deshalb ist eine verstärkte Kooperation in Fragen der globalen Landnutzung im Überschneidungsbereich der einschlägigen Organisationen und speziell der drei Rio-Konventionen nötig (Kap. 1, 7.3).

In den beiden großen Landnutzungsbereichen Wald- und Landwirtschaft ist das Thema Klimaschutz und Transformation der Landnutzungssysteme auf der internationalen Agenda unterschiedlich ausgeprägt. Für den Klimaschutz gibt es sowohl auf der nationalen wie auch auf der internationalen Ebene Instrumente und Mechanismen zur Einleitung und Unterstützung der Transformation im Waldbereich. Die Hauptprobleme liegen oft in fehlenden politischen und institutionellen Kapazitäten sowie der mangelnden Durchsetzung einer nachhaltigen Waldpolitik (IUFRO, 2010). In dem Bereich Landwirtschaft wird das Thema klimaverträgliche Transformation erst allmählich aufgegriffen (UNEP, 2011; GO Science, 2011).

Im Prinzip sind für die einzelnen Bereiche der Landnutzung sowohl die Technologien und Techniken als auch die politischen Instrumente für eine Transformation zur klimaverträglichen Landnutzung bekannt. Es mangelt aber an der Umsetzung, weil sich neben den Governance-Strukturen auch die politischen Prioritäten in den Industrie- und Entwicklungsländern erheblich unterscheiden. Der Anteil der Agrar- und Forstwirtschaft am Bruttoinlandsprodukt liegt in den Entwicklungsländern bei 25% und mehr, wohingegen er in den Industrieländern inzwischen bei 1% liegt (UNEP, 2011).

Governance für Nutzungskonkurrenzen

Zur Einhegung von Landnutzungskonkurrenzen und politischen Zielkonflikten ist in den meisten Industrieländern das Instrument der nationalen Raum- und Flächennutzungsplanung entwickelt worden (Kap. 5.2). Raumplanung zielt auf die Koordination von politischen Maßnahmen und wirtschaftlichen Aktionen, die in einem bestimmten Gebiet Land nutzen sowie die räumliche Entwicklung oder Funktion beeinflussen (sogenannte raumbedeutsame Maßnahmen). Hierzu wird ein Plan erstellt, der die unterschiedlichen Nutzungen des Raumes berücksichtigt und aufeinander abstimmt, mögliche Konflikte ausgleicht und zukünftige Nutzungen absichert, so dass u. a. eine Berücksichtigung alternativer Standorte und Nutzungen möglich wird (Koch und Hendler, 2009).

Der Vorteil der Raumplanung gegenüber der Zulassung einzelner Vorhaben besteht darin, einen Gesamtraum mit allen seinen Funktionen und Nutzungen zu berücksichtigen, so dass auch langfristige räumliche Entwicklungsziele verankert und deren Umsetzung vorbereitet werden können. Raumplanung kann somit die Entwicklung und Sicherung eines Gesamtraumes bereits vor der Planung und Durchführung konkreter Vorhaben gewährleisten und somit frühzeitig eine nachhaltige Landnutzung sicherstellen. So könnten Klimaschutzziele eines Klimaschutzgesetzes zugleich als Ziele der Raumordnung fungieren und wären damit ein Belang, der auf planerischer Ebene zu berücksichtigen ist (Gesetzentwurf der Landesregierung, Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen vom 22.2.2011, und Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Umsetzung des Klimaschutzgesetzes Nordrhein-Westfalen vom 22.2.2011). Raumrelevante Maßnahmen, wie etwa Kohlekraftwerke, die diesen Klimaschutzzielen zuwiderliefen, wären nicht genehmigungsfähig.

Darüber hinaus wird der Raumplanung bescheinigt, dass sie bei einer verstärkten Einbeziehung von Klimaschutzbelangen sowie der Berücksichtigung von Risiken, die durch die Klimaänderung verursacht werden, als ein Instrument zur Bewältigung von Klimafolgen, zur Vermeidung und Dämpfung von Klimaänderungen und zur Festlegung kostenwirksamer Anpassungsmaßnahmen geeignet ist (EU COM, 2008d; Haber et al., 2010). So könnte die Raumplanung auch Maßnahmen zur Sicherung der Kohlenstoffspeicher und -senken sowie zur klimafreundlichen Siedlungsentwicklung sowie Anpassungsmaßnahmen zum Katastrophenschutz umfassen (Haber et al., 2010). Eine Berücksichtigungspflicht bezüglich untergeordneter Raumordnungspläne verhindert eine einseitig von einer Ebene gesteuerte Raumplanung, weil die unterschiedlichen Planungsebenen miteinander koordiniert werden müssen. In Deutschland etwa ergibt sich diese Berücksichtigungspflicht aus dem sogenannten Gegenstromprinzip (§1 Abs. 3 Raumordnungsgesetz), das als traditioneller Bestandteil des Raumordnungsrechts die wechselseitigen Beziehungen der räumlichen Planung für den Gesamtraum und der räumlichen Planung für die Teilräume regelt (Spannowsky et al., 2010).

Auch international wird das Instrument Raumplanung für die systemische und zielgerichtete Verknüpfung der Maßnahmen aus den verschiedenen Sektoren (Waldwirtschaft, Landwirtschaft, Energie usw.) zur Steuerung der nachhaltigen Landnutzung zunehmend diskutiert. Ziele sind ein effizienteres und nachhaltiges Landnutzungsmanagement durch eine Harmonisierung der verschiedenen Nutzungsansprüche, aber auch durch eine vielschichtige Nutzung zum Erhalt multipler Leistungen (Green et al., 2005). Deshalb wiederholt der WBGU seine Empfehlung, eine „Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung" einzurichten, um die wichtigsten Herausforderungen des Themenkomplexes globale Landnutzung zu identifizieren. Sie sollte den Stand des Wissens zusammentragen und Grundla-

gen, Mechanismen und Leitlinien zum globalen Landmanagement erarbeiten. Sie sollte zudem prüfen, wie das Instrument Raumplanung für Entwicklungsländer weiter zu entwickeln und wie es auf europäischer und globaler Ebene zum Landnutzungsmanagement einsetzbar wäre (WBGU, 2009a; Kap. 7.3.7).

Transformative Governance im Waldbereich

Im Sektor Waldwirtschaft besteht Einigung über die Notwendigkeit des Stopps der Emissionen aus Entwaldung und zerstörerischer Waldnutzung. Der strategische Aufbau und der Erhalt von Wäldern als Kohlenstoffspeicher und -senken stehen dabei im Vordergrund. Die Handlungsfelder für den transformativen Governance-Prozess gehen aber über den engen Fokus klimaverträglicher Waldnutzung hinaus. Sie umfassen: (1) Schutz der letzten Primärwälder; (2) Stopp der Entwaldung und zerstörerischen Waldnutzung; (3) Förderung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung; (4) Aufforstung an bestimmten Standorten; (5) Schutz von Mooren und Feuchtgebieten; (6) Agroforstwirtschaft; (7) Zertifizierung von Waldwirtschaft und -produkten; (8) intelligente Holznutzung.

Zur Umsetzung entsprechender politischer Maßnahmen in diesen Handlungsfeldern fehlen oft die nötigen Governance-Kapazitäten, Investitionsmittel und Technologien, insbesondere in den tropischen Waldländern. Die bestehenden nationalen Anreizstrukturen müssen so umgebaut werden, dass Anreize für Waldschutz und eine nachhaltige und multifunktionale Waldbewirtschaftung entstehen. Dazu gehören sowohl der Abbau verzerrender Subventionen und Exportförderstrategien für Holz und andere Agrarprodukte als auch die Bezahlung von Ökosystemleistungen, forstliche Standards und Zertifizierung sowie Landreformen, um über Eigentumsrechte Anreize zur nachhaltigen Bewirtschaftung zu setzen. Die Ausweisung und Kontrolle von Naturschutzgebieten sowie die Zertifizierung von Holzprodukten spielen auch eine bedeutende Rolle. Eine solche Politik muss eingebettet sein in die Politiken anderer Landnutzungen, insbesondere der Landwirtschaft (UNEP, 2011).

Das Konzept der Zahlungen für Ökosystemleistungen (payments for environmental services) besteht in Geldleistungen, die an Bereitsteller von bestimmten Ökosystemleistungen wie Kohlenstoffsequestrierung, Regulierung des Wasserkreislaufs, Bodenbildung oder Primärproduktion gezahlt werden, um so ökonomische Anreize für deren langfristige Bereitstellung zu setzen (Kap. 5.2.3; Wunder, 2005). Nach diesem Prinzip funktioniert beispielsweise das PSA-Programm (Pagos por Servicios Ambientales) in Costa Rica, welches Landbesitzer für die Bereitstellung von forstlichen Ökosystemleistungen vergütet. Das Besondere an diesem System ist, dass auch private Nutznießer der Dienstleistungen direkte und freiwillige Zahlungen leisten. Dies sind z. B. Wasserkraftwerke, die auf die Regulierung des Wasserkreislaufes in ihrem Einzugsgebiet angewiesen sind. Damit geht das System über eine rein staatliche Subventionierung der Bereitstellung von Ökosystemleistungen hinaus. Sowohl das Millennium Ecosystem Assessment als auch die TEEB-Studie nutzen das Konzept der Zahlungen für Ökosystemleistungen, um den Wert von Ökosystemen für den Menschen abzuschätzen und Preissignale zu entwickeln, damit langfristig Anreize für eine nachhaltige Entwicklung gesetzt werden können (MA, 2005a, b, c; TEBB, 2010).

Für den Waldbereich wird auf internationaler Ebene im Rahmen der UNFCCC-Verhandlungen die Entwicklung und Einführung eines Instruments zum Waldschutz in Entwicklungsländern (REDD-plus) vorangetrieben. Konkret sollen Politiken und Anreize zur Reduktion von Emissionen aus Entwaldung und zerstörerischer Waldnutzung geschaffen werden. Dabei werden auch die Handlungsfelder Walderhalt, nachhaltige Waldbewirtschaftung und strategischer Aufbau der Kohlenstoffvorräte in Wäldern sowie Aufforstung an bestimmten Standorten einbezogen.

Zusätzlich müssen weitere Nachhaltigkeits- und Entwicklungsdimensionen berücksichtigt werden, wie die Erhaltung natürlicher Wälder, die biologische Vielfalt sowie die Partizipation und Rechte der lokalen und indigenen Bevölkerung. Entscheidend ist die Entwicklung eines langfristigen internationalen Finanzierungsmechanismus unter der UNFCCC für die verschiedenen politischen Maßnahmen (Kap. 7.3.7). In der Zwischenzeit sind alle Vertragsländer aufgerufen, laufende Anstrengungen zur Vermeidung der CO_2-Emissionen zu stärken und vorbereitende Maßnahmen für ein zukünftiges REDD-plus-Regime zu treffen oder mit zu finanzieren, beispielsweise in der Erfassung von Daten, dem Aufbau von Monitoring-Systemen, der Durchführung von Pilotprojekten und der Erarbeitung von sozialen und ökologischen Mindeststandards.

Transformative Governance in der Landwirtschaft

Das Thema Klimaschutz in der Landwirtschaft nimmt weltweit an Bedeutung zu, was u. a. in Diskussionen unter der UNFCCC, FAO, UNEP und innerhalb der EU sowie Prozessen wie dem IAASTD zum Ausdruck kommt (EU COM, 2007c; IAASTD, 2009; UNEP, 2011). Die globale Landwirtschaft muss den absehbaren, erheblich ansteigenden Bedarf an Nahrungsmitteln, Bioenergie und stofflich genutzter Biomasse auf nachhaltige Weise decken und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen deutlich senken, ohne durch Rodung von Wäldern neues Land nutzen zu können. Für die Lösung dieser globalen Herausforderung gibt es allerdings noch

keinen breiten wissenschaftlichen oder politischen Konsens darüber, welche Strategien am besten geeignet sind (Kap. 7.3.7).

Etwa die Hälfte der globalen Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft können durch verbesserte Kohlenstoffsequestierung in den Böden sowie Minderung der CH_4- und N_2O-Emissionen aus der Landwirtschaft vermieden werden. Die Techniken und Technologien auf der Produktionsseite sowie die notwendigen Verhaltensänderungen auf der Konsumentenseite sind bekannt, aber bisher noch nicht politischer Konsens.

Die bestehenden Anreizstrukturen über den internationalen Handel von Agrarprodukten, die Subventionierung von Exportprodukten oder die Subventionierung der Landwirtschaft in den Industrieländern muss schnell umgebaut werden, so dass Anreizstrukturen für eine nachhaltige, klimaverträgliche Landwirtschaft entstehen können (SRU, 2008). Dazu zählen auch Landreformen in Entwicklungsländern, um über Eigentumsrechte Anreize zur nachhaltigen Bewirtschaftung wie zu Investitionen in neue Agrartechniken und -technologien zu setzen (UNEP, 2011). Insbesondere in den Entwicklungsländern muss eine ländlich agrarische Infrastruktur aufgebaut und der Marktzugang gefördert werden (UNEP, 2011; GO Science, 2011). Unterstützt werden können diese Investitionen durch die internationale Zusammenarbeit in den Organisationen FAO, IFAD und der Weltbank sowie bilateral, wobei die Initiative von Deutschland oder der EU ausgehen sollte.

Die Ausweitung der Bioenergie im Zuge der Transformation ist mit erheblichen Risiken für verschiedene Dimensionen der Nachhaltigkeit verbunden (WBGU, 2009a; Kasten 4.1-4). Um die direkten und indirekten Wirkungen der Bioenergie innerhalb der Landnutzungskonkurrenzen zu steuern, ist die Schaffung eines internationalen Regulierungsrahmens für eine nachhaltige Nutzung der Bioenergie eine notwendige Bedingung. Dieser Regulierungsrahmen sollte Mindeststandards für die nachhaltige Bioenergieproduktion und eine internationale Bioenergiestrategie umfassen.

Wie im Waldbereich ist es auch in der Landwirtschaft sinnvoll, Ökosystemleistungen wie auch Klimaschutzmaßnahmen direkt zu entgelten (Kap. 5.2.3). So sollte die bestehende Agrarsubventionierung innerhalb der EU auf eine Finanzierung von Ökosystemleistungen umgestellt werden (SRU, 2008; Kap. 7.3.7). Gleichzeitig ist der Abschluss der Doha-Runde im Rahmen der WTO-Verhandlungen zur Liberalisierung des Weltagrarhandels zu forcieren. Die Industrieländer müssten dann sowohl Importbarrieren für Agrarprodukte sowie ihre eigenen Exportsubventionen abbauen (SRU, 2008; WBGU, 2009a).

Zur Veränderung der Nachfrageseite ist es wichtig eine klimaverträgliche Ernährungsweise zu fördern. Mit steigendem weltweiten Wohlstand erhöht sich auch die Nachfrage nach tierischen Produkten, und dies ist in zweierlei Hinsicht kontraproduktiv: Die Ausweitung der Tierhaltung verschärft zum Einen die Nutzungskonkurrenzen im Agrarsektor und sorgt zum Anderen für einen Anstieg der klimaschädlichen Gase. Gleichzeitig ist unter dem Primat der gesunden Ernährung fleischarm zu essen sinnvoll (Kap. 7.3.7). Produktkennzeichnung, Informationskampagnen und öffentliche Beschaffung können hier wichtige Impulse für Verhaltensänderungen erzeugen (Kap. 5.2.3). Zusätzlich kann die Besteuerung der Emissionsintensität von Lebensmitteln einen Anreiz für Verhaltensänderungen bieten (Kap. 7.3.7).

Internationale Kooperation

Den Herausforderungen im Transformationsfeld Landnutzung ist in erster Linie durch lokale, regionale und nationale Politiken zu begegnen. Da dieses Transformationsfeld vor allem auch in Entwicklungs- und Schwellenländern eng mit der wirtschaftlichen Entwicklung verknüpft ist, ist eine internationale Koordination und Kooperation notwendig, um die notwendigen Governance-Strukturen zu entwickeln und zu finanzieren (Kap. 7.3.7, 7.3.10). Neben der Einrichtung einer „Globalen Kommission zur nachhaltigen Landnutzung" sollten die einschlägigen internationalen Organisationen wie insbesondere die FAO entsprechend mandatiert werden. So sollte z.B. die FAO ein geeignetes Instrumentarium entwickeln, um nationale und globale Landnutzungspfade klimaverträglich auszurichten. Flankierend sollten zudem die landnutzungsrelevanten Entscheidungsprozesse speziell der drei Rio-Konvention UNFCCC, CBD und UNCCD besser verzahnt und auch das UNEP gestärkt werden, um den Ansatz einer nachhaltigen und integrierten Landnutzung im Rahmen der Vereinten Nationen systematisch voranzutreiben (Kap. 7.3.10).

5.4.5.4 Global Governance für Infrastrukturentwicklung

Klimaverträgliche Entwicklungsprozesse müssen weltweit in einer Vielzahl von Wirtschaftssektoren beschleunigt werden. Dabei sind drei grundlegende Infrastrukturen zentral (Kap. 7.1.1): Energiesysteme, Urbanisierung und Landnutzungssysteme. Die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke ist nur möglich, wenn bis 2020 in diesen drei Basisstrukturen der globalen Ökonomie die Weichen in eine klimaverträgliche Richtung gestellt werden (Kap. 7.3.10).

Dies ist eine völlig neue Herausforderung für die internationale Gemeinschaft. Die Entwicklung von Infrastruktursystemen in den drei Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung wird

bisher nahezu ausschließlich als Aufgabe der nationalen Politik verstanden, die nur im Fall der Entwicklungsländer durch die internationale Entwicklungspolitik unterstützt wird. Entsprechend existieren nur unzureichende Global-Governance-Mechanismen zur weltweiten Ausrichtung dieser Infrastrukturen, die zur Beschleunigung des klimaverträglichen Umbaus genutzt werden könnten. Da die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke nur ein enges Zeitfenster für die Transformation lässt, es also um die Beschleunigung des Wandels geht, und gleichzeitig der Umbau weltweit stattfinden muss, damit das notwendige Volumen der Reduzierung von Treibhausgasemissionen überhaupt erreicht werden kann (WBGU, 2009b), sind globale Abstimmungsprozesse und Koordinationsmechanismen zwingend.

Ähnlich wie in der Eurokrise des Jahres 2010 deutlich wurde, dass eine Gemeinschaftswährung eine eng aufeinander abgestimmte Wirtschaftspolitik der EU-Mitgliedstaaten, also Mechanismen wechselseitiger Abstimmung, Kontrolle und Regelbindung, benötigt („Wirtschaftsregierung"), um Trittbrettfahrerverhalten der Nationalstaaten zu vermeiden, dürfte auch eine rasche Dekarbonisierung der zentralen Infrastrukturen der Weltwirtschaft nicht ohne internationale Abstimmungsprozesse gelingen. Es spricht nichts dafür, dass sich aus der Summe unkoordinierter Transformationsanstrengungen der Nationalstaaten in den drei Handlungsfeldern das zur Vermeidung gefährlichen Klimawandels notwendige Dekarbonisierungsniveau gleichsam automatisch ergibt. Dies in kein Plädoyer für eine globale Infrastrukturplanung. Vielmehr wird die konkrete Infrastrukturentwicklung auch zukünftig in den Nationalstaaten (oder regionalen Räumen wie der EU) stattfinden, aber dies muss innerhalb eines Leitplankensystems geschehen, das mit der 2 °C-Leitplanke vereinbar ist. In allen drei Transformationsfeldern geht es darum:

- Globale Transformationsziele festzulegen,
- überprüfbare nationale und internationale Transformationsfahrpläne zu entwickeln,
- Indikatoren zu definieren, auf deren Grundlage Entwicklungsfortschritte überprüft werden können;
- Berichts- und Überwachungsverfahren zu etablieren und
- positive Anreize zur Zielerreichung (z. B. Technologietransfer) zu schaffen.

Derartige Global-Governance-Mechanismen können nur von leistungsfähigen internationalen Organisationen umgesetzt werden. Beispielsweise ist die WTO eine starke internationale Organisation zum Schutz und zur Weiterentwicklung der Welthandelsordnung. Der Internationale Währungsfond soll nach den Erfahrungen der aktuellen Weltfinanzkrise (2007–2009) zum Zentrum des Risikomanagements der Weltfinanzmärkte ausgebaut werden. In den drei Transformationsfeldern mangelt es an solchen starken Organisationen.

Im Transformationsfeld Energie gibt es keine legitimierte und international wirkungsvolle Weltenergieorganisation, die zum Motor einer klimaverträglichen Transformation werden könnte. Die IEA ist eine Organisation der OECD-Länder, die verstärkt am Ziel der nachhaltigen Energieversorgung ausgerichtet und für Entwicklungs- und Schwellenländer geöffnet werden müsste. IRENA ist eine noch im Aufbau befindliche Organisation, die zur Verbreitung regenerativer Energien beitragen soll und in dieser Rolle gestärkt werden müsste, wenn sie einen wirksamen Transformationsbeitrag leisten soll. UN-Energy verfügt im Gefüge der Vereinten Nationen nur über begrenzte Handlungskapazitäten. Die Global-Governance-Kapazitäten im Bereich Energie sind also fragmentiert und bisher nicht dazu in der Lage, Motor des weltweiten Umbaus der Energiesysteme zu werden (Kap. 7.3.9).

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Landnutzung. In den nächsten Jahren müssen die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von Biomasse für Energie und Industrie deutlich gesteigert und zugleich die Emissionen aus der Landnutzung (Landwirtschaft, Entwaldung) gesenkt werden. Hierfür fehlt es ebenfalls an den notwendigen Global-Governance-Strukturen. Zwar leistet die FAO wichtige Grundlagenarbeit zu den Möglichkeiten der Steigerung der globalen Agrarproduktion; auch leistet sie mit ihrer Datenbereitstellung unersetzliche Beiträge zur Analyse der Trends globaler Landnutzung, aber die Aktivitäten und das Aufgabenspektrum der Organisation reichen nicht aus, um die weltweite Transformation in Richtung einer klimaverträglichen, nachhaltigen Landnutzung signifikant zu forcieren. Eine ähnliche Situation zeigt sich im internationalen Waldschutz: Bemühungen zum Wälderschutz gibt es in der CBD und der UNFCCC, aber auch hier sind bislang keine durchschlagenden Erfolge erkennbar. Der WBGU sieht daher auch in diesem globalen Politikfeld dringenden institutionellen Verbesserungsbedarf, beispielsweise – wie bereits früher vom WBGU (2009a) empfohlen – durch die Schaffung einer „Globalen Kommission für nachhaltige Landnutzung" (Kap. 7.3.7.1). Sie sollte neue Strategien zur klimaverträglichen, nachhaltigen Landnutzung erarbeiten. Auf einem solchen Bericht der Globalen Kommission zur nachhaltigen Landnutzung aufbauend, sollte schließlich die FAO ein geeignetes Instrumentarium entwickeln, um nationale und globale Landnutzungspfade klimaverträglich auszurichten.

Im Vergleich sind die institutionellen Kapazitäten im Transformationsfeld Urbanisierung noch viel schlechter entwickelt. Zwar gibt es das UN-Habitat-Programm; seine Sichtbarkeit und Bedeutung in der internationa-

len Politik sind jedoch sehr gering. Urbanisierung wird bei UN-Habitat zudem im Wesentlichen aus der (weiterhin relevanten) Perspektive betrachtet, wie Slumbildungen infolge von Landfluchtbewegungen bearbeitet werden können. Die enorme Herausforderung, die der Urbanisierungsschub der kommenden Dekaden für klimaverträgliche Entwicklung impliziert, wird demgegenüber bisher kaum thematisiert. Das Urbanisierungsthema muss daher im Global-Governance-System dringend aufgewertet werden. Hier sollten Anstrengungen unternommen werden, das angesichts des Problemdrucks nicht angemessen aufgestellte UN-Habitat-Programm in einer Sonderorganisation aufgehen zu lassen (Kap. 7.3.6). Der WBGU schlägt daher die Gründung einer ambitioniert mandatierten Sonderorganisation für Nachhaltige Urbanisierung vor. Ist das kurzfristig nicht möglich, sollte zunächst versucht werden UN-Habitat in seiner normensetzenden Rolle zu stärken und stärker auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz auszurichten. Auch im Transformationsfeld Urbanisierung sollten durch die Schaffung einer „World Commission on Climate Friendly Urban Planning" Grundlagen für eine klimaverträgliche Gestaltung der weltweiten Urbanisierungsprozesse geschaffen werden (Kap. 7.3.6).

Beide Kommissionen (Landnutzung und Urbanisierung) könnten etwa durch die Rio+20-Konferenz eingesetzt und mandatiert werden und sollten dann bis 2015 umfassende, der Komplexität ihres jeweiligen Transformationsfelds angemessene Berichte vorlegen (Kap. 7.3.10).

5.5 Fazit

In diesem Kapitel wurde deutlich, dass der notwendige Transformationsprozess hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft eine immense politische Herausforderung darstellt. Zwar sind die einzelnen politischen Instrumente zum systemischen Umbau von Wirtschaft und Gesellschaft bekannt und teilweise erprobt. Hier sieht der WBGU vor allem in der Bepreisung von CO_2, dem Abbau von Subventionen fossiler Energieträger und der weltweiten Verbreitung von Einspeisevergütungen zentrale Elemente einer Transformationspolitik. Aber wie in der Analyse gezeigt, behindern politische, institutionelle und ökonomische Pfadabhängigkeiten, Interessenstrukturen und Vetospieler den Übergang zu einer nachhaltigen Politik. Es mangelt daher nicht primär an Instrumenten, Konzepten und Ideen; die Transformation wird im politischen Prozess selbst ausgebremst. Die zentrale Frage lautet also: Wie können vor dem Hintergrund Interessen geleiteter und teilweise durch das demokratische Verfahren selbst begründete Blockaden die schwierigen Reformen angestoßen werden?

Der WBGU kommt zu dem Schluss, dass der Schlüssel zur Transformation in einer neuen Form der Staatlichkeit besteht. Zentrales Element ist der aktivierende und gestaltende Staat, der aktiv Prioritäten setzt, gleichzeitig seinen Bürgerinnen und Bürgern erweiterte Partizipationsmöglichkeiten bietet und der Wirtschaft Handlungsoptionen für nachhaltiges Wirtschaften eröffnet. Die neuen Problemlagen verlangen nach einer anderen Politik, die über mehr politische Selbstbindung in Form von starken Regeln die Herausforderung der Transformation annimmt und einen neuen Ordnungsrahmen schafft, innerhalb dessen sich Gesellschaft und Wirtschaft orientieren können und müssen. Diese Regeln umfassen ein Staatsziel Klimaschutz, ein starkes, auf lange Sicht angelegtes Klimaschutzgesetz und ein klimapolitisches Mainstreaming der Staatsorganisation; sie unterstreichen die Glaubwürdigkeit politischer Absichten, legen die (Interpretations-)Spielräume des Handelns fest, verringern den Einfluss von Partikularinteressen, schaffen langfristige Planungshorizonte und beschleunigen so den Prozess der Transformation.

Die gesteigerte staatliche Handlungsfähigkeit ist untrennbar mit einer aktiven Bürgerschaft verbunden. Die Zivilgesellschaft muss Mitgestalter des Transformationsprozesses sein, denn sie setzt die Transformation in Bewegung und verleiht ihr die nötige Legitimation (Kap. 6). Über verbesserte Informations, -Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten, wie z.B. die Kennzeichnung von Produkten, reformierte Genehmigungsverfahren, eine erweiterte Verbandsklage, das Einsetzen von Ombudsleuten, eine Ausweitung deliberativer Verfahren bis hin zu einer die Legislative ergänzende Zukunftskammer soll ein offener und partizipativer Transformationsprozess (für Bürger und Bürger-Konsumenten – citizen consumer) erreicht werden. Der WBGU kommt daher zu dem Ergebnis, dass es für die Transformation eher mehr als weniger Demokratie bedarf.

Nationaler – teilweise auch subnationaler – Staatlichkeit kommt in der Ausgestaltung einer Transformationspolitik, bei der Neugestaltung der (Energie) Märkte, der Förderung neuer Technologien und dem Umbau der Städte weiterhin eine zentrale Rolle zu. Das Kapitel zeigt aber auch, dass globale Problemlagen eine globale Politik und somit supra- und transnationale Problemlösungen verlangen. Die EU – als Brücke zwischen nationalen und globalen Lösungen – bietet hierfür ein Modell, das weiter entwickelt werden sollte. Die EU oder ähnliche regionale Verbünde können jedoch nicht das Maß an globaler Kooperation und Koordination ersetzen, das für eine globale Transformation notwendig ist. Hier zeigt die Analyse, dass gerade auf der Ebene der globalen Politikgestaltung weiterhin große

Defizite bestehen, die dringend bearbeitet werden müssen. Dies gilt insbesondere für die zentralen Transformationsfelder Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Hier geht es darum, diesen Politikfeldern global deutlich mehr Gewicht zu verleihen, neue Institutionen für die globale Infrastrukturentwicklung zu schaffen sowie einen der neuen multipolaren Welt Rechnung tragenden Multilateralismus zu entwickeln, um so auf der Ebene subglobaler Pionierallianzen bis hin zur gesamten Staatengemeinschaft transformative Politiken zu entwickeln und durchzusetzen.

Akteure der Transformation: Wie sich Innovationen (rascher) ausbreiten können

6

6.1 Vom Wissen zum Handeln? – Vom Handeln zum Wissen!

Man erzielt – bei Weltklimakonferenzen wie bei privaten Tischgesprächen – relativ schnell Konsens über die Notwendigkeit „etwas zu tun", um gefährlichen Klimawandel, den Verlust von Biodiversität oder den Zusammenbruch der Weltfinanzwirtschaft zu verhindern. „Wir" wissen recht genau was zu tun wäre; „man" ist teilweise auch bereit, gewohnte Lebensstile aufzugeben. „Wir" verfügen über effiziente Technologien und „wir" haben weltweite Deklarationen der Vermeidung gefährlichen Klimawandels und der Erhaltung biologischer Vielfalt in internationalen Vertragswerken und supranationalen, nationalen und regionalen Politiken verabschiedet. Und dennoch werden „wir", wenn wir dabei stehen bleiben, scheitern. Die Ratlosigkeit entsteht auf dem Weg vom Wissen zum Handeln, wo sich Pfadabhängigkeiten, Innovationsblockaden und institutionelle Routinen (Kap. 2.4) vor die gewonnenen Einsichten stellen und Handlungsimpulse lähmen.

Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft gehört auf den ersten Blick zu jenen Herkulesaufgaben, die nach menschlichem Maß als unlösbar gelten: zu große Ziele können in zu knapper Zeit von zu wenigen Akteuren nicht erreicht werden. Solche Wahrnehmungen und Rahmenbedingungen globaler Probleme führen häufig zu Resignation und Apathie. Es kommt also darauf an, konkrete Ziele und Zwischenziele zur Lösung dieser globalen Probleme zu setzen, die Umsetzung dieser Ziele angemessen und arbeitsteilig zu operationalisieren, Prioritäten zu setzen und realistische Zeitpläne aufzustellen. Dem Zeitdruck zur Vermeidung gefährlicher Klimaänderungen (Kap. 1) muss durch Priorisierung und Beschleunigung begegnet werden. Dafür müssen die vorhandenen mentalen „Bereitschaften" (Kap. 2) – durch den gestaltenden Staat (Kap. 5.4.1) – aktiviert, thematisch aufgeladen und durch Vernetzung von Akteuren umgesetzt werden. Eine historische Rekapitulation großer Umbrüche (Kap. 3) lehrt, dass es immer wieder historische Situationen gegeben hat, in denen Einzelne oder kleine Gruppen sich gegen den „grässlichen Fatalismus der Geschichte" (Georg Büchner) aufgelehnt und als Pioniere des Wandels scheinbar Unmögliches bewirkt haben. Die Geschichte der bürgerlichen Aufklärung und Revolutionen zeugt davon ebenso wie der Befreiungskampf der Kolonien, symbolisiert im gewaltlosen Widerstand eines Mahatma Gandhi und Nelson Mandela, und die samtene Revolution in den Ländern Ostmitteleuropas und der DDR, angestoßen durch Menschen wie Lech Walesa und Bärbel Bohley, aber auch Willy Brandt und Michail Gorbatschow.

Das angesprochene diffuse „wir" ist damit konkreter zu fassen und zu lokalen und überlokalen Handlungseinheiten zu formen, die Handlungsvorschläge effektiv kommunizieren und in wirksamen Identitätsstrukturen („Wir-Gefühlen") verankern können. Was global wie lokal weitgehend fehlt, ist das Bewusstsein der Selbstwirksamkeit und die Wahrnehmung der Stärke solcher Akteure, die sich an der Transformation längst bewusst oder unbewusst beteiligen. Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen müssen nicht nur ihre Steuerungsfähigkeit stärken (Kap. 5); sie müssen vor allem Strukturen und Netzwerke schaffen, die eine rasche und dauerhafte Mobilisierung von Akteuren ermöglichen, die sich für die Ziele der Transformation einsetzen.

In Kapitel 3 wurden anhand historischer Beispiele die strukturellen Voraussetzungen für die Umsetzung solcher Dispositionen erläutert. Im folgenden Kapitel geht es darum, wie und durch welche Akteure ein solcher – schwer prognostizierbarer und schwer planbarer – Prozess angeregt, gestaltet und unterstützt werden kann. Der Weg vom Wissen zum erforderlichen Handeln kann aus Sicht des WBGU nicht allein durch Erkenntnistransfer gelingen, er hat auch partizipative Dimensionen und Rückkopplungen. Wissen ist nichts ohne Wissende, und Wissen verbreitet sich nur durch Handelnde: Ein Transformationsprozess ist zum Scheitern verurteilt, wenn „Experten" auf die Selbstevidenz der Vernünftigkeit ihrer am grünen Tisch erarbeiteten

Vorschläge setzen und „Laien" durch Informationskampagnen und Anreizsysteme veranlassen (wollen), entsprechende Maßnahmen im Nachhinein zu akzeptieren. Erfolgreicher als Versuche politisch-administrativer Institutionen im Bereich von Klimaschutz und -anpassung am Ende eines Prozesses „auch noch" Akzeptanz zu beschaffen, dürften nach den Erkenntnissen der Partizipations- und Innovationsforschung solche Politiken und sozialen Mobilisierungen sein, die auf die frühzeitige Beratschlagung (Deliberation) mit und die aktive Teilhabe von Betroffenen setzen und für politisch-administrative Maßnahmen auf diese Weise Legitimation beschaffen (Walk, 2007; Schaal und Ritzi, 2009; Kristof, 2010). Technologische Innovationen und politisch-rechtliche Steuerung müssen auf eine mobilisierte Bürgerschaft treffen, um die volle Problemlösungsfähigkeit entfalten zu können; dies gilt in „normalen Zeiten", aber umso mehr in zugespitzten Krisenlagen und unter dem Zeitdruck, den die Krise des Erdsystems erzeugt hat. Dies ist die Herausforderung demokratischer Politik im 21. Jahrhundert (Leggewie, 2010).

Beispiele für rapide kulturelle und soziale Innovationen, darunter veränderte Lebensstile, Werthaltungen und Wissenspräferenzen, finden sich allenthalben. Dazu zählen die Ausbreitung von Zisterzienserklöstern im 12. Jahrhundert (Grübler, 1997) ebenso wie die erstaunlichen Quantitäten und Qualitäten bürgerschaftlichen Engagements am Ende des 20. Jahrhunderts (Evers und Zimmer, 2010). Darauf wird im Folgenden noch genauer eingegangen. Diese und weitere Beispiele zeigen, dass individuelle wie kollektive Innovationsprozesse oftmals weniger durch kognitive Wissensbestände ausgelöst werden als durch lebensweltlich motivierte Veränderungs- und Reformbedürfnisse, die explorativ und experimentell vermittelt bzw. umgesetzt werden (Epstein, 1994). Die Bewegung vom experimentell-explorativen Handeln zu kognitiven Einsichten lässt sich exemplarisch an der weltweiten Frauenbewegung nach 1945 demonstrieren. Deren Agenda wurde (im Unterschied zur älteren Frauenbewegung im 19. und frühen 20. Jahrhundert) durch kleine, überschaubare Gruppen in sozialen Nischen unkonventioneller Rede- und Verhaltensweisen „erprobt" und vorgeführt und dann erst in breiterem Umfang politisch organisiert. Im Ergebnis haben diese Explorationen und Experimente zu einer veränderten kollektiven Praxis innerhalb moderner Gesellschaften geführt, die von Gleichstellungsgesetzen über den geschlechtsneutralen Sprachgebrauch bis hin zur Integration von Frauen in klassischen Männerdomänen wie dem Militär, großen Unternehmen und politischen Spitzenpositionen reicht.

Gleiches gilt für die Umweltbewegung, die über dezentrale Bürgerinitiativen und Demonstrationen das Gesicht der Bundesrepublik, Westeuropas und anderer OECD-Länder im Blick auf Umweltbewusstsein und Umweltpolitik nachhaltig verändert und geprägt hat. Neben der schockartigen Einsicht in die Bedrohung des „blauen Planeten" war die lebensweltliche Erfahrbarkeit von Umweltschäden vor Ort (wie die Verschmutzung von Flüssen) ein starker Treiber von Veränderungsimpulsen, wobei auch abstraktere und großräumige Darstellungen von Problemlagen, wie der „Grenzen des Wachstums" (Meadows et al., 1972), mittelbar Veränderungsimpulse auszulösen vermochten und Wissensregime wie diese einen wichtigen Beitrag zur Konkretisierung des ökologischen „Unbehagens" leisten konnten (Hünenmörder, 2004).

Zur Implementierung eines komplexen und modularen Maßnahmenpakets, das den Herausforderungen der (Re-)Stabilisierung unseres Erdsystems gerecht wird, bedarf es der Infragestellung bestehender Regelwerke, Routinen und Leitbilder, also der „Landkarten in unseren Köpfen" (Wilke, 1998). Aus der Organisationstheorie ist bekannt, dass Akteure auf neue Herausforderungen und Unsicherheit für gewöhnlich zunächst mit Abwehr und einer Bestärkung der etablierten Handlungsorientierungen reagieren oder mit selektiver Wahrnehmung, also einer Aufnahme nur derjenigen neuen Anforderungen, die an etablierte Wissens-, Deutungs- und Regelsysteme anschlussfähig sind. Komplexe Lernprozesse und umfassende Innovationen werden zumeist nicht durch die Qualität der Krisendiagnosen und Ursachenanalysen initiiert, sondern erst mit der Etablierung überzeugender neuer Orientierungsangebote und Handlungskonzepte (Wiesenthal, 1995) und durch die Öffnung experimenteller Plattformen, auf denen Bekanntes zu Neuem neu arrangiert werden kann (Johnson, 2010).

6.2 Das Konzept der Change Agents – Pioniere des Wandels: Definition, Typologie und Rollen

Die Ergebnisse aus der Transitionsforschung (Grin et al., 2010) legen nahe, dass individuellen Akteuren bei der Veränderung gesellschaftlicher (Sub-)Systeme eine größere Rolle zukommt als ihnen lange Zeit – in welcher das Forschungsinteresse zumeist auf die Grenzen des Handelns und systemische Emergenzeffekte gerichtet war – zugestanden worden ist. So zeigt die Analyse historischer Beispiele (Kap. 3), dass sozialer Wandel nicht nur von neuen Technologien und Leitsektoren der Wirtschaft, sondern vor allem von aufstrebenden sozialen Klassen, die die Veränderungen von Institutionen und Mentalitäten vorantrieben, geprägt ist. Identifizierbare Akteurskonstellationen treten als Trei-

ber des Wandels in Erscheinung, die über ausreichend Macht, Ressourcen, Kreativität sowie Innovations- und Reformbereitschaft verfügen, um etablierte Blockadekräfte zu überwinden. Die Geschwindigkeit einer Transformation (oder ob sie überhaupt gelingen kann) hängt wesentlich davon ab, dass beteiligte Akteure existierende Gelegenheitsstrukturen zu nutzen wissen.

Die Untersuchung gegenwärtiger und historischer Transitions- bzw. Transformationsprozesse macht aber auch deutlich, dass Akteure nicht nur von sich öffnenden Gelegenheitsfenstern profitieren können, sondern sie häufig selbst auch aktiv daran beteiligt sind, diese aufzustoßen (Grin et al., 2010). Strategische Gruppen und Allianzen fungieren dabei als Rollenmodelle und Trendsetter; so verschaffen sie isolierten Innovationsimpulsen eine „kulturelle Hegemonie". Aus der Diffusions- und Transitionsforschung ist bekannt, dass „Change Agents" – so werden hier strategische Akteure definiert, die als (z.T. unerkannte) Pioniere beim sozialen Wandel vorangehen und ein Bewusstsein seiner Chancen verbreiten – bei der Einführung neuer Technologien und Ideen eine zentrale Bedeutung zukommt (Rogers, 2003; Grin et al., 2010; Kristof, 2010). Die Rolle von „Change Agents" bei der Initiierung und Gestaltung von Veränderungsprozessen ist in verschiedenen Disziplinen der Diffusions- und Innovationsforschung untersucht worden (darunter Betriebswirtschaftslehre, Soziologie und Psychologie). Die diesem Ansatz zugrunde liegende Idee lässt sich wie folgt zusammenfassen: „Change Agents haben eine überzeugende Veränderungsidee und eine erste Idee für deren Umsetzung. Sie vernetzen sich und gewinnen wichtige Mitstreiter. So schaffen sie es, die kritische Masse für die Veränderung zu gewinnen. Danach entwickeln sie die Idee in Schritten gemeinsam weiter. Die Veränderung von Routinen, der Rahmenbedingungen, die Bildung neuer Institutionen, ein Paradigmenwechsel schließen den Prozess ab." (Kristof, 2010).

„Change Agents", im Folgenden als Pioniere des Wandels bezeichnet, setzen sich für bestimmte Veränderungen ein und treiben diese aktiv voran. Meistens handelt es sich dabei zunächst um einzelne Personen und kleine Gruppen (Kristof, 2010). Sie verbreiten Innovationen, indem sie eine Politik des „Weiter-so-wie-bisher" hinterfragen, eine alternative Praxis schaffen und somit etablierte Weltbilder und Pfade in Frage stellen, Einstellungs- und Verhaltensmuster herausfordern sowie bei neuen Gleichgesinnten (followers, early adopters) eine dauerhafte Motivation zum selbst tragenden Wandel schaffen. Langfristorientierung und die Überwindung von Verlust- und Risikoaversionen sind hierbei typisch. Pioniere des Wandels bewirken demnach nicht nur punktuell, also in ihrem eigenen Erfahrungsbereich Veränderungen, sondern stoßen vergleichsweise großflächige Transformationsprozesse dezentral und „von unten" an. Sie finden Nachahmer und animieren andere zur Veränderung ihrer Verhaltenspraxis.

Schematisch kann man einer Blockadesituation, die von einer Politik des „Weiter-so-wie-bisher" beherrscht ist, somit ein Innovationsszenario gegenüberstellen (Tab. 6.2-1). Auf der Ebene individueller Interessen würden anstelle von Vetospielern Pioniere des Wandels im eben beschriebenen Sinne agieren. Auf der Ebene von Einstellungen und Dispositionen würde keine Verlustaversion, sondern Aufbruchstimmung herrschen. Auf einer übergeordneten symbolischen oder Rahmungsebene wären Kulturen der Innovation anstelle von Kulturbarrieren tonangebend.

Im Folgenden werden Pioniere des Wandels identifiziert, nicht nur einzelne Personen, sondern auch Organisationen und Gruppen, welche die in diesem Gutachten skizzierte Transformation tragen und befördern können. Hierzu werden in Fallbeispielen und Synthesen vor allem solche Pioniere des Wandels behandelt, die Veränderungsprozesse vorantreiben und laufende sozio-technologische Veränderungen, Gesetzgebung und Marktgeschehen als Konsumenten, Unternehmer und Investoren, als Bürger, Verwaltungspersonal und Politiker untermauern und gestalten. Aussagen, die man dazu machen kann, sind notwendigerweise vorläufig und tentativ. Sie können Erkenntnisse aus der Diffusions- und Transitionsforschung heranziehen. Basierend auf Studien aus dem Veränderungsmanagement (change management) bzw. der Organisationsentwicklung (Reiß, 1997; Hauschildt, 1997; Bach, 2000) hat Kristof (2010) ein „Promotorenmodell" entwickelt, das Rollen, Kompetenzen und Hauptaufgaben von

Tabelle 6.2-1
Innovationsdynamik und -diffusion auf drei Ebenen.
Quelle: WBGU

Soziale Ebene	Weiter-so-wie-bisher	Innovation	Analyseebene
Mikro	Vetospieler	Pioniere des Wandels	Interessen
Meso	Verlustaversionen	Aufbruchstimmung	Emotionen, Dispositionen
Makro	Kulturbarrieren	Innovationskulturen	Symbolebene, Rahmen

Tabelle 6.2-2
Das Promotorenmodell: Erfolgssteigernde Rollen für die Pioniere des Wandels.
Quelle: nach Kristof, 2010

Promotorenrolle	Kompetenzen	Hauptaufgabe
Fachpromotoren	Fachkompetenz und objektspezifisches Fachwissen	Initiierung, Identifikation von Alternativen, Problemlösung, Implementierung
Prozesspromotoren	Kombination von Fach- und Führungskompetenz	Problemdefinition, Prozessgestaltung, Kommunikation
Machtpromotoren	Führungskompetenz, hierarchisches Potenzial, Verfügung über (materielle) Ressourcen	Initiierung von Veränderungsprozessen und Förderung ihres Erfolgs
Beziehungspromotoren	Beziehungskompetenz, Netzwerkkenntnis, Interaktionspotenzial, Konfliktmanagement	Unterstützung der Prozesspromotoren in Interaktionsprozessen

Pionieren des Wandels zusammenfasst (Tab. 6.2-2).

Angelehnt an die Diffusionsforschung, in der ein Innovations- und Produktionszyklus unterschieden wird, lassen sich hier verschiedene Funktionen ausdifferenzieren und Typen von Pionieren des Wandels analytisch unterscheiden (Abb. 6.2-1). Im Innovationszyklus handeln Pioniere des Wandels, indem sie offene Fragen und Herausforderungen benennen und auf die Tagesordnung setzen, indem sie als Katalysatoren Problemlösungen erleichtern, indem sie als Mediatoren zwischen Konfliktgruppen vermitteln oder in Gruppen blockierte Entscheidungsprozesse freisetzen, indem sie disparaten Innovationsbedarf zusammenfassen oder indem sie zur Problemlösung notwendige institutionelle Innovationen „von unten" oder als Entscheidungseliten „von oben" auf den Weg bringen. Im Produktionszyklus betätigen sich Pioniere des Wandels als Erfinder, Investoren, Unternehmer, Entwickler oder Verteiler neuer Konzepte, Produkte und Dienstleistungen, aber auch als „aufgeklärte Konsumenten", indem sie neue Produkte nachfragen und zirkulieren lassen. Dabei handelt es sich zunächst um eine analytische Unterscheidung. Pioniere des Wandels können selbstverständlich auch verschiedene dieser Funktionen gleichzeitig ausfüllen.

Angesichts der zu bewältigenden Herausforderungen (Kap. 1) muss man die Bedeutung von Akteuren und Akteurskonstellationen als politischen Kern des „Könnensbewusstseins" (Meier, 1978) in einem republikanischen Gemeinwesen hervorheben: „Was den Menschen zu einem politischen Wesen macht, ist seine Fähigkeit zu handeln; sie befähigt ihn, sich mit seinesgleichen zusammenzutun, gemeinsame Sache mit ihnen zu machen, sich Ziele zu setzen und Unternehmungen zuzuwenden, die ihm nie in den Sinn hätten kommen können, wäre ihm nicht diese Gabe zuteil geworden: etwas Neues zu beginnen" (Arendt und Uellenberg, 1970).

Für Genese und Wirksamkeit von Pionieren des Wandels, dies zeigt die Analyse verschiedener Beispiele, sind in der Regel vier Elemente entscheidend: Eine gewisse soziale Außenseiterstellung, die Verbindung mehrerer Wissensbereiche, die Integration in ein förderliches Netzwerk und günstige Gelegenheitsstrukturen der jeweiligen Zeit. Exemplarisch kann man dies am historischen Beispiel des Leonardo da Vinci (1452–1519) verdeutlichen, der als Maler und Bildhauer, Erfinder, Architekt und Ingenieur, Naturphilosoph und Schriftsteller immense Wirkung im Europa der Renaissance entfalten konnte. Als Erklärung kann man weder Leonardo da Vincis Genie anführen noch behaupten, er sei als Renaissancemensch ein „Kind seiner Zeit" gewesen. In ihm verbinden sich die vier für

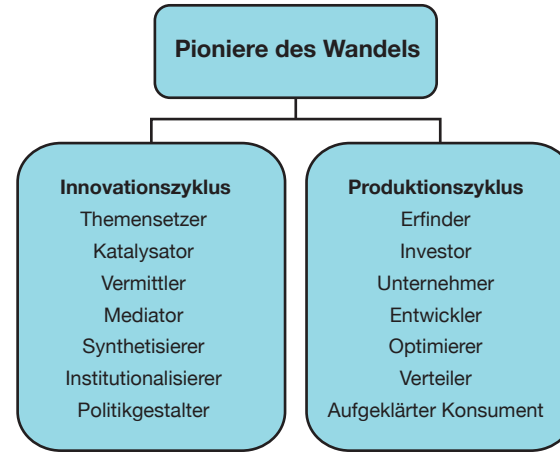


Abbildung 6.2-1
Typologie von Pionieren des Wandels.
Quelle: WBGU

Pioniere des Wandels typischen Elemente: Die aus sozialer Marginalität gewachsene Persönlichkeit, der auf Wandel und Innovation angelegte Zeitgeist, eine interdisziplinäre Wissensorganisation und günstige politische Gelegenheitsstrukturen. Als uneheliches Kind und Homosexueller musste Leonardo da Vinci um Anerkennung ringen und war zum kirchenfernen Häretiker prädestiniert. In den Stadtrepubliken von Mailand und Florenz, später durch den Vatikan und den französischen Hof, wurde Leonardo da Vinci gefördert, ohne seine intellektuelle Autonomie aufzugeben. In der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts, als der Buchdruck die Rezeption und Verbreitung der Entdeckungen der Wissenschaft und Weltreisenden beschleunigte und die Autorität der Kirche schwand, entstand eine Bereitschaft zum aktiv gesteuerten Wandel. Diese Gelegenheitsstrukturen (Leonardo da Vinci betonte häufig die Rolle des fruchtbaren, transitorischen Augenblicks) wurden gespiegelt und prozessiert in der zugleich generalistischen und assoziativen Denkweise Leonardo da Vincis, der als „apparatore" zugleich eine gute Performanz in der höfischen Gesellschaft seiner Zeit hatte. Leonardo da Vinci begriff die Malerei als „Spiegel des Universums"; ihn interessierten die Gesetzmäßigkeiten der göttlichen Natur, die er in assoziativen Verknüpfungen und diversen literarischen Formen zu erfassen suchte. Künstlerische, wissenschaftliche und technische Arbeiten fügten sich zu einem Universalprogramm und setzten zahlreiche Erfindungen frei.

In den italienischen Stadtrepubliken kam Innovation weniger durch individuelle Genies und eine rasche Orientierung auf (Markt-)Anwendung zustande als durch die assoziative und experimentelle Verknüpfung „guter Ideen" im dichten und zugleich flexiblen Resonanzraum der seinerzeit am stärksten urbanisierten Region Europas (und der Welt), die einen dramatischen Anstieg der Innovationsrate ermöglichte (Johnson, 2010). Eine ähnliche Innovationsgeschwindigkeit wurde im Rahmen der Industriellen Revolution erreicht, in deren Verlauf es nicht zuletzt um die Verbesserung der Ernährungssituation der Menschen ging, die aus dem Agrarsektor in die industrielle Fertigung und vom Land in die Stadt wechselten.

Ein prominentes Beispiel für einen Pionier des Wandels in dieser Zeit ist der 1803 in Darmstadt geborene Chemiker Justus Liebig. Er gilt als Begründer der Organischen Chemie, der Agrikulturchemie und der Ernährungsphysiologie und damit als eine der großen Wissenschaftlerpersönlichkeiten des 19. Jahrhunderts (Leggewie, 2003). Mit seiner Verknüpfung von Lehre, Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Produktentwicklung trug er in verschiedenen Rollen zum Übergang in die Industriegesellschaft bei. Liebig arbeitete vor allem an der Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktivität, nicht zuletzt weil er 1816 im „Jahr ohne Sommer" selbst eine verheerende Hungersnot erlebt hatte. Das praktische Ergebnis seiner Forschung war das „Superphosphat", das heute noch der weltweit meist verwendete Phosphatdünger ist. Durch diesen Dünger konnten die Ernte und die Nahrungsversorgung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erheblich gesteigert werden. Die Ernährung der Bevölkerung in modernen Industriegesellschaften wäre ohne Kenntnis der agrikulturchemischen Grundaussagen Liebigs nicht möglich gewesen. Liebig fasste seine Forschung in den beiden Büchern „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie" (kurz: „Agriculturchemie") und „Die Thierchemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie" zusammen, welche beide großes Aufsehen inner- und außerhalb der Wissenschaft erregten und in zahlreiche Sprachen übersetzt wurden (Liebig, 1840, 1842). Liebig war zudem unternehmerisch tätig und Mitbegründer der Bayerischen Aktiengesellschaft für chemische und landwirtschaftlich-chemische Fabrikate (BAG), welche unter anderem Namen noch heute existiert.

Die sozialwissenschaftliche Forschung bietet Hinweise darauf, dass tiefgreifender sozialer und kultureller Wandel häufig mit Generationswechseln einhergeht (Mannheim, 1964; Bude, 1987; Leggewie, 1995; Jureit, 2006; Inglehart, 2008). Bei solchen Umbrüchen vollzieht sich gewissermaßen auf der gesellschaftlichen Makroebene das, was aus Markt- und Diffusionsforschung hinreichend dokumentiert ist: Jüngere Gruppen zeigen eine größere Offenheit gegenüber Innovationen und zählen überdurchschnittlich häufig zu den frühen Übernehmern (early adopters) neuer Technologien. Zugleich zeigt die historische Forschung, dass kognitive und emotionale Diskrepanzen zwischen Alterskohorten, die sich zum Teil als Generationenkonflikte ausdrücken, soziale Bewegungen mobilisieren können (Elias, 1994).

Eine wichtige Frage ist, ob Akteure über ausreichend strategische Kompetenz verfügen bzw. in der Lage sind, sich mit anderen Pionieren des Wandels zusammenzuschließen, um Transformationsprozesse zu initiieren oder zu beschleunigen (Grin et al., 2010). Dies bedeutet, dass man sich nicht auf die Rolle technischer Experten, politisch-administrativer Entscheidungseliten, Manager, Unternehmer usw. beschränken darf, sondern auch andere Schlüsselgruppen, wie Konsumenten, kleinere kommunale Initiativen und informelle Netzwerke, genauer in den Blick nehmen muss. Pioniere des Wandels können demnach Individuen sein, die auf der Mikroebene als Leitfiguren und Rollenmodelle Reputation und Vertrauen gewinnen und auf der Mesoebene als überschaubare Gruppen (z. B. Lern-

und Arbeitsgemeinschaften, Vereinsmitglieder, Interessengruppen, Berufsverbände, ehrenamtliche Teams) zusammenwirken. Schließlich kommen Großorganisationen wie Unternehmen, politisch-administrative Einheiten von der lokalen bis zur supra- und transnationalen Ebene sowie weitere Zusammenschlüsse (u. a. bestimmter Berufsgruppen oder Mäzene) in Betracht. Entscheidendes Kriterium ist neben ihrer innovativen Kapazität und der Gemeinwohlorientierung die Fähigkeit, „Neues" zu kommunizieren und in den jeweiligen Kommunikationsräumen Identität und das Bewusstsein von Wirkungsmächtigkeit zu schaffen. Diese Kommunikationsräume erstrecken sich von der direkten interpersonalen Kommunikation bis zu grenzüberschreitenden Plattformen virtueller Kommunikation in sozialen und wissenschaftlichen Netzwerken. Aus dem Veränderungsmanagement (change management) sowie der Organisationsentwicklung ist zusätzlich bekannt, dass sogenannte weiche Faktoren wie soziales Verhalten und die Qualifikation, Prozesse gut gestalten zu können, zentral für den Erfolg von Veränderungsprozessen sind (Kristof, 2010).

Bereits in der evolutorische Ökonomik wird auf die Bedeutung von „Nischenmärkten" für die wirtschaftliche Entwicklung hingewiesen (Saviotti, 1996; Levinthal, 1998; Frenken et al., 1999). Auch die Transitionsforschung (Grin et al., 2010) geht davon aus, das Transformationsprozesse zumeist in Nischen beginnen, wo sie zunächst kleinräumig und nahezu unsichtbar sind. Diese Marginalität (Park, 1928) mag zu einer erheblichen (Selbst-)Unterschätzung ihrer Wirksamkeit geführt haben, doch die entscheidende Frage ist, wie anfangs für „verrückt" erklärte, isolierte, häufig von Minderheiten und vermeintlichen Außenseitern initiierte Innovationsimpulse im Erfolgsfall kulturelle Hegemonie erringen. Dabei spielt es eine Rolle, dass Pioniere des Wandels heute typischerweise in lokalen und überregionalen Initiativen, Nichtregierungsorganisationen usw. Rollenmodelle ausbilden, Einstellungs- und Verhaltensmuster in Aktionsmuster verwandeln und bei anderen Motivation zu schaffen vermögen.

Beispiele hierfür sind die „ansteckende" Proliferation der Ideen von Perestrojka und der „samtenen Revolution" in Ostmitteleuropa seit Mitte der 1980er Jahre. Sie haben zur größten politischen und kulturellen Revolution der jüngeren Vergangenheit und zur Öffnung des scheinbar unaufhebbaren Eisernen Vorhangs geführt. Sie waren dabei stets auf die Performanz einzelner Gruppen von Pionieren des Wandels und charismatischer Persönlichkeiten angewiesen.

Im Zusammenhang mit der wachsenden Bedeutung, die strategischem und/oder nachhaltigem Konsum zukommt, wird auch über den Einfluss kleinerer kommunaler Bewegungen (sogenannte Graswurzelinitiativen) diskutiert. Solche Initiativen existieren in verschiedenen Formen loser Zusammenschlüsse über gemeinnützige Vereine bis hin zu „sozialen Unternehmen". Der Vorteil von lokalen Akteuren ist, dass sie auf kontextgebundenes Wissen zurückgreifen können und verstehen, was unter den jeweiligen lokalen Besonderheiten funktioniert und was nicht. Dies entspricht der vielfach belegten Erkenntnis, dass „von oben" initiierte Veränderungsprozesse gerade deswegen häufig scheitern, weil sie das lokale Wissen unberücksichtigt lassen. Seine Berücksichtigung ist aber die Voraussetzung, um in einer spezifischen kulturellen und sozialen Umgebung erfolgreich zu sein (Scott, 1998).

6.3 Wo und wie Pioniere des Wandels bereits heute die Transformation gestalten

6.3.1 Pioniere des Wandels in unterschiedlichen Ebenen und sozialen Bereichen

Die bisher beschriebenen Pioniere des Wandels sollen nun durch Akteure aus einschlägigen Bedürfnisfeldern der Klima- und Nachhaltigkeitspolitik ergänzt werden. Hierbei werden die Beispiele im Auge behalten, da es auch Karrieren von Pionieren des Wandels gibt, die mehrere Transformationsbereiche durchlaufen, etwa von der Friedensstiftung, Integration oder Entwicklungszusammenarbeit in ökologische Felder. Ein Beispiel dafür ist das Islamische Forum Penzberg in Oberbayern, das zunächst durch seine einladende, offene Architektur als Musterbeispiel von Integration in einer multireligiösen Gemeinde galt, mit der Installation einer Solaranlage am Minarett aber auch eine ökologische Vorreiterrolle im Bereich von Sakralbauten übernommen hat (Merkur-Online, 08.07.2009). Ebenso werden Beispiele für Pioniere des Wandels angesprochen, die in „Metabereichen" der (welt-)gesellschaftlichen Lebenswelt für ein höheres Maß an Konvivialität (Illich, 1975), also für ein höheres Maß an Lebensgerechtigkeit des technischen Fortschritts, tätig und aus dieser Perspektive für Nachhaltigkeitsaspekte aufgeschlossen sind und mobilisierbar sein können. Beispielhaft sind hier Bewegungen, die ein „entschleunigtes" Zeitmanagement anregen (Slowfood: Entschleunigung durch langsames und genussvolles Essen; Kap. 6.3.2.4) und „freiwillige Einfachheit" (voluntary simplicity) propagieren (Küstenmacher und Seiwert, 2004). Auch Impulse für die Erhaltung und Förderung kultureller Vielfalt (etwa von Generationen und Religionen) sowie soziales Unternehmertum (social entrepreneurship) in

den Bereichen Bildung, Entwicklung und Armutsbekämpfung und Menschenrechtsschutz zählen dazu.

Pioniere des Wandels finden sich auf allen sozialen Ebenen und in verschiedenen Tätigkeitsfeldern: Beispielsweise bei thematisch fokussierten Umwelt- und Bürgerinitiativen und sozialen Protestbewegungen, in Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen (unter ihnen die Kirchen und Stiftungen), in der Wissenschaft sowie unter Ingenieuren, Stadtplanern und Architekten. Pioniere des Wandels finden sich auch in Berufsverbänden, die ihre Mitglieder zur Ablegung von (im übertragenen Sinne) „hippokratischen Eiden" veranlassen, von der Entwicklungszusammenarbeit über die Altenpflege bis zu anderen Aspekten ehrenamtlicher und privatwirtschaftlicher Betätigung. Bei den vom WBGU im Folgenden exemplarisch herausgestellten Pionieren des Wandels handelt es sich nach der oben vorgestellten Klassifikation um Einzelpersonen, Gruppen, Organisationen und Netzwerke privater und öffentlicher Art, die nachhaltige Initiativen in den in Kapitel 4 behandelten Bedürfnisfeldern entwickelt haben. Der WBGU nimmt im folgenden Kapitel also eine monothematische Engführung vor und beschränkt sich auf solche Initiativen, die in den Bereichen Energieversorgung, Mobilität, Stadtentwicklung sowie Landnutzung (Landwirtschaft, Ernährung und Waldschutz) tätig sind. Es handelt sich dabei um aus einer Fülle von nationalen und internationalen Beispielen herausgegriffene Initiativen, die hier weder ein besonderes Gütesiegel erhalten noch, vor allem im Fall privatwirtschaftlicher Einrichtungen, ausdrücklich empfohlen werden sollen. Beispiele für Pioniere des Wandels werden in den folgenden Abschnitten steckbriefartig vorgestellt. Bei den Feldern Energieversorgung und Mobilität sind sogenannte Bifurkationen eingebaut worden. Darunter sind Weggabelungen in dynamischen Systemen zu verstehen, die auf der einen Seite den bisher beschrittenen Wachstumspfad auf der Grundlage energetisch effizienterer und erneuerbarer Technologien fortsetzen, also etwa den bisher auf Verbrennungsmotoren beruhenden Individualverkehr auf der Grundlage von Elektromobilität fortführen, und auf der anderen Seite alternative Mobilitätspfade beschreiten, darunter etwa die Vermeidung von Individualverkehr. Diese Darstellung dient heuristischen Zwecken; in der Lebenswirklichkeit wird man es in der Regel eher mit gemischten individuellen Strategien und hybriden Kollektivlösungen zu tun haben. In Einzelfällen erfolgt auch ein Rückgriff auf historische Pioniere des Wandels, die bereits in der Vergangenheit einen entscheidenden Beitrag zur angestrebten Transformation leisteten.

In den Bereichen Urbanisierung und Landnutzung werden diese „Steckbriefe" in ein Narrativ eingebaut, das dem oben vorgestellten Innovations- bzw. Produktionszyklus entspricht (Kap. 6.2). Damit sollen Geschichten erzählt werden (Nünning und Nünning, 2002; Fuchs, 2009; Thier, 2010), die von einer frühen, anfangs meist marginalen Innovationsidee über erste Konkretisierungen und Vergemeinschaftungen (Weber, 1984) bis zur generellen Habitualisierung (Bourdieu, 1987; Elias, 1987; Veblen, 2007) reichen. Nicht alle „Rollen" aus dem Innovations- und Produktionszyklus sind in den jeweiligen Narrativen zu den Bereichen „Stadtentwicklung" und „Landnutzung" besetzt; in Abbildung 6.3-1 werden aber die konkreten Beispiele noch einmal als Synopse zusammengeführt.

6.3.2 Beispiele für erfolgreiche lokale Klima- und Nachhaltigkeitsinitiativen (Angebotsseite)

6.3.2.1 Energieversorgung

Die „Stromrebellen" aus Schönau im Schwarzwald bilden den auf den ersten Blick unwahrscheinlichen Fall einer ursprünglich privaten und kleinräumigen Initiative von Stromproduzenten, die vor der Liberalisierung des Strommarktes 1998 begann, mit den Mitteln der Wind- und Solarenergie, später der Kraft-Wärme-Kopplung und der Biomasse, selbst Energie zu produzieren. Die Kundenzahl hat sich innerhalb der letzten Jahre vervielfacht und inzwischen versorgen die Elektrizitätswerke Schönau (EWS) über 100.000 Privatkunden, Betriebe und Industrieunternehmen im ganzen Bundesgebiet mit Strom. Sie zählen damit zu den größten ökologischen Stromanbietern in Deutschland. Die EWS investieren ihre Gewinne in den Ausbau einer nachhaltigen Energieversorgung und fördern darüber hinaus mit Hilfe eines Anteils an ihrem Strompreis, dem „Sonnen-Cent", auf Antrag kleine Stromerzeugungsanlagen – also etwa Kraft-Wärme-Heizungen oder Biogasanlagen. Auf diese Weise konnten bis heute mehr als 3.000 kleine Ökokraftwerke installiert werden. Allein durch diese direkt geförderten Kraftwerke werden jährlich mehr als 10.000 t CO_2 eingespart. Aus einer kleinen lokalen Initiative nur einiger weniger Personen entwickelte sich binnen kurzer Zeit eine sozial, wirtschaftlich und energiepolitisch beeindruckende Dynamik, die immer mehr Akteure einbezog und einen Veränderungsimpuls mit wachsender Reichweite erzeugte (Leggewie und Welzer, 2009).

Ganz ähnlich operiert die Solarcomplex AG in Singen, die sich zum Ziel gesetzt hat, die Energieversorgung im Bodenseeraum bis zum Jahr 2030 vollständig auf erneuerbare Energien umzustellen. Die Solarcomplex AG wurde erst im Jahr 2000 von etwa 20 Bürgerin-

nen und Bürgern gegründet und begann 2001 mit der Installierung einiger Solaranlagen. Inzwischen hat die AG über 1.000 Gesellschafter sowie einen prominenten Beirat, dem Klima- und Energieforscher angehören, und betreibt einen umfangreichen Kraftwerkspark.

Die Staudinger Gesamtschule in Freiburg i. Br. begann 1999 damit, das Schulgebäude energetisch zu sanieren. Die dafür notwendigen Mittel wurden über ein „Contracting-Verfahren" eingeworben: Externe Kapitalgeber finanzieren die Möglichkeit, über gesteigerte Energieeffizienz jene Kosten einzusparen, die in den Folgejahren dann die Mittel liefern, das eingesetzte Kapital zu verzinsen und an die Investoren zurück zu zahlen. Dieses Verfahren hat nicht nur zahlreiche Nachahmer gefunden und zur Ausbreitung der soziotechnologischen Innovation des „Energy-Contracting" geführt, sondern auch zu anderen Rollenmodellen und Bildungskonzepten im Schulalltag (Leggewie und Welzer, 2009).

Solche Veränderungsinitiativen bewirken, dass die Akteure es (1) nach dem Erfolg ihrer Maßnahmen nicht auf der Einstiegsebene belassen, sondern umgehend weitere Felder suchen, auf die sich die gemachten Erfahrungen ausweiten lassen. Die konkrete Erfahrung einer Veränderbarkeit der Lebenswelt weckt oder verstärkt das Motiv, diese Lebenswelt weiter zu verändern. Zugleich wirken (2) Erfahrungen „eigener Wirkungsmächtigkeit" (Bandura, 1977) modellbildend und liefern Beispiele zur Nachahmung, mithin zur Ausbreitung der Wandlungsimpulse. Dies gelingt (3) dadurch, dass die Kommunikationsdichte bestehender Arbeits-, Lern- und Freizeitgemeinschaften genutzt wird und deren Normalkommunikation (über Arbeiten, Lernen und Freizeitgestaltung) episodisch für Gemeinwohlziele „aufgeladen" wird. Damit wachsen (4) lockere Netzwerke mit kollektiver Identität, die nach innen gemeinsame Gewohnheiten ausbilden („bei uns wird das so gemacht") und nach außen Distinktionsgewinne schafft („wir machen so etwas nicht (mehr)").

Die hier beschriebenen Initiativen von Pionieren des Wandels zum Auf- und Ausbau einer klimafreundlichen Energieversorgung wurden in der Regel erst ermöglicht bzw. befördert durch die Veränderung der regulatorischen Rahmensetzung, die anschaulich die Rolle des gestaltenden Staates (Kap. 5) im Transformationsprozess verdeutlicht. Das 1991 in Deutschland in Kraft getretene Stromeinspeisegesetz (StrEG) öffnete den Strommarkt für private Erzeuger regenerativen Stroms. Nach dem StrEG waren Energieversorger verpflichtet, den in ihren Versorgungsgebieten erzeugten Strom aus erneuerbaren Energiequellen abzunehmen und mit mindestens 90 % des Durchschnittserlöses aus dem Stromverkauf zu vergüten. Strom aus erneuerbaren Energiequellen, der zuvor als unwirtschaftlich galt (wie Strom aus Windkraftanlagen), wurde damit rentabel. Dabei wurden die öffentlichen Haushalte nicht belastet, sondern die durch das Gesetz entstehenden Kosten hatten die Elektrizitätsversorger und ihre Kunden zu tragen (Ohlhorst, 2009). Eine Besonderheit des StrEG bestand darin, dass es in einer alle Fraktionen umfassenden Koalition direkt aus dem Parlament initiiert wurde. Eine kleine Gruppe von Abgeordneten, von denen viele Mitglieder des Bundestagsausschusses für Forschung und Technologie waren, gelang es – mit tatkräftiger Unterstützung des neu gegründeten Bundesverbandes erneuerbarer Energien –, die Vorteile erneuerbarer Energien auf der politischen Agenda zu platzieren. Dazu zählte der forschungspolitische Sprecher der Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen, Wolfgang Daniels, der durch die Initiative den Atomausstieg voranbringen wollte, der Abgeordnete Matthias Engelsberger (CDU/CSU-Fraktion), selbst Betreiber eines Wasserkraftwerkes, sowie die beiden norddeutschen Abgeordneten Erich Maaß und Harry Peter Carstensen (ebenfalls CDU/CSU-Fraktion), die aus Wahlkreisen stammten, in denen Windkraftanlagen getestet wurden (Ohlhorst, 2009). In verschiedenen Gruppenanträgen wurden sie von rund 80 Abgeordneten aus allen im Bundestag vertretenen Fraktionen unterstützt. Das Gesetz wurde am 7. Dezember 1990 mit einer großen Mehrheit im Bundestag verabschiedet (Ohlhorst, 2009).

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2000 entwickelte das StrEG weiter. Anstatt sich am durchschnittlichen Strompreis zu orientieren gab es langfristige Festpreise für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien vor und differenzierte die Vergütung nach Sparte. Ein fester Vergütungssatz wurde nunmehr nicht nur für den Geltungszeitraum des Gesetzes, sondern auf 20 Jahre garantiert. Das Gesetz setzte damit starke Anreize in erneuerbare Energien zu investieren. Die Energieversorgungsunternehmen wurden verpflichtet, den regenerativ erzeugten Strom abzunehmen. Für die Betreiber von Windenergie und Photovoltaikanlagen entstand so eine hohe Investitions- und Planungssicherheit.

Beispiele für eine lokal initiierte Energiewende finden sich natürlich nicht nur in Deutschland: 1997 schrieb das dänische Energieministerium einen Wettbewerb aus, um eine Testregion auszuwählen, in der das Potenzial erneuerbarer Energien erprobt werden sollte. Ziel war es, die Testregion mittels frei verfügbarer Techniken und ohne staatliche Sonderhilfen binnen 10 Jahren CO_2-neutral zu gestalten. Die Insel Samsö gewann den Wettbewerb, nachdem ein Ingenieur vom Festland die Insel bei dem Wettbewerb angemeldet hatte. Er hatte den Strom- und Ölverbrauch der Insel analysiert und geprüft, wieviel Biomasse pro Jahr auf der

Insel wächst, wie stark der Wind weht und wie lange die Sonne scheint. Der Erfolg des Projektes war keineswegs vorhersehbar, weil es sich bei der Insel um eine arme, ländlich geprägte Region handelte, deren Bewohner relativ wenig Interesse am Klimaschutz hatten. Es wurde ein Verein zur Umsetzung des Projektes gegründet, dessen Sprecher Sören Hermansen vom Time Magazine 2008 zum „Helden der Umwelt" ernannt wurde. Er gewann 450 der insgesamt 4.000 Inselbewohner dafür, sich an dem Projekt zu beteiligen. Das Klimaprojekt sieht vor, dass die Inselbewohner durch (erhebliche) Eigeninvestitionen Windräder und mit Stroh betriebene Heizkraftwerke finanzieren. Es wurden zehn Offshore- und elf Onshore-Windkraftanlagen, drei zentrale Stroh-Fernwärmekraftwerke (nur mit Inselstroh betrieben) und ein Solar/Holz-Fernwärmekraftwerk errichtet. Da diese Anlagen nicht Großkonzernen, sondern den Inselbewohnern gehören und neue Beschäftigungs- sowie Investitionsmöglichkeiten entstehen, verbleiben Einkommen und Gewinne auf Samsö. Hermansen gab als Erfolgsgeheimnis aus: „Man darf nichts von oben nach unten machen. Alles muss den Leuten gehören, es muss ihr Projekt werden." Vor dem Klimaprojekt brachten Schiffe Heizöl auf die Insel, der Strom kam per Kabel. Der CO_2-Ausstoß lag bei elf Tonnen pro Kopf und Jahr. Bereits nach acht Jahren überstieg die Energieproduktion den lokalen Verbrauch, so dass die Insel mittlerweile zum Energieexporteur geworden ist. Allein der Autoverkehr auf der Insel produziert noch CO_2 und die Fähre zum Festland benötigt täglich 9.000 Liter Diesel. Rechnerisch ist Samsös Energieproduktion aber CO_2-frei, weil die Stromexporte die Ölimporte übersteigen. Geplant ist die Kopplung von Elektroautos mit der Stromerzeugung durch die Windräder, so dass die Batterien sich aufladen, wenn der Wind weht und bei Flaute Strom abgeben.

Der Mitgründer der indischen Photovoltaikfirma Selco India, Harish Hande, ist ein Beispiel für einen unternehmerisch tätigen Pionier des Wandels. Selco India verkauft kleine Photovoltaikanlagen für Haushalte in den ländlichen Gebieten Indiens. Das Unternehmen zeichnet sich dadurch aus, dass es seine Produkte ohne die Subventionen des Photovoltaikprogramms der indischen Regierung verkauft und zusätzlich Wartungsdienstleistungen anbietet. Die Unabhängigkeit von den Subventionen der indischen Regierung wird möglich, weil Hande den Verkauf der Solaranlagen mit der Möglichkeit zur Finanzierung des Kaufs über Mikrokredite koppelt. Bis jetzt hat Selco über 85.000 Haushalte in Indien mit auf Photovoltaikstrom basierenden Lichtquellen versorgt. Hande hat sein Geschäftsmodell als erster in Indien eingeführt und erfolgreich behauptet. Sein Konzept wird mittlerweile von verschiedenen multilateralen Organisationen finanziell unterstützt (UNEP, GEF) und hat eine Reihe von Nachahmern in Indien gefunden, die allerdings weniger erfolgreich waren als er. Die Firma Selco hat gezeigt, dass die Elektrifizierung des ländlichen Raums nicht notwendigerweise über direkte staatliche Subvention und staatliche Programme erfolgen muss. Diese Initiative hat weltweit die Diskussion über die verschiedenen Ansätze zur ländlichen Entwicklung in Gang gebracht. Hande ist für seine Tätigkeit mehrfach ausgezeichnet worden, u. a. als Social Entrepreneur of the Year 2007 von der indischen Nand & Jeet Khemka Foundation.

Beim Projekt „Desertec" (Solarstrom aus der Sahara) handelt es sich um ein internationales Vorhaben, das einen zentralen Baustein zur Umstellung der Energieversorgung in Europa auf erneuerbare Energieträger darstellen kann. Die Idee von Desertec besteht darin, in Gebieten mit besonders hoher Sonneneinstrahlung in wenig besiedelten Wüstenregionen solarthermische Kraftwerke mit geringem Ressourcenverbrauch und hohem Wirkungsgrad zu bauen und den daraus gewonnenen Strom an den jeweiligen Standorten für Entwicklung und Modernisierung zu nutzen sowie Überschüsse auszuführen. Durch Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung sollen nur geringe Übertragungsverluste entstehen. Konkretisiert wird die Idee in einer Kooperation der südlichen und nördlichen Anrainer des Mittelmeeres, wobei der Solarstrom im europäischen SuperSmart Grid mit Strom aus anderen erneuerbaren Energiequellen kombiniert werden kann. In den zumeist wenig entwickelten Erzeugerländern Nordafrikas, aber auch in Afrika südlich der Sahara kann das Projekt Arbeitsplätze schaffen und Einkommen generieren sowie langfristig die Möglichkeit einer CO_2-freien Meerwasserentsalzung und eine Verbesserung der industriellen und verkehrstechnischen Infrastruktur bieten. Erdacht wurde das Konzept von rund 60 Privatpersonen, die zum Teil dem Umkreis des Club of Rome entstammten und 2003 die Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation gründeten. 2008 wurde daraus die Desertec Foundation, 2009 wurde die Desertec Industrial Initiative (DII GmbH) gegründet, ein Konsortium von Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, das unterdessen Machbarkeitsstudien veranlasst hat. Zu den Gründungsmitgliedern der DII GmbH zählen außer der Münchener Rück die Deutsche Bank, Siemens, ABB, E.ON, RWE, Abengoa Solar, Cevital, HSH Nordbank, M+W Zander Holding, MAN Solar Millennium und Schott Solar. Funktionierende Pilotanlagen stehen in Spanien und weitere sind in Marokko, Algerien und Ägypten geplant. Obgleich das Projekt z. T. auch erhebliche Kritik auf sich zog, beispielsweise dass die Versorgungsunsicherheit im Fall einer möglichen Kartellbildung oder aufgrund sich ändernder politischer Konstellationen in den Mahgreb-

Kasten 6.3-1

Privatwirtschaftliche Pioniere des Wandels: Unternehmen und Investoren

Akteuren aus der Privatwirtschaft – insbesondere Herstellern umweltfreundlicher Technologien – kommt bei der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft eine Schlüsselrolle zu. Privatwirtschaftliche Pioniere des Wandels fördern und entwickeln betriebstechnische Innovationen, um mit besseren und neuen Produkten Marktanteile zu erhöhen und Gewinne zu erzielen. Dabei erfüllt dieser Typus von Pionieren des Wandels verschiedene Funktionen:

- Forschung und Entwicklung sowie Wissensgenerierung,
- Bereitstellung finanzieller und personeller Ressourcen,
- Initiierung selbsttragender Prozesse am Markt,
- Scharnierfunktion zwischen Forschung und Anwendung (Diffusion),
- Wahrnehmung gesellschaftlicher Verantwortung durch Unternehmen (Corporate Social Responsibility, CSR).

Als Pioniere des Wandels können Akteure aus verschiedenen Bereichen der Privatwirtschaft fungieren: In Unternehmen der verschiedensten Branchen finden sich Ingenieure und Techniker (insbesondere aus den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Elektromobilität), die für die Entwicklung neuer Technologien eine zentrale Rolle spielen. Die Versicherungswirtschaft hat sich – nicht zuletzt weil sie aus der Erderwärmung zunehmende finanzielle Belastungen erwartet – ebenfalls früh im Bereich des Klimaschutzes engagiert (Brunnengräber, 2009). Rückversicherer wie Swiss Re verbreiten Wissen über den Klimawandel und seine Folgen sowie den notwendigen Klimaschutz und treten als Investoren beim Aufbau eines erneuerbaren Energiesystems in Erscheinung: So ist die Münchener Rück eine der treibenden Kräfte innerhalb von Desertec. Im Rahmen der UNEP Financial Institutions Initiative engagieren sich Banken, Versicherer und Investmentfirmen. Auch Beratungsfirmen wie McKinsey fördern den Bewusstseinswandel im privatwirtschaftlichen Sektor und erarbeiten Lösungsvorschläge für die Ausrichtung einzelner Firmen und Unternehmen auf Klimaverträglichkeit (McKinsey, 2010). Metastudien (Rogers, 2003) haben aber auch gezeigt, dass privatwirtschaftlichen Pionieren des Wandels aufgrund ihrer Orientierung an Gewinninteressen per se nicht die gleiche Glaubwürdigkeit zugesprochen wird wie anderen Akteuren. Aus der Vermischung privatwirtschaftlicher und gemeinwohlorientierter Interessen können sich kognitive Diskrepanzen und Dissonanzen ergeben. Gleichwohl können privatwirtschaftliche Akteure zu den Pionieren des Wandels gerechnet werden, wenn sich in der Verfolgung ihrer Interessen eine Gemeinwohlorientierung erkennen lässt und sich dabei hinreichend materielle Effekte für eine nachhaltige Wirtschaftsweise ergeben.

Staaten bedroht sei, und privatwirtschaftliche Pioniere des Wandels mitunter eine ambivalente Rolle in Transformationsprozessen einnehmen (Kasten 6.3-1), wäre die Realisierung ohne Frage ein zentraler Baustein auf dem Weg zur Vollversorgung Europas (und gegebenenfalls auch in Teilen Afrikas) mit erneuerbaren Energien.

6.3.2.2 Mobilität

Der Aufbau eines nachhaltigen und klimafreundlichen Verkehrs- und Mobilitätssystems kann aus Sicht des WBGU auf verschiedenen Wegen erfolgen, bei denen einzelnen Elementen – wie der Forcierung der Elektromobilität oder dem Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) – eine unterschiedliche Bedeutung zukommen kann (Kap. 6.3.1). Zudem müssen sich Konzepte für nachhaltige Mobilität an bestehenden Infrastrukturen und Gewohnheiten vor Ort orientieren, die sich in unterschiedlichen Ländern und Regionen zum Teil stark unterscheiden. In den verschiedensten Mobilitätsbereichen bzw. bei unterschiedlichen Transportmitteln und -typen arbeiten aber heute bereits Pioniere des Wandels am Ziel klimaverträglicher, nachhaltiger Entwicklung.

Bereits im 19. Jahrhundert wurden die Grundlagen für die Entwicklung der Elektromobilität gelegt. So entdeckte im Jahr 1821 der englische Physiker Michael Faraday (1791–1867) die elektromagnetische Rotation und damit ein Verfahren, elektrische Energie in mechanische Energie umzuwandeln. Auf der Internationalen Elektrizitätsausstellung 1881 in Paris stellte der französische Ingenieur Gustave Trouvé das erste fahrtaugliche Elektromobil vor. In den Folgejahren erlebten Elektroautos eine große Blütezeit, da sie im Hinblick auf ihren Wirkungsgrad Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren überlegen waren. Im Jahr 1900 präsentierte Ferdinand Porsche auf der Weltausstellung in Paris ein Elektromobil und zur selben Zeit waren in den USA 38 % der Automobile Elektrowagen (im Vergleich zu 40 % Dampfwagen und 22 % Benzinwagen). In New York belief sich der Anteil von Elektroautos an den Automobilen sogar auf 50 %. Im Jahr 1912 bauten weltweit 20 Hersteller 33.842 Elektroautos (Möser, 2002).

Mit der Erfindung elektrischer Anlasser für Verbrennungsmotoren und aufgrund der Verfügbarkeit billigen Öls setzten sich verbrennungsmotorbetriebene Kraftfahrzeuge gegenüber ihrer elektrischen Konkurrenz jedoch schrittweise durch. Ihr zentraler Vorteil gegenüber den Elektromobilen mit ihren schweren Akkus und langen Ladezeiten bestand darin, auch für den Gebrauch auf langen Strecken geeignet zu sein. Seit den 1940er Jahren fanden Elektroautos daher nur noch in Nischen des Transportsektors Verwendung. Sogenannte Golfbuggys waren die ersten für den Verbraucher auf Massenbasis hergestellten Elektrofahrzeuge. Seit den 1990er Jahren erleben Elektrofahrzeuge eine Renaissance. Auslöser hierfür waren neben dem wachsenden Umweltbewusstsein in der Bevölke-

rung die Ölkrise und stark fluktuierende Ölpreise aufgrund von Spannungen und Konflikten im Mittleren Osten. Unterstützt wurde diese Entwicklung durch Fortschritte in der Speichertechnologie. Seither nehmen die Forschungsanstrengungen auf dem Gebiet der Elektromobilität wieder stark zu. Besonders engagieren sich hierbei neben Wissenschaftlern eine ganze Reihe von Automobilherstellern. Allein in den Jahren 2009 und 2010 sind in verschiedenen Ländern mehr als zehn verschiedene Modelle von unterschiedlichen Herstellern auf den Markt gekommen. Der serienmäßig gefertigte Roadster der kalifornischen Firma „Tesla Motors" zählt aktuell zu den technisch am weitesten entwickelten Modellen: Der Roadster verfügt über eine Reichweite von ca. 320 km und die Aufladezeit des Akkus ist mit 3,5 Stunden vergleichsweise gering.

Trotz dieser Erfolge und der großen Medienaufmerksamkeit für das Thema ist der Markt für Elektroautos gegenwärtig noch sehr klein. In Deutschland waren von den 3,8 Mio. neu zugelassenen Pkw im Jahr 2009 nur 162 Elektroautos. Insgesamt sind 1.588 solcher Fahrzeuge in Deutschland für den Straßenverkehr zugelassen (KBA, 2010). Daher ist es wichtig, dass dieser Wandel durch die Politik aktiv begleitet und finanziell unterstützt wird: Für den Zeitraum von 2005 bis 2013 stellt die deutsche Bundesregierung dafür insgesamt 700 Mio. € zur Verfügung. Der „Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität" der Bundesregierung sieht vor, bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße zu bringen. Dazu werden Forschung und Entwicklung gefördert (Energiespeicher, Fahrzeugtechnik und Netzintegration), Rahmenbedingungen verbessert (Ausbildung entsprechenden Fachpersonals) sowie die Markteinführung unterstützt.

Die gemeinsame Nutzung von Kraftfahrzeugen (Car Sharing), zählt neben der Elektromobilität zu den Schlüsselelementen zukünftiger Mobilitätskonzepte. Die Deutsche Bahn baut aktuell ein Konzept aus, das beide Elemente integriert. So sollen bis 2011 10% ihrer Leihwagen elektrisch betrieben werden. Die vergleichsweise geringe Reichweite von Elektromobilen stellt im Konzept der Bahn kein Problem dar, da die Fahrzeuge nur zur Verlängerung von Reisen in Ballungsräumen dienen sollen. Längere Strecken sollen die Kunden mit dem Zug zurücklegen. Gestützt wird der Trend durch den rückläufigen Besitz von Autos bei jungen Großstädtern und die wachsende Bereitschaft, die Pkw-Nutzung aus Klimaschutzgründen einzuschränken (Albert et al., 2010). Gegenwärtig ist die Kurzmiete von Autos in Deutschland noch ein Nischenmarkt mit weniger als 170.000 Nutzern (Financial Times Deutschland, 17.08.2010). Nach Analysen der Beratungsfirma Frost und Sullivan dürfte sich die Zahl der Nutzer von Car Sharing bis 2016 aber auf fast 1,1 Mio. versiebenfachen. Bei stärkerer politischer Unterstützung rechnet die Beratungsfirma sogar mit einem Zuwachs an Nutzern auf 2,1 Mio. in den nächsten fünf Jahren. Für Europa geht die Unternehmensberatung davon aus, dass sich bis 2016 5,5 Mio. Nutzer rund 77.000 Fahrzeuge teilen werden (Frost & Sullivan, 2010). In Europa besonders engagiert ist Frankreich; dort unterstützt die Regierung unter Berufung auf den Erfolg der Pariser Car-Sharing-Initiative Autolib den Ausbau von Car Sharing und setzt dabei insbesondere auf die Einbeziehung von Elektroautos. Aktuell bieten auch bereits über 270 deutsche Städte die Möglichkeit des Car Sharing an. Der Konzern Daimler erprobt beispielsweise unter dem Namen Car2Go zurzeit ein Car-Sharing-Modell in Ulm: In der Stadt stehen an zahlreichen Orten Fahrzeuge der Marke Smart für registrierte Nutzer zur Verfügung. Von den 170.000 Einwohnern Ulms sind bereits knapp 20.000 registriert (Financial Times Deutschland, 17.8.2010). Die Bahn ist auch in anderen Ländern (Schweiz, Niederlande) als großer Car-Sharing-Anbieter aktiv. Zudem vermietet sie unter der Marke Call a Bike insgesamt 6.000 Fahrräder in Deutschland. Im Jahr 2010 ist das Car- und Bike-Sharing-Angebot der Deutschen Bahn in der Kategorie „Nachhaltige Mobilitätskonzepte" mit dem bayerischen Staatspreis für Elektromobilität ausgezeichnet worden.

Neben der Entwicklung integrierter Verkehrskonzepte unter Einbeziehung von Elektromobilität kommt dem ÖPNV ein zentraler Stellenwert für die Entwicklung nachhaltiger Mobilitätskonzepte zu, insbesondere im Bereich der städtischen Mobilität. Gelänge es, den Anteil des ÖPNV in Deutschland bis zum Jahr 2020 zulasten der Automobilität zu verdoppeln, ließen sich nach den Berechnungen des Umweltbundesamtes jährlich 2,5 Mio. t CO_2 einsparen (UBA, 2010). Dies kann nur gelingen, wenn der ÖPNV für breite Teile der Bevölkerung attraktiver wird. Dazu müssten die Fahrtenfrequenz erhöht, die Fahrpreise reduziert sowie eine sichere und saubere Infrastruktur bereitgestellt werden. Als besonders erfolgreich können die Bemühungen der belgischen Stadt Hasselt gelten, die auf Initiative ihres Bürgermeisters Steve Stevaert bereits 1996 einen gebührenfreien öffentlichen Nahverkehr einführte (van Goeverden et al., 2006). Dazu wurde das lokale Bussystem stark ausgebaut, Einkaufsstraßen für den Verkehr gesperrt, Parkplätze abgeschafft sowie Parkgebühren eingeführt bzw. erhöht. Seither hat sich die Zahl der ÖPNV-Nutzer in Hasselt mehr als verzehnfacht (von etwas mehr als 300.000 im Jahr 1996 auf mehr als 4 Mio. 2006). Zudem wird über positive Effekte auf das weitere Stadtleben (wie eine Belebung der lokalen Wirtschaft) berichtet. Das Projekt in Hasselt wurde unter Verkehrs- und Stadtplanern bekannt und fand Nachahmer bei einer heute immer noch kleinen,

aber weltweit wachsenden Anzahl von Städten, die ÖPNV zum Nulltarif anbieten (z.B. Aubagne, Frankreich; Hawaii, USA; Lübben und Templin, Deutschland; Manises, Spanien; Vero Beach, USA).

In Deutschland ist die Hälfte aller Pkw-Fahrten kürzer als fünf Kilometer. Im Jahr 2005 wurden hierdurch über 14 Mio. t CO_2 emittiert. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes ließen sich im Jahr 2020 5,8 Mio. t CO_2 einsparen, wenn bis dahin die Hälfte dieser Strecken mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurück gelegt würden (UBA, 2010). Städte, Universitäten und Nichtregierungsorganisationen haben in den vergangenen Jahren damit begonnen, kostenfreie Fahrradwartungsdienste anzubieten bzw. zu fördern, um so zur Fahrradnutzung zu animieren und die Verkehrssicherheit für Fahrradfahrer zu erhöhen. So führt der Allgemeine Deutsche Fahrrad-Club (ADFC) seit einigen Jahren an verschiedenen Standorten in Berlin einen sogenannten Herbstcheck durch. Größere Mängel werden aufgelistet und Informationen über Werkstätten und Reparatur weitergegeben. Die Aktion wurde von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Verkehrslenkung Berlin unterstützt (ADFC, 2010). Neben dieser praktischen Maßnahme zur Förderung des Fahrradverkehrs besteht die Hauptfunktion des ADFC darin, sich für die Belange von Fahrradfahrern bei Politik und Verwaltung einzusetzen und sich für eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für Fahrradmobilität in Deutschland zu engagieren. In Städten wie San Fransisco und Wien können Fahrradfahrer in sogenannten „Bikekitchen" Fahrräder unentgeltlich reparieren. Dabei handelt es sich um Selbsthilfewerkstätten, die Werkzeug und Materialien zur Verfügung stellen und bei den Reparaturen Hilfestellungen leisten. Die Bikekitchen in Wien zeichnet zudem aus, dass sie mit ihrem Angebot insbesondere Migrantinnen und Migranten sowie sozial benachteiligte Gruppen anspricht und ihre Serviceleistung auch mit einem politischen Engagement (wie der Förderung der Fahrradkultur) verbindet.

Während sich für Kurzstrecken relativ einfach klimafreundliche Alternativen finden lassen, steht für den Flugverkehr aktuell noch kein technischer Ersatz bereit. Der internationale Luftverkehrsverband IATA, der 230 Airlines und 93 % des internationalen Flugverkehrs repräsentiert, hat sich dennoch das ambitionierte Ziel gesetzt, ab 2020 CO_2-neutral zu wachsen und trotz starken Zuwachses die Emissionen bis 2050 auf die Hälfte des Wertes von 2005 zu reduzieren (Tagesspiegel, 30.11.2010). Für die Realisierung dieses Vorhabens spielen Biokraftstoffe eine zentrale Rolle. Als weltweit erste Fluggesellschaft testet die Deutsche Lufthansa den Einsatz klimafreundlicher Biokraftstoffe bei einem Langzeitversuch im regulären Liniendienst auf der Strecke Hamburg-Frankfurt. Der Test beginnt im April 2011 und soll über sechs Monate laufen, um mögliche Auswirkungen auf das Triebwerk zu prüfen. Die Universität Hamburg-Harburg und die TU München begleiten das Projekt. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt geht davon aus, dass bei der Verbrennung deutlich weniger Rußpartikel gebildet werden. Zudem ist Biokraftstoff leichter als Kerosin. Mit diesem Projekt können bis zu 1.500 t CO_2 gespart werden.

Hauptproblem für den vollständigen Ersatz von fossilen Brennstoffen durch nachwachsende Biokraftstoffe bleibt die Beschaffung ausreichender Mengen. Auch wenn der Treibstoff aus Pflanzen gewonnen wird, die sich nicht als Nahrung eignen, besteht die Gefahr, dass eine Konkurrenz um Anbauflächen entsteht (WBGU, 2009a). Als mögliche Alternative für den interkontinentalen Flugverkehr wird die Anwendung der Magnetschwebetechnik in einem Vakuumtunnel diskutiert. Durch das Herauspumpen von Luft ließe sich der Luftwiderstand reduzieren und ein Fahrzeug, das sich in einem solchen Tunnel bewegt, könnte bei gleichem Energieaufwand höhere Geschwindigkeiten erzielen. Bereits in den 1970er Jahren entwickelte der Ingenieur Robert F. Salter von der Rand Cooperation ein Transportkonzept für Hochgeschwindigkeitsbahnen in Vakuumtunneln, sogenannte Vactrains. Aktuell läuft unter dem Namen „Swissmetro" ein Projekt, das den Einsatz von Magnetschwebebahnen im Vakuumtunnel für den Verkehr zwischen Schweizer Städten vorsieht. Die Fahrzeit für eine zirka 100 km lange Strecke von Bern nach Zürich ließe sich auf 12 Minuten reduzieren. Seit 2004 laufen an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne und bei der Stiftung Numexia mehrere Testphasen zu dem Projekt. Zusätzlich wird nach Industriepartnern zur Bildung eines Konsortiums gesucht, welches das Transportsystem Swissmetro ausarbeitet und eine erste Probestrecke realisiert.

Die hier genannten Fallbeispiele aus dem Mobilitätssektor decken bewusst eine breite Spannbreite von Pionieren des Wandels ab: Von international operierenden und am Gewinn orientierten Konzernen wie der Deutschen Bahn über Kommunen wie Hasselt bis zu lokal und aktionsorientierten Vereinen wie Bikekitchen. Die Auswahl hätte auch anders ausfallen können und die Aufzählung ließe sich leicht fortsetzen, da insbesondere im Mobilitätsbereich eine Vielzahl und Vielfalt von Akteuren an der Etablierung klimafreundlicher und nachhaltiger Mobilitätsformen arbeitet. Angebote wie die des Netzwerks EMBARQ, das im Auftrag des World Resources Institute Informationen zu nachhaltigen Transportsystemen anbietet, sind hier zur Orientierung von zentraler Bedeutung.

6.3.2.3 Stadtentwicklung: Pioniere des Wandels für eine nachhaltige Urbanisierung

Entsprechend der beschriebenen Typologie (Kap. 6.2) können Pioniere des Wandels im Transformationsprozess verschiedene Funktionen einnehmen. Am Beispiel des Feldes Urbanisierung bzw. nachhaltigem Bauen und Wohnen lässt sich dies exemplarisch veranschaulichen. Auch hier ist zu beobachten, dass einzelne Pioniere verschiedene der analytisch getrennten Rollen gleichzeitig ausfüllen können.

Die Vision der nachhaltigen Stadt wurde im 20. Jahrhundert maßgeblich durch den Architekten, Designer, Konstrukteur, Entwickler und Schriftsteller Buckminster Fuller (1895–1983) geprägt. Aus einer wohlhabenden Händlerfamilie stammend begann er 1912 in Harvard zu studieren, flog von der Universität und wurde Marinesoldat und eine „verkrachte Existenz". 1927 kam es zu einer biografischen Wende: Fuller wollte experimentell herausfinden, was eine einzelne Person dazu beitragen kann, die Welt zum allgemeinen Nutzen zu verändern und dokumentierte diesen Selbsterfahrungsprozess 50 Jahre lang in einem Tagebuch. Fuller interessierten globale und kosmische Sichtweisen („Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde") und die „Integralfunktion des Menschen im Universum". Fuller war nicht nur Pionier bei der Formulierung der Idee einer nachhaltigen Urbanisierung, er betätigte sich auch als Erfinder und Entwickler: Um den „kosmischen Bankrott" abzuwenden wollte er Instrumente und Techniken nachhaltiger Entwicklung bereitstellen. Als Architekt wurde er bekannt durch neuartige Gebäudekonzepte, die unter dem Namen Dymaxion (Dymaxion-Globus) patentiert und vermarktet wurden. Markenzeichen Fullers waren die Domes genannten geodätischen Kuppeln; die bekannteste ist die „Biosphère", der Ausstellungspavillon der Vereinigten Staaten auf der Weltausstellung 1967 in Montreal. Die Konstruktion der Domes basiert auf einer Weiterentwicklung einfacher geometrischer Grundkörper (Tetraeder als 3-Simplex, Oktaeder und dichteste Kugelpackungen), die extrem stabil sind und mit geringem Materialaufwand hergestellt werden können. Fuller inspiriert mit seinen Arbeiten Architekten, Stadtplaner und Künstler bis heute.

Heute arbeitet weltweit eine Vielzahl von Ingenieuren und Architekten an der Entwicklung von Technologien und Materialien für nachhaltiges Bauen bzw. an nachhaltiger Stadtentwicklung. Ein Beispiel ist das Plus-Energie-Haus, das im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau" des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) von Studenten und dem Ingenieur Manfred Hegger von der Technischen Universität Darmstadt in Zusammenarbeit mit dem US-amerikanischen Programm Solar Decathlon entwickelt wurde. Ein Plus-Energie-Haus erzeugt mehr Energie als es für Heizen und Kühlen verbraucht. Die Überschüsse werden zum Beispiel für Haushaltsgeräte oder ein Elektroauto genutzt oder ins Stromnetz eingespeist. Das Haus verbindet die Eckpfeiler nachhaltigen Bauens und Wohnens wie Energie- und Materialeffizienz (durch Verwendung erneuerbarer Baumaterialien, Recycling usw.) mit Wohnkomfort und ästhetischer Formgebung. Im Rahmen einer Wanderausstellung durch deutsche Großstädte zwischen 2009 bis 2011 wird der deutschen Öffentlichkeit ein prototypisches Plus-Energie-Haus vorgestellt, um beispielhaft über Aspekte des energiesparenden und nachhaltigen Bauens zu informieren. Dieses Haus entstand im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau".

Transformative Veränderungen, die von Visionären wie Buckminster Fuller und Pionieringenieuren wie Manfred Hegger und seinem Team angestoßen wurden, erlangen durch Initiativen wie dem Klima-Manifest „Vernunft für die Welt" eine Breitenwirkung. Dieses „Manifest der Architekten, Ingenieure und Stadtplaner für eine zukunftsfähige Architektur und Ingenieurbaukunst" wurde im Jahr 2009 formuliert (DAI, 2009). In der Präambel des Manifestes heißt es: „Mit nachhaltiger Architektur und Ingenieurbaukunst können und wollen wir einen entscheidenden Baustein zum notwendigen Wandel in der Nutzung unserer natürlichen Ressourcen liefern". Das Klima-Manifest, über dessen Umsetzung regelmäßig öffentlich berichtet werden soll, ist eine der umfassendsten Selbstverpflichtungen, die eine Berufsgruppe vorgenommen und politischen Entscheidungsträgern angetragen hat. Architekten, Landschaftsplaner und Bauingenieure machen deutlich, dass sie nicht nur einzelne Bauwerke entwerfen und schaffen, sondern die energetische Ausstattung jedes Wohnhauses, jedes Bürogebäudes und jeder Fabrikhalle darüber entscheidet, wieviel Treibhausgase emittiert werden. Auch die Lage von Gebäuden ist entscheidend dafür, wie mobil Menschen und Güter sein müssen oder ob Mobilitätsbedarf reduziert werden kann. Zudem macht Bauschutt rund zwei Drittel aller Abfälle aus. Wenn also ein großer Teil des Klimaproblems durch Architektur und Städtebau verursacht wird, so das Manifest, wird ein guter Teil auf diesem Feld zu lösen sein. Dem Paradigmenwechsel folgen praktische Verbesserungen bei Belichtung und Verschattung, Kühlung, Beheizung und Dämmung, bei Baumaterialien, Raumaufteilung und vielem anderem mehr. Nachhaltigkeit des Bauens fließt in die Aus- und Fortbildung ein, Stararchitekten werden Rollenmodelle grünen Bauens in aller Welt. Gesetze und Zertifizierungen tun ein Übriges, um energieeffiziente und klimafreundliche Architektur aus der Ökonische herauszuholen und sie, so die Hoffnung des Manifests, „Mainstream" werden zu lassen.

Für die Realisierung von Prinzipien und Vorhaben, wie sie im Klima-Manifest formuliert werden, bedarf es Unternehmen wie dem bayerischen Traditionsbetrieb Baufritz, der CO_2-neutrale Häuser aus biologischen Baustoffen errichtet. Damit zeigt die Baufirma, wie nachhaltiges Bauen bereits heute möglich ist und trägt zur Veränderung der gesellschaftlichen Praxis bei. Baufritz fertigte im Jahr 2009 ca. 200 Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser, die nach eigenen Angaben mehr als 10.000 t CO_2 binden, aber auch ganze Siedlungen, Kindergärten, Schulen, Hotelanlagen, Feriendörfer und Gewerbebauten. Als Vorreiter hilft das Unternehmen, die Transformation praktisch umzusetzen und demonstriert Machbarkeit. Im Jahr 2009 wurde Baufritz mit dem deutschen Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet.

Der erste klimaneutrale Supermarkt wurde von der Tengelmann-Gruppe errichtet. Er gilt als Leuchtturm im deutschen Lebensmitteleinzelhandel, der deutlich zeigt, dass man ein modernes Supermarktkonzept mit 50% weniger Energie und ganz ohne CO_2-Emissionen betreiben kann. Für dieses Pilotprojekt wurde ein Energieeffizienzkonzept entwickelt, das viele Einzelmaßnahmen umfasst und wofür teilweise eigene Neuentwicklungen erdacht werden mussten. Einige davon sind bereits seit Jahren auf dem Markt, andere dagegen wurden eigens für dieses Pilotprojekt entwickelt oder optimiert.

Pilotprojekte ganz anderen Ausmaßes sind der (Neu-)Bau CO_2-neutraler Städte, die auf dem Reißbrett geplant werden, wie dies bei Masdar City oder den chinesischen Städten Dongtan und Linglang der Fall ist. Zur Realisierung solcher Initiativen bedarf es potenter Investoren. Die Umsetzung ermöglicht die Entwicklung, Erprobung und Verbreitung von Nachhaltigkeitslösungen bei der Stadtentwicklung und in den Bereichen Bauen, Wohnen und Mobilität. Bauherr von Masdar City ist das Emirat Abu Dhabi, welches mit dem Projekt für die Zeit nach Erschöpfung der lokalen Erdöl- und Ergasvorräte vorsorgen möchte. Die Bauarbeiten an Masdar City, das auch Sitz der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) sein wird, begannen bereits im Jahr 2008, die Fertigstellung ist für das Jahr 2020 vorgesehen. Das arabische Wort „Masdar" bedeutet „Ausgangspunkt", „Quelle" und wird auch für „Energiequelle" verwendet. Auf einer Fläche von sechs Quadratkilometern sollen etwa 40.000 Einwohner und rund 1.500 Firmen und Institute aus Ökologie- und Nachhaltigkeitsbranchen angesiedelt werden. Die „CO_2-neutrale Wissenschaftsstadt" Masdar soll vollständig durch erneuerbare Energien versorgt werden: Neben solarthermischen Kraftwerken sollen Windkraftanlagen zum Einsatz kommen und Pumpen die kühle Luft aus tieferen Erdschichten in die Häuser befördern. Die Wasserversorgung soll durch solarbetriebene Entsalzungsanlagen gesichert werden. Für den Transport in Masdar City sind lediglich Elektromobile vorgesehen und durch konsequentes Recycling soll die Stadt zudem nahezu abfallfrei werden.

Im Ruhrgebiet haben sich in der Initiative „InnovationCity Ruhr" (ICR) mehr als 60 führende, überwiegend traditionelle und energieintensive Großunternehmen zusammen geschlossen, um als Investoren in erneuerbare Energie und Energieeinspartechnik das Ruhrgebiet als ökologische Modellregion der Zukunft zu entwickeln. Unter dem Motto „Blauer Himmel, grüne Stadt" soll ein ganzes Stadtquartier mit über 50.000 Einwohnern beispielhaft zur Niedrigenergiestadt umgebaut werden. Bis 2020 sollen im Pilotgebiet die CO_2-Emissionen gegenüber 2010 um die Hälfte sinken. Dafür muss der Gebäudebestand nahezu komplett saniert werden. Neubauten mit Passiv- und Plusenergiestandard müssen entstehen. Innovative Technologien wie Wärmepumpen und Solaranlagen müssen Anwendung finden und neuartige Verkehrssysteme wie Elektroautos und -busse für umweltfreundliche Mobilität und eine Verbesserung der städtischen Lebensqualität müssen bereit stehen. 2010 wurde der Wettbewerb um die Klimastadt der Zukunft ausgeschrieben. Aus 16 Bewerbern, von denen fünf Städte (Bochum, Bottrop, Essen, Mülheim an der Ruhr und Gelsenkirchen/Herten) die Endrunde erreichten, setzte sich die Stadt Bottrop durch, die mit einem Konzept für den energetischen Stadtumbau und breite Bürgermobilisierung überzeugte. Da andere Städte ähnliche Konzepte entwickelt hatten und diese mit begrenzten Mitteln eigenständig vorantreiben wollen, ist zu erwarten, dass das Ruhrgebiet ein Modell für Klimaschutz und für die Energiewende in ganz Deutschland und Europa werden kann. InnovationCity Ruhr versteht sich als „Leuchtturmprojekt und zugleich als Impulsgeber", um auch in anderen Ruhrgebietskommunen energieeffiziente Unternehmungen zu generieren. Das Projekt ist bisher unterfinanziert und in der breiten Öffentlichkeit kaum diskutiert, also eher ein Versprechen als ein Masterplan, gleichwohl ist es von seiner Bedeutung nicht zu unterschätzen: Denn es macht einen gewaltigen Unterschied, ob man auch das Ruhrgebiet in seiner faktischen wie symbolischen Qualität als klassischer Industriestandort in den Blick nimmt oder sich ein nationales und europäisches Energiewendekonzept nur auf „grüne" Pioniere wie Tübingen oder Freiburg stützt. Was das Projekt im Vergleich zu anderen Klima- und Nachhaltigkeitsinitiativen so einschlägig macht, ist die Umsetzung in einer seit Jahrhunderten von der Kohleförderung lebenden Region mit weiterhin vorhandener Industriesubstanz sowie dem auf Automobilität basierenden Verkehrssystem. Eine Transformation in Richtung Nachhaltigkeit in einer überschaubaren Universitätsstadt mit hohem Fahrradfahreranteil oder auf dem Reißbrett mit aus-

reichend Investitionskapital (wie bei Masdar City) ist nicht nur vergleichsweise einfach, sondern kann auch kaum als Modell für andere Industrieregionen dienen. InnovationCity Ruhr stellt auch ein echtes Reindustrialisierungskonzept dar, das auf eine ziemlich radikale und für Lebens- wie Arbeits- und Produktionsstile konsequenzreiche Transformation in Richtung auf eine nachhaltige Metropolenökonomie und -gesellschaft setzt (Engel et al., 2011).

Für das Gelingen der Transformation in eine klimafreundliche Gesellschaft reichen Pilotprojekte und erfolgreiche Einzelbeispiele nicht aus. Darüber hinaus ist erforderlich, dass eine nachhaltige soziale Praxis mittelfristig institutionell verankert wird. Die Universitätsstadt Marburg ist hierbei mit gutem Beispiel voran gegangen: Die Stadt hatte im Jahr 2008 eine sogenannte Solarsatzung erlassen, die Bauherren verpflichtete, bei der Errichtung, Erweiterung oder Änderung beheizter Gebäude solarthermische Anlagen zu errichten und zu betreiben. Zweck dieser Satzung war es, im Interesse des Wohls der Allgemeinheit die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere das Klima und die Ressourcen, durch örtlich ansetzende und örtlich wirkende Maßnahmen für die effiziente Verwendung von Energie, insbesondere im Wege der Nutzung solarer Strahlungsenergie, zu schützen. Damit war die Marburger Solarsatzung deutschlandweit einzigartig. Gleichwohl erklärte das Verwaltungsgericht Gießen diese Satzung 2010 für unwirksam, weil einerseits der Vorrang bundesgesetzlicher Normen im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz für Neubauten nicht berücksichtigt worden sei, so dass keine Kompetenz zur Regelung einer Solarpflicht bestand. Andererseits wurde die konkrete Ausgestaltung einzelner Regelungen bemängelt, wie das Fehlen schonender Übergangszeiten sowie die Nichtberücksichtigung des verfassungsrechtlichen Vertrauens- und Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes bei der Einbeziehung einiger Gebäude. Im Grundsatz würdigte das Verwaltungsgericht jedoch die großen Bemühungen der Stadt Marburg, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Indem das Verwaltungsgericht zusätzlich betonte, dass Gemeinden nach der hessischen Landesbauordnung auch zum Erlass entsprechender Solarsatzungen grundsätzlich ermächtigt sind, ist davon auszugehen, dass eine Satzung, die die oben genannten Kritikpunkte berücksichtigt zulässig wäre.

Bürgermeister und Verwaltungschefs von Städten aus allen Teilen der Welt haben sich in verschiedenen Netzwerken zusammengeschlossen, um sich gemeinsam für die Minderung von Treibhausgasen und eine nachhaltige Urbanisierung einzusetzen. Mehr als 50 Mitglieder zählt aktuell der sogenannte World Mayors Council on Climate Change, der 2005, kurz nach Inkrafttreten des Kioto-Protokolls, vom Bürgermeister der japanischen Stadt Kioto, Yorikane Masumoto, gegründet wurde. Ziel des Netzwerkes ist es, die internationale Zusammenarbeit von Städten im Bereich Klimaschutz zu verbessern und sich auf verschiedenen Politikebenen für ambitionierte Klimaschutzziele einzusetzen. Neben der politischen Advocacy-Arbeit, wie z. B. auf internationalen Klimakonferenzen, stellen die Mitglieder auch Klima- und Nachhaltigkeitsinitiativen einer breiten Öffentlichkeit vor. Ebenfalls im Jahr 2005 ist die C40 Cities – Climate Leadership Group ins Leben gerufen worden, die seit 2006 durch die Stiftung des ehemaligen US-Präsidenten Bill Clinton, der Clinton Climate Initiative (CCI), finanziell unterstützt wird. Die CCI unterstützt C40-Städte finanziell bei Projekten, die auf die Reduzierung des Energieverbrauchs und von Treibhausgasemissionen zielen. Für Bereiche der Stadtentwicklung wie Gebäude, Beleuchtung, Abfall, Transport usw. werden Best-Practice-Beispiele ausführlich dokumentiert und ausgetauscht. Thematisch breiter ausgerichtet und auch zahlenmäßig größer ist das ICLEI – Local Governments for Sustainability-Netzwerk, das weltweit mehr als 1.200 Stadt- und Gemeindeverwaltungen in mehr als 70 Ländern umfasst und damit mehr als eine halbe Milliarde Menschen repräsentiert. Allgemeines Ziel von ICLEI ist es, Städte und Gemeinden bei der Implementierung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu unterstützen. Dazu bietet das Netzwerk die Beratung in technischen Fragen sowie Schulungen an und steht als Informationsdienstleister zur Verfügung. Getragen von diesen drei Netzwerken – dem World Mayors Council on Climate Change, den C40-Städten sowie ICLEI – ist im Dezember 2007 auf der UNFCCC-Vertragsstaatenkonferenz das „World Mayors and Local Governments Climate Protection Agreement" vereinbart worden. In dem Abkommen, das mittlerweile mehr als 100 Unterzeichner zählt, verpflichten sich die Städte u. a. dazu, ihre Treibhausgasemissionen umgehend und maßgeblich zu mindern, die jährliche Treibhausgasminderung zu messen und darüber Bericht zu erstatten sowie kontinuierlich an der weiteren Minderung der Treibhausgasemissionen zu arbeiten. Ziel ist es, bis 2050 eine Minderung der weltweiten Treibhausgasemissionen um 60 % bzw. 80 % gegenüber den Werten von 1990 zu erzielen.

6.3.2.4 Landnutzung: Pioniere des Wandels in den Bereichen Ernährung, Landwirtschaft sowie Waldschutz

Landwirtschaft und Ernährung

Die Beratungsgruppe der internationalen Agrarforschung (Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR) war einer der entscheidenden

Akteure, die zum Gelingen der Grünen Revolution beitrugen, also zu der außergewöhnlichen Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität in den Entwicklungsländern in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Kap. 3.5.2). Das International Rice Research Institute (IRRI) in Manila war das erste von 15 „Future Harvest Centers", die zusammen das 1971 gegründete CGIAR-Netzwerk bilden. Es steht hier als Pionier des Wandels stellvertretend für alle 15 Institute der CGIAR, die sich u. a. mit Mais bzw. Weizen (International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT, Mexico), Kartoffeln (International Potato Center, CIP, Peru) oder um tropische Landwirtschaft (International Center for Tropical Agriculture, CIAT, Kolumbien) beschäftigen. Das IRRI hat im Bereich Züchtung neuer Reissorten zentrale Beiträge geleistet. Die Entwicklung einer besonders widerstandsfähigen kurzstämmigen Reissorte (IR-8) zu Beginn der 1960er Jahre wird heute als Beginn der Grünen Revolution (Kap. 3.5.2) im Reisanbau verstanden und gilt als Grundlage für den asiatischen Wirtschaftsboom. Die neuen und widerstandfähigeren Reissorten führten zur Steigerung der Erträge und ließen die Preise sinken. All das hatte allerdings auch Kehrseiten, z. B. große Umweltprobleme (WBGU, 1997: „Grüne-Revolutions-Syndrom"). Während das IRRI also als Erfinder und Entwickler im Rahmen der Grünen Revolution in Erscheinung trat, hätte es seine Arbeit ohne die Unterstützung durch weitere Pioniere des Wandels in der Funktion von Investoren nicht aufnehmen können: Gegründet wurde das IRRI im Jahr 1960 durch die Ford- und Rockefeller Foundation in Kooperation mit der philippinischen Regierung. Heute arbeitet das Institut an der Verbesserung der Ausbildung von Reisbauern und entwickelt neue nachhaltige Anbaumethoden, die mit einem geringstmöglichen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Wasser oder Düngemitteln auskommen und gleichzeitig einen maximalen Ertrag erbringen sollen.

Trotz der unbestreitbaren Erfolge waren die industrielle Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion im 20. Jahrhundert von Kritik und Gegenbewegungen begleitet, die in den neuen Herstellungsmethoden Naturschutz-, Qualitäts- und Gesundheitsaspekte nicht ausreichend berücksichtigt sahen. Während diese Entwicklung jedoch über viele Jahre auf gesellschaftliche Randbereiche – wie die Lebensreformbewegung der 1920er Jahre oder die ökologisch-alternativen Milieus in den 1960er und 1970er Jahren des 20. Jahrhunderts – beschränkt blieb, haben nachhaltige Formen der Lebensmittelerzeugung und des ökologischen Landbaus seit den 1990er Jahren in fast allen Regionen der Welt eine rasante Ausweitung erfahren (Willer et al., 2008). Die internationale Slow-Food-Bewegung steht exemplarisch für eine gesellschaftliche Strömung, die ökologischen und traditionellen Anbauweisen, aber auch dem Genuss wieder zu einem gesteigerten Stellenwert verhelfen möchte. Ziel von Slow Food („langsames Essen") ist es, regionale Speisen sowie die traditionellen Prozesse der Herstellung zu bewahren. Der Gründer und internationale Vorsitzende Carlo Petrini definierte die Grundbegriffe der „Neuen Gastronomie" als Maßstab: buono, pulito e giusto – gut, sauber und fair (Petrini, 2007). Die Vorgängerorganisation von Slow Food, Arcigola, wurde 1986 von Carlo Petrini in Italien gegründet. Petrini wurde 1949 in Bra geboren, das bis heute Hauptsitz von Slow Food ist. Nach dem Studium der Soziologie in Trient engagierte sich Petrini in der Politik und war zwischenzeitlich gewählter Stadtrat von Bra. Zusätzlich schrieb er in italienischen Zeitschriften über Essen und Trinken und war an der Gründung der Zeitschrift „Gambero Rosso" beteiligt, die zunächst eine Monatsbeilage der Tageszeitung „Il Manifesto" war. Später wurde er Kolumnist der drittgrößten italienischen Tageszeitung „La Stampa". Ein Schlüsselerlebnis, das Petrini nach eigenen Angaben zur Gründung von Arcigola motivierte, war ein Ausflug mit Freunden nach Montalcino in der Toskana, bei dem der Reisegruppe eine ungenießbare Suppe serviert wurde, und es statt des für die Region bekannten Brunello di Montalcino einen dünnen Landwein gab. Auf der Rückfahrt verfasste Petrini unter dem Beifall der Mitreisenden eine Erklärung zum „Menschenrecht auf Genuss" (Slow Food International, 1989). Im zeitlichen Zusammenhang mit der Gründung von Slow Food steht auch der Methanolskandal 1985/86, bei dem mehrere Menschen an mit Methanol verschnittenem italienischen Wein starben, sowie die steigenden Zahlen von Fastfood-Restaurants und Nahrungsmittelketten Mitte der 1980er Jahre. Seit 1991/92 existiert Slow Food auch in Deutschland. Die Slow-Food-Bewegung umfasst heute mehr als 100.000 Mitglieder in über 132 Ländern. Sie will den lokalen Nahrungsmittelhandel stärken, Lobbyarbeit für ökologische Landwirtschaft leisten sowie das Bewusstsein für qualitativ hochwertige Nahrung fördern. Zudem baut die Organisation unter dem Namen „Arche des Geschmacks" Samenbanken auf, die dazu beitragen sollen, die natürliche Artenvielfalt zu bewahren. Jedes Mitglied zahlt 5 € pro Jahr an eine Stiftung für Biodiversität. Alle zwei Jahre veranstaltet Slow Food in Lingotto, dem ehemaligen Fiatwerk in Turin, den „Salone del Gusto", eine internationale Fachmesse für regionale und ökologische Lebensmittel. Seit 2004 findet zeitgleich das Treffen „Terra Madre" von Landwirten, Produzenten, Köchen und Wissenschaftlern aus aller Welt statt.

Neben der unmittelbaren Ausbreitung der Slow-Food-Bewegung in vielen Ländern hat das Bedürfnis nach ökologisch verträglichen und zugleich qualita-

tiv hochwertigeren Lebensmitteln vielerorts auch zu analogen sozialen Innovationen geführt. So gibt es in Deutschland seit Mitte der 1990er Jahre in nahezu allen größeren Städten beispielsweise das Angebot, sich eine sogenannte Grüne Kiste mit Lebensmitteln aus ökologischem Landbau nach Hause oder an den Arbeitsplatz liefern zu lassen. Im städtischen Raum zahlreicher westlicher Industriestaaten gewinnt seit einigen Jahren auch das sogenanntes Urban Gardening an Popularität. Seinen Ursprung hat diese Bewegung im New York der 1970er Jahre: In sogenannten Community Gardens, bei denen es sich häufig um ehemalige Brachflächen handelte, wurden Kräuter und andere Nutzpflanzen angebaut, die von den Urhebern bzw. Bedürftigen geerntet wurden.

Aber nicht nur beim Bewusstseinswandel bzw. der Themensetzung für eine ökologisch verträglichere und gesündere Ernährung haben Pioniere des Wandels bereits heute bis in den „Mainstream" hinein gesellschaftliche Praxis verändert. Bemerkenswert ist auch die Erfolgsgeschichte des alkoholfreien Erfrischungsgetränks Bionade, das 1995 von der Privatbrauerei Peter in Ostheim vor der Rhön erfunden wurde. Bei Bionade handelt es sich um eine Limonade, die aus kontrolliert-biologisch angebauten Rohstoffen hergestellt wird. Mit der Aufnahme in das Sortiment eines Hamburger Getränkegroßhändlers 1997 avancierte Bionade zunächst zum Szenegetränk in Gaststätten und Kneipen. Von dort aus zog die Verbreitung der Limonade immer weitere Kreise: Mittlerweile gehört Bionade nicht nur zum Regelsortiment von Bioläden, sondern auch der meisten Supermärkte, und sie steht in den Speisewagen der Deutschen Bahn sowie bei McCafé, einem Tochterunternehmen von McDonald's, auf der Getränkekarte. Seit 2007 ist Bionade auch in verschiedenen europäischen Ländern sowie neuerdings auch in den USA erhältlich. Der Erfolg des ökologischen Erfrischungsgetränks hat zur Einführung einer Vielzahl von Nachahmerprodukten unterschiedlicher Hersteller geführt.

Neben der Entwicklung ökologischer Lebensmittel kommt technischen Innovationen bei der Etablierung nachhaltiger Ernährungsgewohnheiten eine große Bedeutung zu. Ein prägnantes Beispiel hierfür ist die Erfindung des FCKW-freien Kühlschranks. In Kühlschränke wurden lange Zeit Flourchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) als Kältemittel eingesetzt, die stark ozonabbauend wirken. Darüber hinaus wurden die in der Isolierung verwendeten Schaumstoffe ebenfalls mit FCKW aufgeblasen. Der erste moderne FCKW-freie Kühlschrank der Welt wurde 1992 durch das sächsische Unternehmen „dkk Scharfenstein" (später unter dem Namen „Foron") produziert. Angeregt wurde die Entwicklung von Greenpeace und dem Hygiene-Institut Dortmund unter der Leitung von Harry Rosin. Der erste FCKW-freie Kühlschrank dieser Art wurde durch die Lare GmbH als Laborgerät für das Hygiene-Institut Dortmund umgebaut. Die Hersteller von Kühlschränken hatten zu dieser Zeit kein Interesse daran, diese Technik einzuführen. Seit dem Jahr 2000 sind Haushalts- und Gewerbekühlgeräte mit alternativen Kältemitteln, die weder die Ozonschicht weiter schädigen noch den Treibhauseffekt verstärken, mehr und mehr auf dem Markt vertreten. Der elektrische Kühlschrank ist auch ein Beispiel dafür, wie technische Innovationen selbst gesellschaftlichen Wandel evozieren können. Vor der Erfindung von Kühl- und Gefrierschränken war es Menschen nur stark eingeschränkt und unter Anwendung relativ aufwändiger Konservierungstechniken möglich, Lebensmittel über einen längeren Zeitraum zu lagern. Mit der Erfindung und massenhaften Ausbreitung elektrischer Kühl- und Gefriergeräte hat sich dies radikal geändert und zur Entwicklung von Tiefkühlkost – industriell gefertigter, tiefgefrorener Lebensmittel – geführt, die durch Verpackung, Kühlung und Transport eine deutlich negativere Umweltbilanz aufweist als frische Lebensmittel. Durch die Verwendung von Kühltechnik entsteht insbesondere ein hoher Energiebedarf. Seit dem Jahr 1998 werden zur Unterstützung der Kaufentscheidung in Europa der Energieverbrauch von Elektrogeräten durch ein Energieverkaufsetikett (umgangssprachlich „Energielabel") gekennzeichnet. Für besonders stromsparende Kühl- und Gefriergeräte wurden 2003 die Kennzeichen A+ und A++ eingeführt, die jeweils noch besser als die Energieeffizienzklasse A sind und für einen sehr niedrigen Energieverbrauch stehen. Die meisten der heute angebotenen Haushaltsgeräte sind nach den ursprünglich definierten Effizienzklassen bereits der Kategorie A oder besser zuzurechnen. Deshalb verabschiedete im Mai 2010 das europäische Parlament mit der Richtlinie 2010/30/EU eine ab 2011 geltende Neuregelung der Energieeffizienzklassen für Haushaltgeräte, welche zusätzlich die Klasse A+++ einführt. Dieses Beispiel zeigt, wie wichtig es ist, dass Pioniere den gesellschaftlichen Wandel institutionell begleiten und absichern. Seit einigen Jahren sind in verschiedenen europäischen Ländern Projekte gestartet worden, um den sogenannten CO_2-Fußabdruck verschiedener Produkte (also die CO_2-Äquivalente, die über den gesamten Lebensweg eines Produktes von der Ressourcengewinnung bis zur Entsorgung entstehen) zu berechnen. Beispielsweise engagiert sich auf diesem Gebiet die britische Supermarktkette Tesco sowie die Schweizer Handelskette Migros oder in Frankreich die Kette Casino; auch diverse schwedische Lebensmittelanbieter haben als Pioniere des Wandels im Jahr 2009 damit begonnen, Lebensmittel nach ihrer CO_2-Belastung zu kennzeichnen, um so die Verbraucher

über die Auswirkungen ihres Konsums auf das Klima zu informieren.

Waldschutz

Die Wälder bedecken etwa ein Drittel der Erdoberfläche und sichern durch eine Vielzahl an Ökosystemleistungen das Überleben der menschlichen Gesellschaften. Die Wälder gehören zudem zu den größten Kohlenstoffspeichern der Erde und speichern bis zu 650 Gigatonnen (Gt) CO_2, wovon alleine 286 Gt CO_2 in der Biomasse vorliegen. Die globale Waldfläche verringert sich seit 10 Jahren um etwa 13 Mio. ha pro Jahr, was in etwa dem Vierfachen der Fläche Belgiens entspricht. Vornehmlich wird die Entwaldungsrate durch die Umwandlung von tropischen Wäldern in landwirtschaftliche Nutzfläche sowie zerstörerische Waldnutzung bestimmt. Aktuell wird die Abnahme im globalen Kohlenstoffspeicher Wald auf ca. 0,5 Gt C pro Jahr in den Jahren 2000–2010 geschätzt, was sich insgesamt für die Dekade auf 5 Gt C summiert (FAO, 2010a). Es ist daher zwingend erforderlich die Entwaldung zu stoppen und eine nachhaltige Waldwirtschaft zu betreiben, damit mehr CO_2 gebunden und gespeichert werden kann, um so einen gefährlichen Klimawandel zu vermeiden.

Als wesentlicher Schöpfer des forstlichen Nachhaltigkeitsbegriffs gilt Hans Carl von Carlowitz (1645–1714). Als Sohn eines kursächsischen Oberforstmeisters studierte er Rechts- und Staatswissenschaften. Sein Interesse an naturwissenschaftlichen und bergbaukundlichen Studien ließ ihn schließlich zum Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg aufsteigen. Hier war er u.a. auch für die Forstwirtschaft zuständig, vor allem als Zulieferer für den Bergbau. Mit einer starken Übernutzung der Wälder konfrontiert, schrieb er das erste geschlossene Werk zur Forstwirtschaft, die „Sylvicultura oeconomica“ (1713). Hier fasste er das im Dreißigjährigen Krieg weitestgehend verloren gegangene forstliche Wissen und eigene Erfahrungen zusammen. Zwar steht die zuverlässige Holzlieferung, d.h. die Wirtschaftlichkeit, noch klar im Vordergrund; Carlowitz erkannte aber bereits auch die ethischen und ästhetischen Werte des Waldes an. Auch die Ökologie des Waldes und die Verantwortung für ein langlebiges Ökosystem, dessen Lebenszyklen oft den Horizont eines einzelnen Menschenlebens überschreiten, spiegeln sich in seiner Arbeit wider. Somit gilt von Carlowitz als einer der Wegbereiter für das Prinzip der Nachhaltigkeit in der Waldwirtschaft.

Inzwischen wurde der forstliche Nachhaltigkeitsbegriff weiterentwickelt und von vielen Pionieren des Wandels in vielen Initiativen weltweit umgesetzt. So steht beispielhaft die Förderung einer umweltfreundlichen, sozialförderlichen und ökonomisch tragfähigen Bewirtschaftung von Wäldern im Mittelpunkt der Arbeit des Forest Stewardship Council (FSC). Als unabhängige, gemeinnützige Nichtregierungsorganisation wurde der FSC 1993 als ein Ergebnis der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro gegründet. Der FSC zertifiziert Holz- oder Papierprodukte, die aus verantwortungsvoller Waldwirtschaft stammen. Zudem wird darauf geachtet, dass die Produkte nicht auf ihrem Weg zum Konsumenten über die gesamte Verarbeitungs- und Handelskette mit nicht zertifiziertem Holz oder Papier vermischt werden. Produkte mit einem FSC-Label tragen mit dazu bei, die Nutzung der Wälder gemäß den sozialen, ökonomischen und ökologischen Bedürfnissen heutiger und zukünftiger Generationen zu gewährleisten und den Verbraucher darüber zu informieren. Gleich in verschiedenen Funktionen betätigte sich auch die Kenianerin Wangari Maathai als Pionierin des Wandels. Sie gründete im Jahr 1977 die Graswurzelorganisation Green Belt Movement, welche das Ziel verfolgt, die Entwaldung und Bodenerosion zu stoppen. Die promovierte Biologin schaffte es mit ihrem einzigartigen Aufforstungsprojekt, viele verschiedene Menschen zu motivieren und zusammenzubringen. Inzwischen wurden über 40 Mio. Bäume in ganz Afrika gepflanzt. Darüber hinaus stärkt das Projekt die Rechte der Frauen und fördert Demokratie sowie das Selbstbewusstsein ganzer Gemeinden. Inzwischen ist die Organisation in 13 afrikanischen Ländern aktiv und plant die Pflanzung von einer Milliarde Bäumen weltweit. Bereits 1984 erhielt Wangari Maathai den Alternativen Nobelpreis für ihre Arbeit im Green Belt Movement. Genau 20 Jahre später wurde ihr als erster afrikanischer Frau der Friedensnobelpreis für ihren Einsatz für „nachhaltige Entwicklung, Frieden und Demokratie“ verliehen.

In Abbildung 6.3-1 werden die hier angeführten Pioniere des Wandels aus den Bereichen „Stadtentwicklung“ und „Landnutzung“ (Ernährung, Landwirtschaft und Waldschutz) geordnet nach ihrer jeweiligen Rolle im Innovations- und Produktionszyklus noch einmal zusammengefasst.

6.3.3 Rolle der Verbraucher (Nachfrageseite)

Klima- und Umweltschutz erfordern entschlossenes nationalstaatliches und supranationales Handeln, kommen aber letztlich nur zum Erfolg, wenn die Bevölkerungen der Hauptverursacherländer sich selbst als historische und aktuelle Verantwortliche begreifen und an Veränderungen teilhaben oder diese sogar initiieren. In der Forschung zum nachhaltigen Konsum bzw. zur Rolle der Konsumenten lassen sich gegenwärtig grob

Abbildung 6.3-1
Pioniere des Wandels: Synopse der Fallbeispiele aus den Bereichen „Stadtentwicklung“ und „Landnutzung“ (Ernährung, Landwirtschaft und Waldschutz). Die Zuordnungen in der Abbildung werden in den Kapiteln 6.3.2.3 und 6.3.2.4 erläutert.
Quelle: WBGU

drei Richtungen unterscheiden:

1. Die sozial-ökologische Forschung und jüngst insbesondere die Verhaltensökonomik (Thaler und Sunstein, 2008; Reisch und Oehler, 2009) weisen auf psychologische sowie strukturelle Barrieren nachhaltigen Konsums sowie situative Einflüsse von Kaufentscheidungen hin und diskutieren verschiedene ordnungspolitische bzw. marktbasierte Maßnahmen sowie die „intelligente“ Gestaltung von Wahloptionen (Nudging oder „Schubsen“; Kap. 3, 5), um nachhaltiges Kaufverhalten zu befördern.
2. Vertreter einer sogenannten Postwachstumsökonomie gehen davon aus, dass Konsum, zumindest auf dem aktuellen Niveau in Industrieländern, an sich nicht nachhaltig sein kann, da die absolute Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch von CO_2-Emissionen nicht möglich sei. Daher sei eine Mäßigung bzw. Verzicht und Reduktion des Konsums die eigentliche Nachhaltigkeitsleistung (Jackson, 2009; Paech, 2009a, b).
3. Eine weitere Strömung in der Literatur (Lamla und Neckel, 2006; Baringhorst et al., 2007) stellt die

Potenziale zur Politisierung des Konsums unter Einbindung von Verbraucherverbänden heraus. Besondere Bedeutung wird in diesem Zusammenhang der wachsenden Gruppe sogenannter „strategischer Konsumenten" zugesprochen, die nicht nur ökologisch bzw. klimabewusst einkaufen, sich ernähren und fortbewegen, bauen und heizen, sondern durch ihr Verhalten auch Konsummuster in Frage stellen und sie unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten verändern (Lamla und Neckel, 2006).

Tatsächlich ist festzustellen, dass sich seit einigen Jahren eine wachsende Anzahl von Verbrauchern für die sozialen und ökologischen Herstellungsbedingungen der von ihnen konsumierten Produkte interessiert. Ökologisch hergestellte oder fair gehandelte Produkte verzeichnen starke Wachstumsraten. Insbesondere in den sogenannten gesellschaftlichen Leitmilieus ist eine wachsende Bereitschaft zu erkennen, auch bei höheren Preisen ökologische Produkte zu kaufen. Innerhalb der sogenannten Sinus-Milieus (der Name orientiert sich am Urheber, der Sinus-Sociovision GmbH) liegen bei den meisten Fragen zu umweltschonendem Einkaufsverhalten – wie die Bevorzugung energieeffizienter und langlebiger Geräte, der Kauf regionaler Produkte und die Berücksichtigung des Umweltzeichens „Blauer Engel" – die Milieus der Oberschicht und oberen Mittelschicht deutlich über dem deutschen Bevölkerungsdurchschnitt (Wipperman et al., 2009).

Auch nach Herstellerangaben ist der europäische Markt für Bioprodukte in den vergangenen Jahren mehrfach im zweistelligen Bereich gewachsen und der Umsatz lag im Jahr 2009 bei fast 18 Mrd. € (BÖLW, 2010). Davon entfallen rund 5,8 Mrd. € Jahresumsatz auf Deutschland; im Jahr 2000 waren es noch 2,1 Mrd. €. Ähnlich dynamisch wuchs in den vergangenen Jahren der Markt für fair gehandelte Produkte (Krier, 2008). Das Marktpotenzial der sogenannten LOHAS, womit die Konsumentengruppe gemeint ist, die einen „Lifestyle of Health and Sustainability" verfolgt, wurde von der Marktforschung für das Jahr 2004 allein in Deutschland auf über 200 Mrd. US-$ geschätzt (Kreeb et al., 2008).

Diese Veränderung des Konsumverhaltens vollzieht sich vor allem auf der Grundlage eines Wandels kultureller Normen (Kap. 2), infolgedessen Nachhaltigkeit zunehmend zum neuen Leitbild einer zukunftsfähigen Gesellschaft wird. Der Konsum von Gütern ist nicht mehr nur durch reine Nutzenerwägungen bestimmt, sondern auch durch einen „moralischen Mehrwert", der in der Summe einzelner Konsumentscheidungen einen nachhaltigen Wandel anstoßen kann. Doch über diesen reinen Ergebnisnutzen durch die Mitwirkung an einem breiteren bürgergesellschaftlichen Projekt hinaus kommt ein zusätzlicher Prozessnutzen hinzu: das (Selbst-)Bewusstsein, etwas Nützliches und Gutes für die Um- und Nachwelt zu tun und dafür von anderen anerkannt zu werden (Frey und Stutzer, 2002). Dann bekommt die individuelle „rationale Wahl" einen Aspekt kollektiver Identität und Intervention. Solche moralisch bedingten Metapräferenzen können so stark sein, dass sie sich gegenüber Kostenaspekten durchsetzen: „Wer fair gehandelten Kaffee oder kompostierbare T-Shirts kauft, erwirbt zugleich ein Stück ethischer Qualität, die nicht in der Nutzenfunktion der Produkte aufgeht, sondern dazu beiträgt, Waren und Dienstleistungen auf ihren gesellschaftlichen Wert zu befragen." (Heidbrink und Schmidt, 2009). Als Resultat dieser Entwicklung wächst der Druck auf Unternehmen und Produzenten: Protestaktionen und öffentlichkeitswirksame Aktionen wie die Kampagne für saubere Kleidung, welche soziale Missstände bei Zulieferbetrieben in Lateinamerika und Asien thematisiert, haben in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass sich eine wachsende Anzahl von Herstellern mit der Einhaltung sozialer und ökologischer Standards bei den Zulieferern auseinandersetzt. Ein Wertewandel bei den Konsumenten hat zur Folge, dass sich auch die Produzenten mit den gesellschaftlichen Folgen ihrer Geschäftsstrategien auseinander setzen müssen. So stellen Güter und Dienstleistungen, „die über einen moralischen Mehrwert verfügen" (Heidbrink und Schmidt, 2009), einen wichtigen Marktfaktor dar und eine wachsende Anzahl von Unternehmen hat in den vergangenen Jahren begonnen, ihre Produktion und Angebote entsprechend zu modifizieren (Centrum für Corporate Citizenship, 2007). Als „virtuelle Heimat" des nachhaltigen und strategischen Konsums kann in Deutschland die Internetplattform „Utopia" gelten, die nach eigenen Angaben im Moment mehr als 2 Mio. Nutzer jährlich sowie 70.000 registrierte Mitglieder zählt (Langer, 2011). Auf Utopia.de finden sich Hinweise zum klimafreundlichen Konsum, es werden Produkte vorgestellt und bewertet, oder in Beiträgen und Blogs wird über klimapolitische Themen berichtet. Zudem haben die Nutzer die Möglichkeit, sich zu vernetzen und auszutauschen. Eine Stiftung zeichnet jährlich Vorbilder, Ideen, Produkte, Unternehmen und Organisationen, aber auch „Verhinderer" aus. Auf internationaler Ebene nimmt das Good Magazine eine ähnliche Funktion ein. Das Magazin, das im Jahr 2006 in den USA gegründet wurde und über eine Auflage von ca. 25.000 Exemplaren verfügt, berichtet vierteljährlich über einzelne Akteure und Unternehmen, die sich in den Bereichen Umwelt, Stadtplanung, Ernährung oder Gesundheit für Verbesserungen einsetzen.

Gleichwohl stehen der wachsenden Bereitschaft von Verbrauchern zum nachhaltigen Konsum Widerstände und Barrieren entgegen: neben fehlenden materiellen Voraussetzungen bestimmter Konsumenten sind dies

vor allem kognitive und motivationale Gründe. Viele Verbraucher fühlen sich durch die Flut an Angeboten und Kennzeichnungen überlastet. Sie greifen deshalb zu herkömmlichen, bekannten Produkten, obwohl nachhaltige Alternativen zur Verfügung stünden. Paradoxerweise kommt hinzu, dass trotz dieser Kennzeichnungsflut oftmals die entscheidenden Informationen für eine bewusste Wahl fehlen: Ist es beispielsweise besser, über den Winter eingelagerte Äpfel aus dem eigenen Umland oder frische Äpfel aus entfernten Regionen zu kaufen (Heidbrink und Schmidt, 2009)? Zudem sind Marketing und Werbung von Unternehmen mitunter durch eine Irreführung der Konsumenten gekennzeichnet: Produkten, deren Produktions- bzw. Ver- oder Gebrauchsbedingungen alles andere als nachhaltig sind, wird teilweise ein grünes Image verliehen, um diese für ökologisch orientierte Verbrauchergruppen attraktiv zu machen (sogenanntes Greenwashing). Die Unsicherheit der Verbraucher aufgrund verwirrender, fehlender oder irreführender Informationen kann ein zusätzliches Hemmnis für nachhaltigen Konsum darstellen.

Dies zeigt allerdings, wo der Gesetzgeber und Behörden Möglichkeiten haben, zur Stärkung von Konsumenten beizutragen und so die Bereitschaft zum nachhaltigen Konsum weiter zu fördern bzw. dafür zu sorgen, dass sich die vorhandenen Dispositionen, die sich in Umfragen zur Umwelteinstellung der Bevölkerung zeigen (Kap. 2; Kuckartz et al., 2008), auch tatsächlich in einen umwelt- und sozialverträglichen Konsumstil umsetzen. Entscheidungen von Konsumenten – die heutzutage sogar zu sogenannten Prosumenten, d.h. gleichzeitig Konsumenten und Produzenten, werden (z.B. die Einspeisung privat generierter Energie ins öffentliche Stromnetz) – werden zwar in bestimmter Hinsicht das Marktangebot beeinflussen können; dies ist allein aber nicht ausreichend, um anspruchsvolle Programme des Klimaschutzes zu realisieren. Die abstrakte Gegenüberstellung von Märkten, Staat oder „drittem Sektor" (Dienstleistungssektor) als jeweiligen Haupt- oder Monopolakteuren sozialen und politischen Wandels ist überholt. Vielmehr muss ein Möglichkeitsraum geschaffen werden, der Marktanreize und staatliche Steuerung über Ge- und Verbote mit dem im „dritten Sektor" generierten Sozialkapital verbindet. Bürger sind nicht nur Bürger, die über Wahlentscheidungen Mehrheiten verändern und Konsumenten sind nicht nur Konsumenten, die über Kaufentscheidungen Einfluss nehmen. In der Figur des Citizen Consumer wachsen vielmehr beide Akteursidentitäten von „voice" (Hirschman) und „choice" (LeGrand) fallweise zusammen. Private Konsumenten werden in vielen bis dato öffentlichen Räumen längst als Ko-Produzenten (etwa von Gesundheit durch Vorsorge oder durch die Auswahl ärztlicher Leistungen sowie von Sicherheit durch öffentliche Wachsamkeit) adressiert und wirken als Auftraggeber (etwa bei Pflegediensten) und als Mitglieder von Privathaushalten (etwa bei Internetnutzung) indirekt an politischen Entscheidungen mit. Ähnlich hybride Konstellationen kann man sich beim Konsum von Energiedienstleistungen vorstellen, wenn deren Bereitstellung durch gesetzliche Maßnahmen noch transparenter und marktförmiger gestaltet wird. Die Möglichkeiten des Verbraucherschutzes und der Mitwirkung von Bürgern und Verbrauchern bei der Bereitstellung öffentlicher Dienste (etwa bei der Stromversorgung, Wasserwirtschaft und im Bahnverkehr) wurden in den vergangenen Jahren daher auch zunehmend diskutiert (Lell, 2010).

Nicht zuletzt ist aus der soziologischen Forschung bekannt, dass die Zuschreibung von Verantwortung einen handlungsstrukturierenden Einfluss ausübt (Gerhards et al., 2007). Für das hier behandelte Problemfeld bedeutet dies, dass Konsumenten Nachhaltigkeitsaspekte auch weniger in ihre Kaufentscheidungen mit einfließen lassen, wenn die Verantwortung der Konsumenten von den „Machern der öffentlichen Meinung" klein geredet wird. Umgekehrt kann die Betonung der Konsumentenverantwortung den nachhaltigen Konsum fördern.

6.3.4 Nichtregierungsorganisationen als Pioniere der internationalen Politik

Zivilgesellschaftliche Organisationen und Initiativen sowie Nichtregierungsorganisationen (NRO) gestalten insbesondere in den Feldern Umweltschutz und Menschenrechte seit mehr als drei Jahrzehnten nationale und internationale Politikprozesse aktiv mit. Für den Bereich des Umwelt- und Naturschutzes erklärt sich dies nicht zuletzt dadurch, dass die Bearbeitung zahlreicher Umweltprobleme einen internationalen Zuschnitt erfordert und damit jenseits der direkten politischen Einflusssphäre von Staaten liegt (Najam, 2005). Die besondere Bedeutung und Legitimität zivilgesellschaftlicher Organisationen gründet weniger auf ihrer Repräsentativität – welche spezialisierte Interessengruppen naturgemäß nur begrenzt für sich beanspruchen können – sondern auf der durch sie generierten Expertise und ihrer Fähigkeit, in einem politischen Experimentierfeld neue (Lösungs-)Konzepte zu entwickeln. Zahlreiche Nichtregierungsorganisationen operieren so als Politikpioniere (policy entrepeneurs) und füllen auf globaler Ebene – zumindest partiell – ein politisches Vakuum, das angesichts des Fehlens einer „Weltregierung" existiert (Banuri und Najam, 2002).

Zivilgesellschaftliche Organisationen waren in den vergangenen Jahren von zentraler Bedeutung als Themensetzer und Informationsdienstleister für internationale Verhandlungen, bei der Mobilisierung der öffentlichen Meinung sowie der Implementierung und Überprüfung (Monitoring) vereinbarter Maßnahmen. Im Bereich der multilateralen Umweltvereinbarungen waren sie u.a. an der Erstellung zahlreicher Konventionen in zentraler Rolle beteiligt (wie der Aarhus Konvention, dem Washingtoner Artenschutzabkommen, der Biodiversitätskonvention oder der Desertifikationskonvention). Organisationen und Initiativen aus der Zivilgesellschaft können folgende Schlüsselfunktionen einnehmen (Muñoz und Najam, 2010):

1. Organisationen wie das World Resources Institute oder die International Union on the Conservation of Nature fungieren als anerkannte Wissens- und Informationsdienstleister (knowledge provider) und wirken über die Bereitstellung aktueller Daten an der Bearbeitung globaler Umweltprobleme mit. Der vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen veröffentlichte Bericht Global Environmental Outlook ist ein Beispiel für die formalisierte Zusammenarbeit zwischen internationalen und zivilgesellschaftlichen Organisationen in diesem Bereich.
2. Durch Kampagnen, Bildungs-, Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit hatten NRO in der Vergangenheit wiederholt Einfluss auf die Entstehung internationaler Verträge. So hatte die International Campaign to Ban Landmines, die im Jahr 1997 für ihr Engagement den Friedensnobelpreis erhielt, einen herausragenden Einfluss auf die Entstehung der Ottawa-Konvention zum Verbot von Landminen sowie die Unterzeichnung und Ratifizierung der Konvention durch zahlreiche Staaten.
3. Nichtregierungsorganisation spielen – insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern, wo entsprechende staatliche Kapazitäten fehlen oder nur mangelhaft vorhanden sind – bei der Implementierung von Umwelt- und Entwicklungsmaßnahmen eine zentrale Rolle. Beispielsweise organisieren die nicht staatlichen „Civic Exnoras"-Gruppen in Chennai (Indien) die Abfallversorgung für mehr als eine halbe Million Menschen. Auch bei der Implementierung und dem Monitoring der im Rahmen der Agenda 21 beschlossenen Maßnahmen haben sich zivilgesellschaftliche Akteure einen Namen gemacht.

Die Einflussnahme auf Politikprozesse kann dabei in verschiedenen Rollen erfolgen (Muñoz und Najam, 2010): Als Fürsprecher für bestimmte Anliegen betreiben NRO und andere zivilgesellschaftliche Akteure Lobbyarbeit gegen konträre Interessengruppen (z.B. gegen die Rüstungsindustrie im Fall der Landminenkampagne). Dies kann über breit angelegte Medienkampagnen erfolgen wie über die gezielte Verbreitung von Informationen (z.B. Briefing der Verhandlungsführer). Als Kontrollinstanzen überprüfen sie, inwiefern Ankündigungen und beschlossene Maßnahmen von Regierungen auch tatsächlich umgesetzt werden (Monitoring). Zivilgesellschaftliche Organisationen haben zudem eine lange Geschichte als Innovatoren und Pioniere von Politikansätzen. So haben Maßnahmen zur Gleichstellung von Frauen (etwa Verankerung von Gleichstellungsanforderungen in allen Politikbereichen) ausgehend von feministischen Initiativen und Netzwerken über die Vereinten Nationen Eingang in die Gesetzgebung und Verordnungspraxis von mehr als 100 Staaten gefunden (True und Mintrom, 2001). Nicht zuletzt fungieren NRO als Dienstleister für Regierungen, Verwaltungen und Firmen. Dies umfasst die Bereitstellung von Expertise ebenso wie materielle Ressourcen in den verschiedenen Phasen von Politikprozessen (Themensetzung, Politikentwicklung, Implementierung). Insbesondere die Rolle zivilgesellschaftlicher Akteure und von Nichtregierungsorganisationen bei der Implementierung vereinbarter Maßnahmen ist hierbei hervorzuheben. Denn auch internationale Verträge – wie ein globales Klimaschutzabkommen – müssen letztendlich national und lokal umgesetzt werden. Dabei spielen zivilgesellschaftliche Organisationen eine unverzichtbare Rolle: Bereits in der Phase der Beratungen können sie dafür Sorge tragen, dass die Stimmen lokaler Gruppierungen Gehör finden und so keine Bestimmungen beschlossen werden, welche deren Interessen fundamental verletzten. In der Implementierungsphase tragen sie wiederum wesentlich dazu bei, das notwendige Wissen vor Ort zu verbreiten und so die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung zu schaffen (Muñoz und Najam, 2010). Eine große Stärke zivilgesellschaftlicher Organisationen liegt darin, dass sie eine Vielzahl regionaler und kultureller Perspektiven sowie lokaler Erfahrungen mit in die Verhandlungs- und Politikprozesse einbringen und so frühzeitig ein Bewusstsein für die Komplexität und das Ausmaß der jeweiligen Herausforderungen schaffen. In den Verhandlungen zum Schutz der Böden in Trockengebieten im Rahmen der Desertifikationskonvention (UNCCD) haben NRO bereits institutionalisierte Beteiligungsrechte, in dem sie etwa im Rahmen der Vertragsstaatenkonferenzen gemeinsame Plenarsitzungen mit den Staatenvertretern durchführen können. Einige Delegationen der UNCCD, insbesondere aus den Industrieländern, nehmen NRO offiziell als Berater in die Regierungsdelegationen auf. Auch bei anderen Konventionen – wie der CBD oder der UNFCCC – gibt es ähnliche Beteiligungsmöglichkeiten. In den letzten Jahren gab es aber auch Abkapselungstendenzen gegenüber

zivilgesellschaftlichen Gruppierungen, die im Zuge des Erstarkens globalisierungskritischer Bewegungen im Rahmen internationaler Gipfel deutlich geworden sind (Najam, 2005). Die Diversität der zivilgesellschaftlichen Akteure mit ihren z.T. als schrill empfundenen Positionen und Lösungsvorschlägen sollte seitens der Politik und Verhandlungsführer aus den oben genannten Gründen aber nicht als Störfaktor gesehen, sondern explizit als Ressource anerkannt werden. Daher könnte über weitere Wege und Möglichkeiten nachgedacht werden, zivilgesellschaftliche Organisationen formal stärker in die Verhandlungsprozesse mit einzubeziehen und sie nicht nur in Form von Nebenveranstaltungen (side events) an wichtigen internationalen Verhandlungen zu Fragen des Klimaschutzes und der nachhaltigen Entwicklung teilhaben zu lassen. Im Zusammenwirken der Befürworter eines globalen „Green New Deal" bzw. einer globalen Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft aus verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen kann eine neue, positive Kultur der Teilhabe entstehen, die sich auf allen Ebenen politischer Beteiligung artikuliert: Bei Wahlen und der Mitgliedschaft in Vereinen, Verbänden und Parteien über die Mitwirkung in NRO bis hin zu außerparlamentarischen Kampagnen und Aktionen für Klimaschutz, Energiewende und Nachhaltigkeit. Nicht zuletzt können zivilgesellschaftliche Initiativen, politische Bewegungen und NRO – wie insbesondere die Umweltbewegung zeigt – so auf staatliche und überstaatliche Institutionen rückwirken und weitere Transformationsprozesse initiieren.

6.4 Konklusion: Pioniere des Wandels fördern und vervielfachen, um eine rasche Transformation zu erreichen

In diesem Kapitel wurde anhand von Beispielen aus ausgewählten Feldern der Nachhaltigkeitspolitik eine Reihe von Pionieren des Wandels behandelt, die den Status quo des „High Carbon-Regimes" an entscheidenden Stellen praktisch in Zweifel ziehen und sektoral oder übergreifend beachtliche Veränderungen in Gang gesetzt haben. Wie kann sich aus insularen Einzelakteuren eine „kritische Masse" bilden, die sektorenübergreifend und mit dem notwendigen Nachdruck Hebel der Transformation ansetzen und entscheidende Weichen stellen können? Und wie sollen Einzelakteure ein Gemeinsamkeitsgefühl kollektiver Selbstwirksamkeit erreichen und zu einer breiten sozialen Bewegung zusammenfließen? Oder anders gefragt: Wie kann es zur sich selbst verstärkenden Koevolution in verschiedenen gesellschaftlichen Subsystemen (Grin et al., 2010) bzw. den entscheidenden „Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen" (Osterhammel, 2009; Kap. 3) kommen, welche erforderlich sind, damit die anstehenden und sich bereits vollziehenden Wandlungsprozesse sich zu der „großen Transformation" verdichten, welche notwendig ist, um das Erdsystem und insbesondere das Klimasystem zu stabilisieren?

Abbildung 6.4-1 zeigt den Weg von Pionieren des Wandels aus dem oftmals marginalen Milieu der Außenseiter und „Querdenker", aus den sogenannten Nischen, in denen die Visionen einer alternativen Entwicklung geboren werden, über die Stufen sozialer Kommunikation (Agenda Setting, Widerspruch, Meinungsführerecho, Massenmedialisierung) in breitere Innovationsnetzwerke und den sozialen und politischen „Mainstream", bis zur Habitualisierung anfangs marginaler Einstellungsmuster und Verhaltensweisen.

Die Erfolgsaussichten einer „Transformation von unten" steigen, wenn es auf breiter Front durch Pioniere des Wandels gelingt, in ihren jeweiligen Promotorenrollen (Tab. 6.2-2) klimaverträgliche Lebenspraxen im Alltagsleben plausibel, ja selbstevident zu machen und sie als Standardoption zu verankern. In der Synopse von Umfragen und Studien zum Wertewandel (Kap. 2), zum politischen Bewusstsein, zum bürgerschaftlichen Engagement und zur Attraktivität gemeinnütziger intermediärer Organisationen (Vereine, auch Parteien) zeigen sich grob drei (unterschiedlich große) Segmente in der Bevölkerung reicher Industrieländer (wie Deutschland), die als Pioniere, Advokaten und Partner einer inklusiven Transformationsstrategie in Frage kommen:

- ein breites Potenzial von Menschen, die laut repräsentativen Umfragen grundsätzlich zu klimaverträglichen Veränderungen des eigenen Lebensstils bereit sind, dazu aber (noch) keine oder wenig praktische Schritte eingeleitet haben (Latenz),
- ein schmales Segment überzeugter und aktiver Bürger, die dieses Ziel in ihrer täglichen Praxis mehr oder weniger konsequent und systematisch umsetzen (Aktivismus),
- ein mittleres Segment von Menschen, die sich mehr oder weniger aktiv bürgerschaftlich und ehrenamtlich in anderen Lebensbereichen betätigen (Sport und Freizeit, humanitäre und technische Hilfswerke, Kultur und Kunst, Erziehung und Altenpflege, betriebliche Aktivitäten und Freiwilligendienste usw.), ebenso in informellen Bereichen der Selbst- und Nachbarschaftshilfe und dort – zumeist in kritischen biografischen Passagen (Familiengründung, Einschulung und Eigenständigkeit der Kinder, Übergänge von Eltern in Ruhestand, Pflege usw.) – Zielsetzungen „guten Lebens" in Verantwortung für andere erörtern (bzw. deren Mangel verspüren).

Die Hypothese (und gegebenenfalls die konkrete Auf-

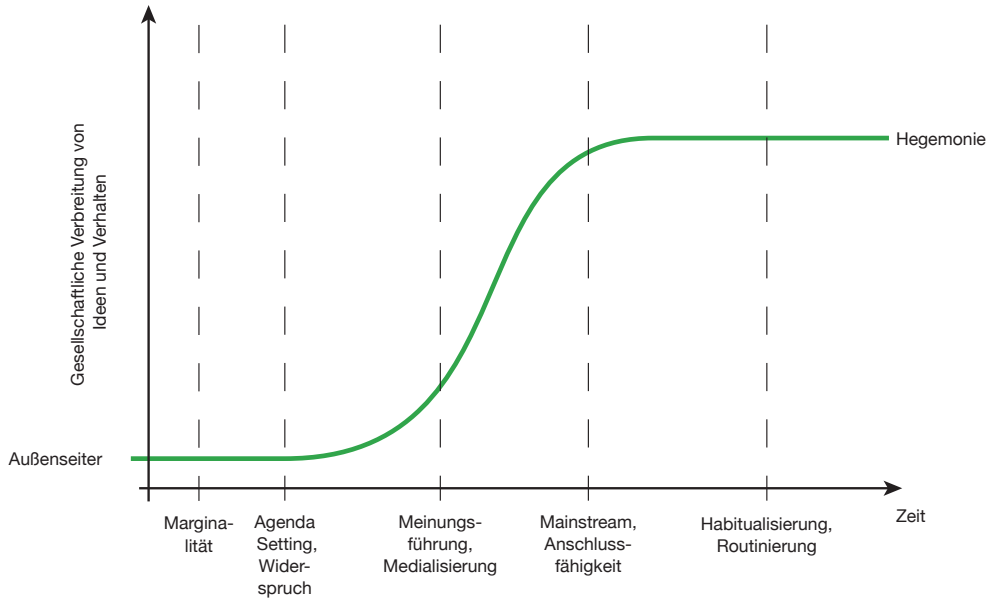


Abbildung 6.4-1
Phasen der gesellschaftlichen Verbreitung von Ideen und Verhalten und die Rollen von Pionieren des Wandels im Transformationsprozess.
Quelle: WBGU

gabe) eines breiten bürgergesellschaftlichen Engagements mit der Dimension „Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit" ist demnach

1. die latente Bereitschaft zum Handeln durch pragmatische (möglichst nicht moralisierende) Vorgaben zu aktualisieren,
2. das Vorgehen der Aktivisten in Form von Handlungsmustern und Standardoptionen breiter zu kommunizieren und dabei
3. Nachhaltigkeitsziele für das breitere bürgerschaftliche Engagement plausibel zu machen.

Dies kann umso besser gelingen, wenn die bekannten Kernarenen bürgerschaftlichen Engagements (wie soziale Sicherung, Bildung, Natur- und Verbraucherschutz, Kulturleben, Sport, religiöses Leben usw.) Aspekte der Nachhaltigkeit aufnehmen, so dass damit keine „weiteren (zeitraubenden) Ziele" neben den jeweils bevorzugten Aktivitäten vorgegeben werden, sondern zentrale Anliegen der Daseinsvorsorge (und der subjektiven Lebenszufriedenheit) tangiert sind und damit die Ebenen zivilen Engagements synergetisch in der Bildung kollektiver Identität (community building) zusammentreffen. Für die Verbreiterung der Transformationsagenda ist das unabdinglich, ebenso für die Selbstwirksamkeit der Akteure (Bandura, 1977).

Anschlussfähig und in diesem Sinne „habituell" wird Nachhaltigkeitsengagement in realen und virtuellen Kommunikationsgemeinschaften, die zunächst thematisch wenig Bezüge zur Klima- und Nachhaltigkeitspolitik aufweisen mögen, wo deren Erfordernisse und Modalitäten aber konkret vermittelt und in sozialen Lebenswelten fundiert werden können. Dazu zählen, wie bereits angedeutet, Sportvereine und ehrenamtliche Gruppen, Schulklassen und Lehrerkollegien, Selbständige und Ruheständler sowie Internet-Gemeinschaften der Social Media, Arbeitsteams und Berufsvereinigungen. Solche vermeintlich unpolitischen Akteure wirken im Kleinen und bringen an vielen Stellen inkrementelle Reformen voran. Überwiegend beziehen sich ihre Aktivitäten nicht auf ökologische Themen im engeren Sinne, sondern eher auf die Verbesserung von Arbeitsorganisation, Erziehungspraxis, Altenpflege und dergleichen. Es handelt sich um Nachbarschaftshilfe in Alltags- und Notsituationen, an denen mögliche Ziele guten Lebens aufscheinen (oder dessen Abwesenheit deutlich machen).

Entscheidend ist die Artikulations- und Organisationsfähigkeit der Pioniere des Wandels. Üblicherweise sind sie nicht in größeren Verbänden und auf längere Zeiträume organisiert; doch haben sie politische Interessen jenseits der medial inszenierten „Politiker-Politik", die ständig „thematisiert" und Forderungen erhebt, aber in der öffentlichen Wahrnehmung zu wenig unternimmt und voranbringt. Ökologische Politik, die um mehr als mediale Präsenz und demoskopische Zustimmung bemüht ist, muss diese Pioniere des Wandels in den spontanen gesellschaftlichen Netzwerken ausfindig machen, ihnen auf Augenhöhe begegnen und sie als respektierte Netzwerkpartner gewinnen.

Die exemplarisch skizzierten Betätigungsfelder

nachhaltiger Politik können Themen auch dieser Netzwerke werden, in der Regel wohl über trivial wirkende Anlässe:

- Die Renovierung eines Schulgebäudes aus einem Konjunkturprogramm und die damit zu verbindende energetische Sanierung kann mehr als eine (lästige) Baumaßnahme sein, wenn Lehrerkollegien, Schulklassen und Elternpflegschaften sie zum Anlass weiterführender pädagogischer Überlegungen machen.
- Kindertagesstätten und Schulen im Ganztagsmodus führen Speisepläne ein, die nicht nur preiswert und bekömmlich sind, sondern systematisch Aspekte gesunder Ernährung, fairen Handels und klimaverträglichen Konsums integrieren und dies „nebenbei" zu einem Gegenstand von Schulkommunikation und Unterricht machen.
- Dezentrale Arbeitsgemeinschaften, die sich regelmäßig zu Besprechungen treffen und dazu große Entfernungen mit der Bahn oder mit dem Pkw zurücklegen müssen, stellen ihren Austausch auf geeignete Telekommunikationsmittel um; diese Anstöße können wiederum Anlass für die generelle Umstellung der Politik und Logistik von Unternehmen, Behörden, Forschungs- und Kultureinrichtungen werden.

Nicht zuletzt ist hier die Verknüpfung von ökologischem Engagement mit üblicherweise arbeitsbezogenen Formen der Mitwirkung möglich, etwa im Rahmen freiwilliger Tätigkeit von Unternehmen und Behörden neben der regulären Erwerbsarbeit, oder indem Arbeitslose stärker in Form von Bürgerarbeit angemessen in ökologische Aktivitäten einbezogen werden. Generell besteht die Aufgabe einer Mobilisierung freiwilligen und ehrenamtlichen, aber auch bezahlten Engagements für Nachhaltigkeit, dieses mit neuen Gegebenheiten zu arrangieren (Evers und Zimmer, 2010):

- mit einer in vieler Hinsicht (Arbeitszeiten, Zeitverträge, Projekte, Berufswechsel) entstandardisierten Arbeitswelt,
- mit den ebenfalls in Umwälzung befindlichen Formen eines freiwilligen sozialen Jahres,
- mit dem Einbau „passender" Engagementphasen in Erwerbsbiographien und Lebensgeschichten.

Es gibt unterdessen zahlreiche Unternehmen, die nachhaltige Produktion, Volunteering und sozial-progressive Aktivitäten bündeln und zum Geschäftsmodell erhoben haben. Ein solches Pionierunternehmen ist Patagonia Inc. mit Sitz in Ventura (Kalifornien), das hier noch einmal resümierend hervorgehoben werden soll, weil es viele Aspekte dieses Kapitels bündelt.

Patagonia ist Hersteller von Freizeit(sport)bekleidung und wurde 1972 von dem Bergsteiger Yvon Chouinard gegründet. Das Unternehmen stellt überwiegend wiederverwendbare Stoffe her, darunter organisch angebaute Baumwolle. Es spendet regelmäßig 1% seines Umsatzes bzw. 10% seines Gewinnes an Umweltvereinigungen und ist Mitbegründer der „Alliance 1% for the Planet", in welcher zahlreiche Unternehmen das nämliche Ziel verfolgen. Einigen Verkaufs- und Servicezentren sind Silber- bzw. Gold-LEED-Zertifikate (Zertifikat für Energie- und Umweltdesign in den USA) für ökologisches Bauen verliehen worden. Belegschaft und Kunden können aktiv an dieser Umweltorientierung partizipieren. Mitarbeiter können seit 1993 einen bezahlten Urlaub nehmen, den sie für die ehrenamtliche Tätigkeit in einer Umweltorganisation verwenden. Kunden können auf der interaktiven Webseite Footprint Chronicles den gesamten Kreislauf eines Patagonia-Produkts von der Herstellung bis zum Recycling nachvollziehen und werden um Verbesserungsvorschläge gebeten. Hier ist ein Produzenten-Konsumentennetzwerk im Entstehen, in dem ein Unternehmen direkt auf Nachhaltigkeitsziele seiner Kunden reagieren kann.

Die skizzierte Selbstorganisation der Pioniere des Wandels ist dringend angewiesen auf die Bündelung und Vertretung ihrer Vorschläge auf der politisch-parlamentarischen Ebene, um auch auf dieser Ebene ein Gefühl der Selbstwirksamkeit zu erreichen. Der Gesetzgeber sollte diese Dynamik nutzen und die vielfältigen Ansätze „von unten" in ein übergreifendes Innovationsszenario einbauen, in dem wohl begründete Gebote und Verbote, sinnvolle Marktanreize und alternative Technik die Erwartungen und Hoffnungen der Bürgerinnen und Bürger stützen (Kap. 5.4, 7.3.1). Wenn transformative Technologien vorhanden sind und ihre Finanzierung möglich scheint, wenn zugleich ein breiter gesellschaftlicher Konsens besteht, dass sich vieles ändern muss, dann fällt der Blick unweigerlich auf die Defizite der politischen Eliten, mit wachsender Protestbereitschaft und drängendem Reformbedarf umzugehen.

Die herkömmliche Willensbildung und Interessensaggregation von Parteien und Verbänden beruhen auf zahlender Mitgliedschaft, privater bzw. staatlicher Parteienfinanzierung und massenmedialer Kommunikation. Auch Kommunalpolitik ist in der Regel in dieser Weise strukturiert und klientelorientiert. Für die Stärkung der Bürgergesellschaft hat die Berufspolitik bisher zu wenig Sinn und Gespür. Beispiele sind die Massendemonstrationen gegen „Stuttgart 21" und der Hamburger Volksentscheid zur Schulpolitik im Jahr 2010. Auch der mögliche Widerstand gegen Windparks und Stromtrassen demonstriert, welche Integrationsaufgaben Parteien und Verbände haben, um den Keimen und Knoten nachhaltiger Lebenspraxis, wie man sie beispielsweise gerade in Schul- und Verkehrsprojekten antrifft, einen Entfaltungsraum und ein Experimentierfeld zu bieten (Kap. 3). Eine Formalisierung dieser

informellen Netzwerke, die eher selten auf zahlende permanente Mitgliedschaft hinausläuft und damit dem punktuellen und episodischen Partizipationsverhalten in heutigen Demokratien entspricht, würde gewährleisten, dass ein aktivierender politischer Raum für den gestaltenden Staat entsteht (Kap. 5.4, 7.3.1), in dem die unterschiedlichen Funktionsweisen und Zeitregime des politischen Machterwerbs, der wissenschaftlichen Wahrheitssuche, der technischen Innovations- und Anwendungszyklen sowie der Wirtschafts- und Unternehmenszyklen besser synchronisierbar und im Blick auf übergeordnete Normen koordinierbar werden.

Handlungsempfehlungen 7

7.1 Herausforderung Transformation zur Klimaverträglichkeit

Eine Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft zur Klimaverträglichkeit ist nach Ansicht des WBGU dringend notwendig, um die sich verschärfende Umwelt- und Entwicklungskrise zu überwinden und die Lebensgrundlagen und Zukunftschancen der Menschheit zu erhalten. Die Vermeidung des anthropogenen Klimawandels ist in den letzten Jahren in der Mitte des gesellschaftlichen Diskurses angekommen. Es gibt einen globalen politischen Konsens darüber, dass die Erderwärmung auf höchstens 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden muss, wenn gefährliche, irreversible und kaum beherrschbare Risiken für Natur und Gesellschaft vermieden werden sollen (Kap. 1.1.1; WBGU, 2009b). Dafür ist eine drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen unverzichtbar. Die im Zeitraum 2011–2050 kumulierten CO_2-Emissionen aus fossilen Quellen dürfen 750 Gt CO_2 nicht überschreiten (Kasten 1.1-1). Dieses globale CO_2-Budget wäre bereits in rund 25 Jahren erschöpft, wenn die Emissionen auf dem aktuellen Niveau eingefroren würden. Es ist also ein schnelles, transformatives Gegensteuern notwendig. Die Dekarbonisierung der Energiesysteme (Kap. 4.6; Kasten 7.3-1) ist das Kernstück der Transformation. Ohne eine Umsteuerung der rasanten Urbanisierung auf klimaverträgliche Entwicklungspfade (Kap. 7.3.6) kann die Transformation nicht gelingen. Auch die Minderung der Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung einschließlich eines Stopp der Entwaldung (Kap. 7.3.7) ist unverzichtbar.

Bereits seit geraumer Zeit befindet sich das auf fossilen Energieträgern beruhende ökonomische System international im Umbruch. Dieser Strukturwandel wird vom WBGU als Beginn einer „Großen Transformation" zur nachhaltigen Gesellschaft verstanden (Kap. 3). Das Ausmaß des vor uns liegenden Übergangs ist kaum zu überschätzen und wird zu Recht als große Menschheitsherausforderung bezeichnet. Er ist hinsichtlich der Eingriffstiefe vergleichbar mit den beiden fundamentalen Transformationen der Weltgeschichte: der Neolithischen Revolution, also der Erfindung und Verbreitung von Ackerbau und Viehzucht, sowie der Industriellen Revolution, die den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft beschreibt. Anders als diese beiden historischen Übergänge muss die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft innerhalb der planetarischen Leitplanken der Nachhaltigkeit (Kasten 1-1) und wesentlich schneller verlaufen. Sie ist zudem keineswegs ein Automatismus, sondern muss aus Einsicht, Umsicht und Voraussicht vorangetrieben werden, wenn sie in dem engen Zeitfenster gelingen soll, das zur Verfügung steht. Dies ist historisch einzigartig, denn die großen Transformationen der Vergangenheit waren Ergebnisse allmählichen evolutionären Wandels. Langzeitstudien zeigen, dass sich immer mehr Menschen weltweit einen solchen Wandel in Richtung Zukunftsfähigkeit wünschen (Kap. 2). Überdies verdeutlicht das atomare Desaster in Fukushima, dass schnelle Wege in eine klimaverträgliche Zukunft ohne Kernenergie beschritten werden sollten.

Das Ziel ist formuliert und der Zeitdruck hoch, aber aufgrund unzureichender nationaler und internationaler politischer Anstrengungen ist die große Herausforderung dieser Transformation ungelöst. Die Weichenstellungen dafür müssen im Verlauf dieses Jahrzehnts gelingen, damit bis 2050 die Treibhausgasemissionen weltweit auf ein Minimum reduziert und gefährliche Klimaänderungen noch vermieden werden können. Der Zeitfaktor ist also von herausragender Bedeutung: Je später gehandelt wird und je größer die kumulierten Treibhausgasemissionen werden, desto schwieriger wird es, gefährliche Klimaänderungen zu vermeiden.

Es ist jetzt eine vordringliche politische Aufgabe, die Blockade einer solchen Transformation zu beenden und den Übergang zu beschleunigen. Dies erfordert nach Ansicht des WBGU die Schaffung eines nachhaltigen Ordnungsrahmens, der dafür sorgt, dass Wohlstand, Demokratie und Sicherheit mit Blick auf die natürlichen Grenzen des Erdsystems gestaltet werden. Insbesondere müssen Entwicklungspfade beschritten wer-

den, die mit der 2 °C-Klimaschutzleitplanke kompatibel sind, auf die sich die Weltgemeinschaft 2010 in Cancún verständigt hat.

Die anstehenden Veränderungen reichen über technologische und technokratische Reformen weit hinaus: Die Gesellschaften müssen auf eine neue „Geschäftsgrundlage" gestellt werden. Es geht um einen neuen Gesellschaftsvertrag für eine klimaverträgliche und nachhaltige Weltwirtschaftsordnung (Kap. 7.2). Dessen zentrale Idee ist, dass Individuen und die Zivilgesellschaften, die Staaten und die Staatengemeinschaft sowie die Wirtschaft und die Wissenschaft kollektive Verantwortung für die Vermeidung gefährlichen Klimawandels und für die Abwendung anderer Gefährdungen der Menschheit als Teil des Erdsystems übernehmen. Der Gesellschaftsvertrag kombiniert eine Kultur der Achtsamkeit (aus ökologischer Verantwortung) mit einer Kultur der Teilhabe (als demokratische Verantwortung) sowie mit einer Kultur der Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen (Zukunftsverantwortung). Ein zentrales Element in einem solchen Gesellschaftsvertrag ist der gestaltende Staat (Kap. 5), der für die Transformation aktiv Prioritäten setzt, gleichzeitig erweiterte Partizipationsmöglichkeiten für seine Bürger bietet und der Wirtschaft Handlungsoptionen für Nachhaltigkeit eröffnet (Kap. 7.3.1).

Indem der WBGU die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Transformation aufzeigt, Pioniere des Wandels nennt, Blockademechanismen identifiziert sowie politische und institutionelle Ansätze zu deren Überwindung entwickelt, veranschaulicht er die „Bedingungen der Möglichkeit" (Immanuel Kant) des Übergangs zu Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit. Damit möchte der WBGU der Politik, aber auch der Wirtschaft und den gesellschaftlichen Akteuren Mut machen, den Wandel zu wagen.

7.1.1 Die Transformationsstrategie des WBGU

Die Suche nach tragfähigen Strategien für den Übergang zu einer klimaverträglichen Wirtschaft hat in Unternehmen, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft stark an Bedeutung gewonnen. Aus einem Nischenthema ist in kurzer Zeit in Deutschland und Europa, aber auch in vielen anderen Ländern weltweit ein zentrales Zukunftsthema geworden. Pioniere, die klimaverträgliche Entwicklungspfade voranbringen, gibt es in allen Bereichen der Gesellschaft. Viele Unternehmen erkennen, dass in einer prosperierenden Welt mit bald 9 Mrd. Menschen der nächste globale Innovationszyklus ressourcenschonend und klimaverträglich sein muss. Langfristige Investitionen, insbesondere in erneuerbare Energiequellen sowie in Energie- und Ressourceneffizienz, dienen nicht nur dem Atmosphärenschutz, sie reduzieren auch die vielfältigen Abhängigkeiten von Importen fossiler Brennstoffe und entscheiden zugleich über die Innovationszentren der Zukunft und die Neuordnung der weltwirtschaftlichen Hierarchien. Der Umbau eröffnet innovationsstarken Gesellschaften auch in Europa neue Perspektiven.

Diese Vorreiter sind keine Außenseiter mehr wie noch die Protagonisten, die auf dem Erdgipfel in Rio de Janeiro im Jahr 1992 für nachhaltige Entwicklung stritten. Die Pioniere klimaverträglicher Entwicklung oder „grünen" Wachstums vertreten heute in vielen Ländern mehrheitsfähige Positionen. Die deutsche Bundesregierung, Europa, Südkorea, China, Indonesien, Indien und einige Bundesstaaten der USA bemühen sich darum, die Wohlstandssteigerung von den Treibhausgasemissionen zu entkoppeln und haben dafür Strategien, Leitbilder für grünes Wachstum oder Umbaupläne für ihre Energiesektoren vorgelegt.

In den letzten Jahren haben sich zudem weltweit viele emissionsarme Technologien dynamisch entwickelt. Die erneuerbaren Energien sind zu einem wichtigen Wirtschafts- und Beschäftigungsfaktor geworden. Viele Städte weltweit setzen bereits klimaverträgliche Zukunftskonzepte in die Praxis um, in großen Unternehmen sind aus kleinen Abteilungen für Gesellschaftsverantwortung (Corporate Social Responsibility) vielfach „Innovationszentren für zukunftsfähige Märkte" geworden, und in der Wissenschaft sind Forschungsverbünde entstanden, die sich mit der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft beschäftigen. Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft findet also bereits statt und die Richtung der Veränderungen scheint zu stimmen. Vielleicht wird man in zwanzig Jahren aufgrund der „Häufigkeitsverdichtungen" (Osterhammel, 2009) klimaverträglicher Innovationen das erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts als die entscheidende Umbruchphase zur klimaverträglichen Wirtschaft bezeichnen – wenn jetzt die richtigen Weichen gestellt werden, um diesen Prozess zu kanalisieren (Kap. 3).

Nicht zuletzt die enttäuschenden Ergebnisse der Klimaverhandlungen in Kopenhagen 2009 verdeutlichen aber, dass viele Regierungen trotz klimaverträglicher Suchprozesse in ihren Ländern noch nicht bereit sind, völkerrechtlich verbindliche Weichenstellungen in Richtung einer nachhaltigen Weltwirtschaft vorzunehmen. Solange das nicht der Fall ist, müssen Pioniere des Wandels in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft angesichts der nationalen und internationalen Pfadabhängigkeiten, die in 250 Jahren fossil basierter Industriegeschichte entstanden sind, die Reformanstrengungen mit großem Kraftaufwand durchsetzen – dem berühm-

ten Sisyphos gleich, der seinen Felsblock einen steilen Hang hinaufrollen musste. Im Ergebnis steigt – trotz des nahezu weltweiten Siegeszuges klimaverträglicher Reformansätze – seit Anfang dieser Dekade die Treibhausgasintensität der globalen Stromproduktion sogar wieder an. Eine Transformationsstrategie muss die positiven Reformdynamiken aufnehmen und multiplizieren sowie die zentralen Blockaden abbauen (Abb. 7.1-1). Der steile Reformberg muss abgeflacht werden, damit die Transformation eine Dynamik erreicht, die es erlaubt, gefährlichen Klimawandel zu vermeiden.

Dennoch ist die Gefahr groß, dass die Dynamik aus Wandel und Beharrungskräften in Sackgassen mündet (Abb. 7.1-2); die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft kann auch scheitern. Beispielsweise könnte die steigende Energieeffizienz von Fahrzeugen durch ihre schneller wachsende Zahl überkompensiert werden (Rebound-Effekt; Kasten 4.3-2). Staaten könnten sich auf die Minderung ihres Treibhausgasausstoßes einigen, jedoch weit unter dem notwendigen Ambitionsniveau. Erneuerbare Energien könnten an Bedeutung gewinnen, aber die weiterhin dominanten fossilen Energieträger nur ergänzen statt sie zu ersetzen. Derart halbherzig und verlangsamt umgesetzt könnte die Transformation in eine „3–4 °C-Welt" führen, mit kaum beherrschbaren Folgen für Natur und Gesellschaft. Es kommt jetzt darauf an, die Weichen so zu stellen, dass dies unwahrscheinlich wird.

7.1.1.1
Förderliche und hemmende Faktoren

Positiv ist zu vermerken, dass bereits viele bedeutende Handlungsoptionen für nachhaltigen Fortschritt existieren (Abb. 7.1-1). Entsprechende Technologien sind schon in Anwendung oder werden entwickelt (Kap. 4). Dank moderner Kommunikationstechnologien und weltweiter Wissensnetzwerke können sich klimaverträgliche Innovations- und Lernprozesse rasch verbreiten, auch in Ländern, wo dies politisch unterdrückt wird. Die politischen und ökonomischen Steuerungsinstrumente sind ebenfalls bekannt und könnten, entsprechenden öffentlichen Willen zur Gestaltung der Rahmenbedingungen vorausgesetzt, rasch auf die Dekarbonisierung zugeschnitten werden (Kap. 5.2).

Die finanziellen Herausforderungen der Transformation sind signifikant, aber beherrschbar (Kap. 4.5). Der globale zusätzliche Investitionsbedarf für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft im Vergleich zum „Weiter so" dürfte sich bis 2030 etwa in einer Größenordnung von 200 bis etwa 1.000 Mrd. US-$ pro Jahr bewegen, im Zeitraum 2030–2050 noch deutlich darüber. Diesen Investitionen stehen zeitversetzt finanzielle Einsparungen in ähnlicher Größenordnung sowie die Vermeidung der immensen Kosten eines gefährlichen Klimawandels gegenüber. Mit innovativen Geschäftsmodellen und Finanzierungskonzepten lassen sich diese Aufgaben sehr wohl lösen.

Nicht zuletzt stimmt den WBGU optimistisch, dass in wachsenden Teilen der Weltbevölkerung Werthaltungen entstehen oder an Bedeutung gewinnen, die dem Schutz der natürlichen Umwelt einen zentralen Stellenwert einräumen (Kap. 2). Es gibt einen relativ breiten, kulturübergreifenden Konsens, die vorherrschende Wirtschaftsweise zu transformieren und in den nachhaltigen Umgang mit der Umwelt einzubetten. Politische Optionen, die an postmateriellen Werthaltungen und Nachhaltigkeitsorientierungen anknüpfen, stehen somit nicht im Widerspruch zu den Mehrheiten industrialisierter Gesellschaften und sind auch in Schwellenländern, die auf nachholende Entwicklung setzen, unter Meinungsführern verbreitet. Dies erleichtert der Politik, den angestrebten Wandel für große Mehrheiten annehmbar zu machen (Akzeptanz), sich Zustimmung zu verschaffen (Legitimation) und den Menschen Teilhabe zu ermöglichen (Partizipation). Sie kann bei Entscheidungen zugunsten des Klimaschutzes deutlich mehr Courage zeigen: In der Bevölkerung ist die Bereitschaft dafür bereits viel größer als weithin vermutet.

Dieser positiven Entwicklung stehen allerdings Faktoren entgegen, die eine Transformation hemmen. Politische, institutionelle und ökonomische Pfadabhängigkeiten, Interessenstrukturen sowie Vetospieler erschweren den Übergang zur nachhaltigen Gesellschaft. Ein Beispiel dafür sind weltweite Subventionen für fossile Energieträger. Nach verschiedenen Schätzungen lagen die weltweiten Konsumsubventionen für fossile Energien in den vergangenen Jahren in der Größenordnung von 300 bis mehr als 500 Mrd. US-$ (Kap. 4.5). Doch es geht nicht nur um viel Geld und die damit verbundenen Interessen der etablierten emissionsintensiven Sektoren der Wirtschaft. Das Wirtschaftsmodell der vergangenen 250 Jahre mit seinen Regelwerken, Forschungslandschaften, Ausbildungssystemen, gesellschaftlichen Leitbildern sowie Außen-, Sicherheits-, Entwicklungs-, Verkehrs-, Wirtschafts- und Innovationspolitiken war nahezu alternativlos auf die Nutzung fossiler Energieträger zugeschnitten. Dieses komplexe System muss nun grundlegend umgebaut und auf die Dekarbonisierung der Energiesysteme sowie radikale Energieeffizienzsteigerungen ausgerichtet werden. John Maynard Keynes hat eine wesentliche Herausforderung solcher Systemveränderungen prägnant beschrieben: Es ist nicht so schwer, neue Konzepte und Strategien zu entwickeln, viel schwerer ist es, die alten Routinen und Leitbilder zu vergessen.

Die Transformation muss zudem innerhalb eines engen Zeitfensters stattfinden, was für komplexe Gesellschaften, gerade im Kontext internationaler Ver-

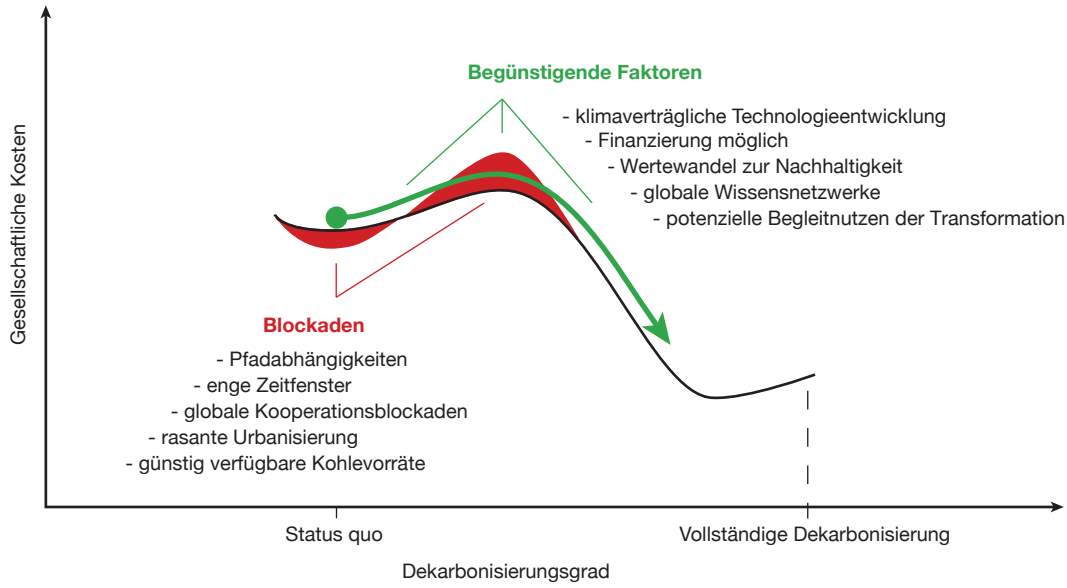


Abbildung 7.1-1
Topographie der Transformation: Um vom Status quo zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft (vollständige Dekarbonisierung) zu gelangen, sind zunächst Hürden zu überwinden, die als ein Anstieg der gesellschaftlichen Kosten dargestellt sind. Dieser Anstieg wird derzeit durch Blockaden (rot) verstärkt: Die gesellschaftlichen Kosten des derzeitigen Zustands stellen sich geringer dar als angemessen, etwa durch Fehlanreize wie Subventionen fossiler Energieträger oder nicht einberechnete Umweltkosten. Gleichzeitig erscheinen die erforderlichen gesellschaftlichen Kosten des Umbaus höher als sie tatsächlich sind: Zwar erfordern verschiedene blockierende Faktoren hohe Anstrengungen, etwa die kostenintensive Überwindung von Pfadabhängigkeiten. Dem stehen jedoch begünstigende Faktoren (grün) gegenüber: Viele Technologien für die Transformation sind bereits vorhanden und ihr Einsatz ist finanzierbar. Mit Hilfe der begünstigenden Faktoren können die Hürden abgesenkt und so der Weg für die Transformation geebnet werden. Sind die entscheidenden Hürden einmal genommen, ist eine große Eigendynamik in Richtung Klimaverträglichkeit zu erwarten.
Quelle: WBGU

handlungssysteme, eine erhebliche Herausforderung darstellt. Zugleich müssen unsere Gesellschaften bereit sein, vorausschauend auf Grundlage der Erkenntnisse der Wissenschaft zu handeln. Dafür müssen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft Langfristorientierungen tief verankert werden.

Die Urbanisierungsschübe in den Entwicklungsregionen, die zu einem erheblichen Teil auf fossil basierten Wohlstandssteigerungen gründen, stellen eine weitere enorme Herausforderung, aber auch Chance für den Transformationsprozess dar. Insbesondere in den rasant wachsenden Schwellenländern muss der Übergang zu klimaverträglichen Städten in sehr kurzer Zeit stattfinden. Dies stellt einerseits hohe Anforderungen an die Transformations- und Lernkapazitäten dieser Länder. Andererseits herrscht dort zumeist noch das Grundverständnis vor, dass die Erderwärmung primär von den OECD-Ländern verursacht wurde bzw. wird und vermeintlich kostspielige Klimaschutzinvestitionen daher vor allem in den alten Industriegesellschaften stattfinden müssten. Diese Sichtweise ist noch nicht durch eine Einigung über eine globale Lastenteilung aufgelöst worden. Erschwert wird die Situation dadurch, dass vor allem der Brennstoff Kohle in vielen Schwellenländern günstig zur Verfügung steht.

Die WBGU-Analyse zeigt zudem, dass die heute bestehenden Institutionen für die globale Politikgestaltung (Global Governance) nicht gut auf die Transformation vorbereitet sind. Dies gilt insbesondere für die drei zentralen Transformationsfelder Energie, Urbanisierung und Landnutzung. Zudem gibt es derzeit keine durchsetzungsstarken Klimapionierallianzen, die den Aufbau postfossiler transnationaler Ordnungsstrukturen beschleunigen könnten.

Insgesamt lautet die Botschaft des WBGU jedoch, dass die Transformation zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft notwendig und machbar ist. Sie hat in einigen Sektoren, Regionen und Ländern bereits begonnen. Jetzt müssen wir vor allem aufhören, die Transformation zu verhindern und statt dessen Initiativen zu ihrer Beschleunigung voranbringen.

7.1.1.2 Klimaschutz in drei zentralen Transformationsfeldern

Der Übergang zur Klimaverträglichkeit im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung betrifft vor allem die folgenden drei Hauptpfeiler der heutigen Weltgesellschaft,

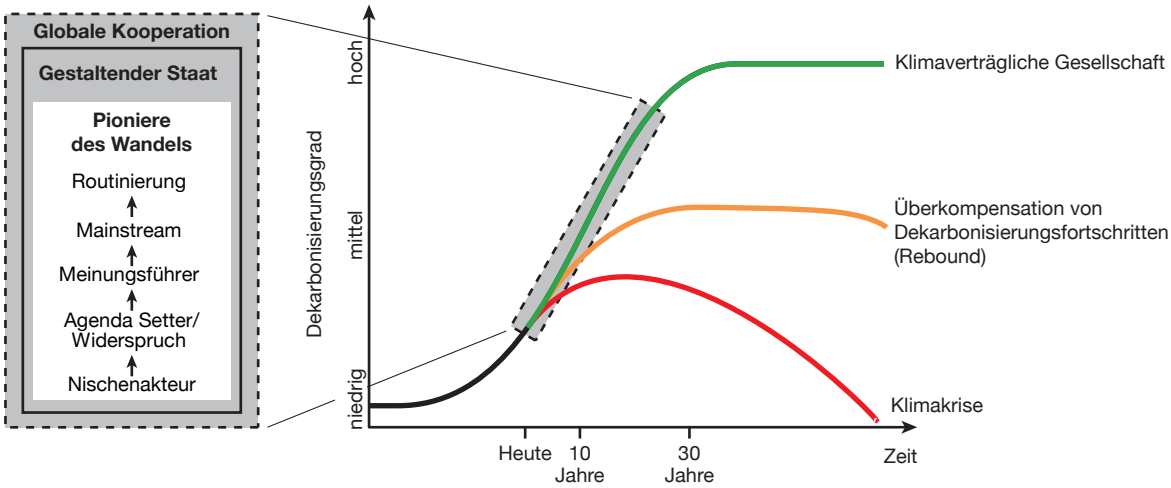


Abbildung 7.1-2
Zeitliche Dynamik und Handlungsebenen der Transformation. Ziel der Transformation ist der Übergang in eine klimaverträgliche Gesellschaft. Kernstück der Transformation ist die Dekarbonisierung der Energiesysteme. Links: Der gestaltende Staat und die Pioniere des Wandels sind die zentralen Akteure. Bei den Pionieren des Wandels geht es darum, die Nische zu verlassen und ihre Breitenwirksamkeit durch gesellschaftliche Routinierung zu erhöhen. Rechts: Für die Transformation müssen die entscheidenden Weichen innerhalb der nächsten zehn Jahre gestellt werden, damit der Umbau in den nächsten 30 Jahren gelingen kann. Der nachhaltige Pfad (grün) schafft rechtzeitig den Übergang von der fossilen zur klimaverträglichen Gesellschaft. Durch eine Überkompensation von Dekarbonisierungsfortschritten (z.B. durch Rebound-Effekte) können Klimaschutzmaßnahmen wirkungslos werden, so dass die Transformation scheitert (gelb). Werden nur schwache Anstrengungen unternommen, drohen Pfadabhängigkeiten (Lock-in-Effekt), die zu einer globalen Klimakrise führen (rot).
Quelle: WBGU modifziert nach Grin et al., 2010

an denen die Politik zur Transformation ansetzen sollte (Kap. 5.4.5): *Erstens*, die Energiesysteme unter Einschluss des Verkehrssektors, von denen die gesamte Wirtschaft abhängt und die derzeit wegen der hohen Entwicklungsdynamik der Schwellenländer vor einem neuen Wachstumsschub stehen. Der Energiesektor verursacht derzeit etwa zwei Drittel der Emissionen langlebiger Treibhausgase. *Zweitens*, die urbanen Räume, die derzeit für drei Viertel der globalen Endenergienachfrage verantwortlich sind und deren Bevölkerung sich bis 2050 auf 6 Mrd. verdoppeln wird. *Drittens*, die Landnutzungssysteme (der Land- und Forstwirtschaft einschließlich der Waldrodungen), aus denen derzeit knapp ein Viertel der globalen Treibhausgasemissionen stammen. Die Landwirtschaft muss nicht nur die Ernährung für eine weiter wachsende und anspruchsvoller werdende Weltbevölkerung sichern, sondern auch Nachfragesteigerungen wegen der zunehmenden Nutzung von Bioenergie und biobasierten Rohstoffen decken.

Auf allen drei Feldern ist die Welt noch weit von einer klaren Weichenstellung in Richtung Nachhaltigkeit entfernt. Die von der Mehrzahl der Regierungen im Rahmen der internationalen Klimaverhandlungen bisher angekündigten Emissionsminderungen reichen bei weitem nicht aus, um die 2 °C-Leitplanke einzuhalten. Dennoch sollte die einsetzende Dynamik der Transformation nicht unterschätzt werden. Die seit den 1970er Jahren geführten Diskussionen um die Grenzen des Wachstums und die Suche nach klimaverträglichen Entwicklungspfaden sind nunmehr in der Mitte der Gesellschaften angekommen. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, die bereits in vielen Ländern existierenden klimaverträglichen Experimente, Branchen, Nischen und Effizienzinseln zu vergrößern und den Übergang von einer fossilen zu einer klimaverträglichen Wirtschaftsweise zu beschleunigen. Maßnahmen, die jeweils für sich als wenig ambitioniert erscheinen, können in einer solchen dynamischen Situation des Umbruchs in der Summe große Wirkung entfalten und Kipppunkte der Entwicklung auslösen. Dennoch ist die Wende zur Klimaverträglichkeit in allen drei Transformationsfeldern eine große Herausforderung.

Transformationsfeld Energie

Das Transformationsfeld Energie ist deshalb so bedeutend, weil sich die Welt nach wie vor auf einem „fossilen Wachstumspfad" mit stark steigenden CO_2-Emissionen befindet. Soll die 2 °C-Leitplanke eingehalten werden, muss die Trendumkehr der globalen Emissionsentwicklung aber spätestens 2020 erfolgen, denn ansonsten wären die Gesellschaften mit den später notwendigen drastischen Emissionsminderungen überfordert. Notwendig ist eine globale Energiewende, die globale Entwicklungsdynamiken mit berücksichtigt. Die weltweite Energieversorgung beruht noch zu über 80 %

auf umwelt- und klimaschädlichen fossilen Energieträgern, während rund 3 Mrd. Menschen noch immer von einer existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen ausgeschlossen sind. Die Herausforderung besteht darin, diesen Menschen rasch Zugang zu modernen Energiedienstleistungen zu verschaffen und gleichzeitig die CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger weltweit stark zu reduzieren. Dies kann nur gelingen, wenn die Energieeffizienz drastisch erhöht wird und Lebensstiländerungen angestoßen werden, so dass die Energienachfrage insgesamt begrenzt wird. Die notwendige Dekarbonisierung der Energiesysteme bedeutet einen hohen Handlungsdruck nicht nur in Industrieländern, sondern auch in dynamisch wachsenden Schwellen- und Entwicklungsländern. Auch arme Entwicklungsländer müssen mittelfristig auf einen emissionsarmen Entwicklungspfad einschwenken. Das Zeitalter des auf der Nutzung fossiler Energieträger basierenden Wirtschaftswachstums muss beendet werden. Im Zentrum jeder Dekarbonisierungsstrategie muss der massive Ausbau der erneuerbaren Energien und der dafür erforderlichen Infrastruktur stehen.

Nach Einschätzung des Beirats ist anspruchsvoller globaler Klimaschutz auch ohne Kernenergie möglich. In einer Reihe von Ländern ist derzeit ein Ausbau der Kernenergie geplant. Davon rät der WBGU dringend ab, insbesondere wegen der Risiken schwerster Schadensfälle, der ungeklärten Endlagerungsproblematik und dem Risiko unkontrollierter Proliferation. Bestehende Kapazitäten sollten so rasch wie möglich durch nachhaltige Energietechnologien ersetzt und bei erkennbaren Sicherheitsmängeln umgehend stillgelegt werden. Der Ausstieg aus der Kernenergie darf aus Sicht des Beirats aber nicht durch den Wiedereinstieg oder die Verstärkung von Energieerzeugung aus Braun- und Steinkohle kompensiert werden.

Transformationsfeld Urbanisierung

Das Transformationsfeld Urbanisierung ist von großer Relevanz, weil der Urbanisierungsprozess ein bedeutender Treiber der Energienachfrage ist. Die Expansion der Städte schafft neue langlebige Infrastrukturen, welche die Energienachfrage über lange Zeiträume beeinflussen werden. Schon heute lebt etwa die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. In Asien wird sich die urbane Bevölkerung in den kommenden zwei Jahrzehnten auf rund 3 Mrd. Menschen verdoppeln. Im Jahr 2050 werden voraussichtlich so viele Menschen in Städten wohnen wie heute insgesamt auf der Erde leben. Der stattfindende Urbanisierungsschub muss also bei hoher Geschwindigkeit in eine klimaverträgliche Stadtentwicklung umgelenkt werden – und das in einer Situation, in der es weltweit keine einzige bereits funktionstüchtige klimaverträgliche Modellstadt gibt, von der gelernt werden könnte. Auch der Umbau bestehender Stadtstrukturen ist von hoher Bedeutung, benötigt viel Zeit und muss daher entschlossen angegangen werden.

Transformationsfeld Landnutzung

Im Transformationsfeld Landnutzung ist die Umwandlung natürlicher Ökosysteme (Wälder, Grasland, Feuchtgebiete) in landwirtschaftlich genutzte Flächen eine der wichtigsten Quellen für Treibhausgasemissionen. Daher muss der Stopp von Waldrodung und Walddegradation so schnell wie möglich erreicht werden. Derzeit verringert sich die Waldfläche weltweit um jährlich etwa 13 Mio. ha. Um den Nahrungsbedarf einer wachsenden Weltbevölkerung zu decken, muss laut Projektion der UN-Welternährungsorganisation (FAO) die globale Nahrungsmittelproduktion bis 2050 um bis zu 70 % gesteigert werden. Für die Landwirtschaft besteht die Herausforderung darin, die stark wachsende Nachfrage nach Agrargütern auf nachhaltige Weise, also auch unter Einschluss des Schutzes biologischer Vielfalt, zu decken und gleichzeitig auf der gesamten Wertschöpfungskette vom Acker bis zum Konsumenten die Emissionen zu mindern. Eine besondere Herausforderung stellen dabei die sich verändernden Ernährungsgewohnheiten in vielen Regionen der Welt zugunsten tierischer Produkte dar.

7.1.1.3 Strategische Perspektiven

Angesichts der Herausforderungen in den drei Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung wird deutlich, dass die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft einen Paradigmenwechsel von der fossilen zur postfossilen Gesellschaft bedeutet. Historische Erfahrungen und steuerungstheoretische Überlegungen zeigen aber, dass diese zu gestaltende Transformation extrem schwierig umsetzbar ist, weil erhebliche institutionelle wie wirtschaftliche Widerstände gegen strukturelle Veränderungen dieser Größenordnung zu erwarten sind. Die größte Herausforderung ist die Überwindung politischer, institutioneller und ökonomischer Pfadabhängigkeiten, welche die emissionsintensiven Entwicklungspfade derzeit noch auszeichnen. Es können berechtigte Zweifel aufkommen, ob ein solcher weltweiter Prozess politisch durchsetzbar sein wird. Für die Transformation könnte das bekannte Bonmot des ehemaligen US-Präsidenten Bill Clinton abgewandelt werden: „It's politics, stupid!". Dennoch steht fest: In Anbetracht der drohenden Wirkungen eines ungebremsten Klimawandels gibt es keine Alternative. Angesichts dieser Lage sieht der WBGU zwei sehr unterschiedliche erfolgversprechende politische Strategien, um die Transformation zu

befördern:

1. *Polyzentrische Strategie:* Die laufenden Umbaubemühungen in den verschiedenen Sektoren und auf den verschiedenen Ebenen werden gebündelt und deutlich verstärkt. Diese Strategie ist nach Überzeugung des WBGU in absehbarer Zeit und mit vorhandenen Mitteln umsetzbar und mithin realistisch. Maßnahmen, die jeweils für sich geringe transformative Wirkung entfalten, können durch kluge Mischung und geschickte Kombination deutlich größere Effekte erzielen als die einfache Summierung erwarten lässt, und sie können unerwartete Dynamiken erzeugen. Insgesamt kann ein gesellschaftlicher Kipppunkt erreicht werden, jenseits dessen die Widerstände gegen die Transformation deutlich abnehmen, der notwendige politische Wille wächst und es zu einer erheblichen Beschleunigung kommt.
2. *Fokussierte Strategie:* Hier geht es um eine Konzentration auf wenige große Weichenstellungen, die eine hohe transformative Wirkung ausüben können, aber gegenwärtig vielen Akteuren noch unrealistisch erscheinen, weil sie gegen machtvolle Beharrungskräfte durchgesetzt werden müssten. Einige dieser großen Weichenstellungen sind jedoch erforderlich, um die notwendige Größenordnung und Beschleunigung der Transformation zu einer klimaverträglichen Wirtschaft und Gesellschaft zu erreichen.

Die polyzentrische und die fokussierte Transformationsstrategie zielen beide auf eine Große Transformation ab und unterscheiden sich somit von der inkrementellen Politik des kurzfristigen Krisenmanagements und der stets aufschiebenden Kompromissfindung.

Der WBGU plädiert in diesem Gutachten für eine intelligente Verbindung beider Strategien: Er gibt Empfehlungen für die Verstärkung der laufenden Klimaschutzbemühungen in den drei zentralen Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung und identifiziert „Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel mit großer transformativer Hebelwirkung" (Kap. 7.3). Je mehr kleinskalige Maßnahmen greifen und je mehr Pioniere des Wandels aktiv werden, sich vernetzen und beginnen, Veränderungen auf den unterschiedlichen Ebenen im Sinne der Transformation anzustoßen, desto eher werden Entscheidungsträger ermutigt, auch vermeintlich unpopuläre, große Weichenstellungen anzupacken (Kap. 6). In einem derart dynamischen gesellschaftlichen Umfeld können Maßnahmen, die heute noch als unrealistisch gelten, morgen durchaus umsetzbar sein. Der WBGU stuft deshalb seine Empfehlungen nach ihrem Ambitionsniveau, also nach ihrer transformativen Wirkung und politischen Machbarkeit ein (Kap. 7.1.4). Dies eröffnet die Möglichkeit, explizit auch große Weichenstellungen zu empfehlen, die aus heutiger Sicht noch unrealistisch erscheinen mögen, perspektivisch jedoch unerlässlich sein dürften.

Auf diesem Weg ist in einigen Ländern bzw. Regionen die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft schon vorangeschritten. Das neue Narrativ oder Leitbild ist bereits stark verankert, in vielen Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft werden Pioniere des Wandels zunehmend zu Meinungsführern und beschleunigen die Umgestaltung der dominierenden, auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhenden Wirtschaftsweise.

Aus historischen Analysen lässt sich lernen, dass „Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen" (Osterhammel, 2009) historische Schübe und umfassende Transformationen anstoßen können (Kap. 3). Die gesellschaftliche Dynamik für die Transformation in Richtung Klimaschutz muss also durch eine Kombination von Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen erzeugt werden:

- Sie ist wissensbasiert, beruht auf einer gemeinsamen Vision und ist vom Vorsorgeprinzip geleitet.
- Sie stützt sich stark auf Pioniere des Wandels, welche die Optionen für die Überwindung einer auf der Nutzung fossiler Ressourcen beruhenden Ökonomie testen und vorantreiben und so neue Leitbilder bzw. Visionen entwickeln helfen, an denen sich der gesellschaftliche Wandel orientieren kann. Die Pioniere agieren zunächst als Nischenakteure, können dann aber zunehmend Wirkungskraft entfalten und die Transformation entscheidend befördern (Abb. 7.1-2).
- Sie erfordert einen gestaltenden Staat, der dem Transformationsprozess durch entsprechende Rahmensetzung Entfaltungsmöglichkeiten in eine bestimmte Richtung eröffnet, die Weichen für den Strukturwandel stellt und die Implementierung klimaverträglicher Innovationen absichert. Der gestaltende Staat schafft den Pionieren des Wandels Freiräume und fördert sie aktiv (Kap. 5.4).
- Sie setzt zudem auf die Kooperation der internationalen Staatengemeinschaft sowie auf den Aufbau von Strukturen für globale Politikgestaltung (Global Governance) als unerlässliche Impulsgeber für die intendierte Transformationsdynamik.

7.1.2 Leitbild des WBGU für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft

Eine derart fundamentale Transformation, die erhebliche Veränderungen der Wirtschaftsweise, der sozialen Strukturen, der politischen Handlungsparameter

und der Lebensstile beinhaltet, benötigt einen normativen und methodischen Orientierungsrahmen: Wie soll eine solche Gesellschaft aussehen, auf welchem Wege kann man sie erreichen? Der WBGU hat ein Leitbild für die Transformation entwickelt, das als Grundlage einer gesellschaftlichen Debatte dienen soll. Es hat eine doppelte Funktion: Erstens soll es die Zielvorstellung einer klimaverträglichen Gesellschaft sowie die Charakteristika einer solchen Gesellschaft verdeutlichen. Zweitens soll es die Richtung skizzieren, wie die Transformation diese Zielvorstellung erreichen kann. Es umfasst folgende Punkte:

Kontext Nachhaltigkeit

Im Zeitalter des Anthropozäns (Crutzen und Stoermer, 2000; Kap. 1) muss der Mensch die Verantwortung nicht nur für die Entwicklung der Gesellschaft übernehmen, sondern auch dafür, dass die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit erhalten bleiben. Die Identifikation planetarischer Leitplanken macht deutlich, dass die bisherige, mit zunehmendem Ressourcenverbrauch und steigenden Treibhausgasemissionen einhergehende Wirtschaftsweise nicht nachhaltig ist. Das Anthropozän erfordert neue, langfristige Entwicklungsstrategien, begleitet von einem Bewusstsein für die globalen Konsequenzen lokaler Entscheidungen und Handlungen. Dieses neue Narrativ macht eine Abkehr vom bisherigen Leitbild gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Entwicklung notwendig.

In diesem Kontext beschreibt das hier skizzierte Leitbild des WBGU für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft nur einen Teil des Übergangs in eine nachhaltige Welt, der jenseits der Vermeidung von Treibhausgasemissionen auch grundlegende ökologische, soziale und ökonomische Entwicklungsziele bzw. Leitplanken beinhaltet (Kasten 1-1). Dem Klimaschutz kommt allerdings eine besondere Bedeutung zu, denn er ist eine conditio sine qua non für nachhaltige Entwicklung. Klimaschutz allein kann zwar den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen für die Menschheit nicht sichern, aber ohne wirksamen Klimaschutz entfallen absehbar essenzielle Entwicklungsmöglichkeiten der Menschheit.

Ziel der Transformation

Ziel der in diesem Gutachten behandelten Transformation ist eine klimaverträgliche Gesellschaft und Weltwirtschaft. Der globale Temperaturanstieg soll auf weniger als 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden (Kap. 1.1.1). Die kumulativen CO_2-Emissionen bis 2050 werden weitgehend bestimmen, ob die 2 °C-Grenze eingehalten werden kann. Dazu sollten ab sofort bis 2050 global nicht mehr als 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen emittiert werden, mit nur geringen Emissionen danach (Kasten 1.1-1; WBGU, 2009b). Damit dieses globale CO_2-Budget nicht überschritten wird, müssen die Energiesysteme bis Mitte des Jahrhunderts dekarbonisiert, d.h. weitgehend emissionsfrei werden (Kasten 7.3-1). Parallel dazu müssen die Entwaldung gestoppt und die Emissionen anderer Treibhausgase aus Landnutzung (Kap. 7.3.7) und anderen Quellen so weit wie möglich gesenkt werden.

Jenseits allgemeiner Präferenzen und des konkreten Klimaziels lässt sich keine genaue Beschreibung eines angestrebten Endzustandes angeben. Zielsetzung und Richtung einer weltgesellschaftlichen Entwicklung können sich jedoch an global etablierten und weithin konsensfähigen Normen (Menschenrechte, UN-Konventionen) ausrichten. Breite Anerkennung findet vor allem der Imperativ, dass mit aktuellen Handlungen keine irreparablen Schäden für kommende Generationen hinterlassen werden sollen, ihnen also nicht schlechtere, sondern nach Möglichkeit bessere Bedingungen zu bieten sind. Die globale Perspektive gebietet ferner, dass bei allen Unterschieden und kulturellen Optionen die Entwicklungschancen für Menschen auf dem Globus nicht zu weit auseinander klaffen. Aus dem in der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) festgelegten Prinzip der „gemeinsamen aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten" ergibt sich, dass Entwicklungs- und Schwellenländern mehr Spielraum bei der Klimapolitik zugestanden wird als Industrieländern. Allerdings ist jeder Handlungsraum vielfältig gestaltbar; jede Gesellschaft sollte – abhängig von den spezifischen Bedingungen der einzelnen Länder – einen eigenen Transformationspfad entwickeln und beschreiten.

Sofortiges Handeln notwendig

Um gefährliche Klimaänderungen zu verhindern, müssen die Weichenstellungen der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft in den nächsten zehn Jahren erfolgen. Bis Mitte des Jahrhunderts muss die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft weitgehend abgeschlossen sein. Die globale Trendwende der Treibhausgasemissionen sollte noch in diesem Jahrzehnt erreicht werden.

Internationale Kooperation ausweiten

Klimawandel ist ein globales Problem, daher muss Klimaschutz immer auch eine zwischenstaatliche Komponente haben. Um die für den Klimaschutz notwendigen Langfristorientierungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu erreichen, müssen die Rahmenbedingungen entsprechend gesetzt werden. Hierfür ist eine deutlich anspruchsvollere internationale Kooperation unverzichtbar (Kap. 7.3.9). Dies betrifft zunächst die UNFCCC, bei der alle Ländergruppen große Zugeständ-

nisse werden machen müssen. Darüber hinaus ist die Entwicklung einer klimaverträglichen Weltwirtschaft nur möglich, wenn auch andere Felder der internationalen Politik auf dieses Ziel ausgerichtet werden. Dies gilt u.a. für die Energie-, Agrar-, Forschungs- und die Entwicklungspolitik (Kap. 7.3.10).

Entfaltungsräume für klimaverträgliche Entwicklung schaffen

Der Staat muss zur Förderung einer klimaverträglichen Transformation ordnend die Voraussetzungen schaffen und dem Suchprozess in Richtung Klimaverträglichkeit einen Entfaltungsraum bieten (Kap. 5.4). Das auf fossiler Energienutzung basierende Wirtschaftssystem ist bereits im Umbruch und das globale Finanz- und Wirtschaftssystem befindet sich in einer kritischen Phase. Dies verbessert die Chancen eines schnellen Übergangs zu einer klimaverträglichen Wirtschaftsweise. Während die Industrieländer einen Strukturwandel durchlaufen werden, brauchen Entwicklungs- und Schwellenländer gezielte Unterstützung beim Überspringen bisheriger technologischer Entwicklungsstufen (leapfrogging), so dass sie sich von vornherein auf einen anderen Entwicklungspfad begeben können. Lebensstiländerungen, insbesondere in Industrie- und Schwellenländern, sind Teil dieser Neuorientierung.

Pioniere des Wandels auf unterschiedlichsten Ebenen mobilisieren

Das Ziel der Transformation erfordert die Beteiligung aller gesellschaftlichen Akteure in Staat und Verwaltung, Politik, Unternehmen, Zivilgesellschaft sowie der Konsumenten (Kap. 6). Dies sollte auf allen Ebenen geschehen, auf der lokalen, nationalen bis hin zur internationalen Ebene. Eine besondere Rolle nehmen hierbei Pioniere des Wandels ein. Sie sollten politisch unterstützt werden, damit soziale Bewegungen ihre Nischen verlassen und Breitenwirkung entfalten können.

7.1.3 Kriterien für die Wirksamkeit transformativer Maßnahmen

Maßnahmen mit großer transformativer Wirkung zeichnen sich dadurch aus, dass sie vielen der folgenden Kriterien entsprechen:

1. *Größenordnung:* Das Ausmaß der Strukturveränderungen ist entscheidend. Klimaverträgliche Veränderungsprozesse sind in nahezu allen Sektoren der Wirtschaft notwendig. Dabei geht es darum, die notwendige Größenordnung der Veränderungen in verschiedenen Bereichen zu erreichen.
2. *Beschleunigung:* Das Zeitfenster für Weichenstellungen zur Vermeidung gefährlichen Klimawandels ist eng. Die Weichenstellungen hin zu einer klimaverträglichen Welt müssen im Verlauf dieses Jahrzehnts erfolgen, wenn gefährlicher Klimawandel noch vermieden werden soll. Es müssen also Maßnahmenbündel identifiziert werden, um die laufenden Reformdynamiken erheblich zu beschleunigen.
3. *Langfristige Weichenstellungen einleiten um Pfadabhängigkeiten zu vermeiden:* Der großskalige und tiefgreifende Umbau von Infrastrukturen in Energie-, Mobilitäts- und Landnutzungssystemen erfordert langfristige Visionen, Zielsysteme und „Fahrpläne“ in Richtung 2050 und darüber hinaus um Erwartungssicherheit zu schaffen, klimaverträgliche Systemwechsel gegen bestehende Pfadabhängigkeiten durchzusetzen und neue Pfadabhängigkeiten zu vermeiden.
4. *Systemreformen einleiten:* Die Maßnahmenbündel müssen berücksichtigen, dass in zentralen Bereichen der klimaverträglichen Transformation synchrone Reformen zwischen vernetzten Systemen notwendig sind. Klimaverträgliche Strategien zur Gestaltung des weltweiten Urbanisierungsschubes erfordern u.a. verzahnte Maßnahmen in den Bereichen Architektur, Raumplanung, Energie und Mobilität. Bei der nachhaltigen Landnutzung geht es nicht nur um den Schutz der Wälder, sondern auch um eine klimaverträgliche Landwirtschaft und um parallele Investitionen in ländliche Entwicklung, Ernährungssicherung und die Verbesserung lokaler Governance-Strukturen.
5. *Globale Reichweite des Transformationsprozesses:* Selbst eine radikale Reduktion der Emissionen in den OECD-Ländern könnte einen gefährlichen Klimawandel nicht vermeiden. Weil der Transformationsprozess zu einer klimaverträglichen Weltwirtschaft nur durch beschleunigte und vertiefte internationale Kooperation möglich ist, müssen entsprechende „große Reformhebel“ nicht nur in der Klimapolitik entwickelt und bewegt werden, sondern u.a. auch in der Außen-, Energie-, Wissenschafts-, Innovations- und Entwicklungspolitik.
6. *Menschen überzeugen, aktivieren, mitnehmen (Legitimation und politische Machbarkeit):* Der klimaverträgliche Umbau der Industriegesellschaften berührt die Lebens- und Konsumgewohnheiten vieler Menschen. Legitimation und Rückenwind für die Transformation kann also nur geschaffen werden, wenn die Menschen von der Sinnhaftigkeit dieser Reformprozesse überzeugt sind. Zugleich sind gerade zivilgesellschaftliche Organisationen wichtige Motoren klimaverträglicher Veränderungen. Maßnahmenbündel des klimaverträglichen

Wandels müssen demnach nicht nur umgesetzt werden, um technologische Durchbrüche zu erreichen und große Investitionsvolumina in Bewegung zu setzen, sondern auch, um ein Veränderungsklima in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik zu schaffen.

7. *Potenzial zur Überwindung von Blockaden und Pfadabhängigkeiten:* Manche Entscheidungen können bestimmte Entwicklungen über Jahrzehnte festlegen. Wenn beispielsweise große Teile des Kraftwerksparks eines Landes erneuert oder neu gebaut werden, ist für die kommenden Jahrzehnte der Energiemix zementiert. Ähnliches gilt für den Bau von Städten, denn Stadtstrukturen sind von hoher Persistenz und lassen sich nur langsam ändern. Es kommt also darauf an, strategische Weichenstellungen, z.B. in der Energie- oder Infrastrukturpolitik, so zu beeinflussen, dass Pfadabhängigkeiten vermieden und potenzielle Blockaden überwunden werden.

7.1.4 Zehn Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung: Überblick

Größenordnung und Geschwindigkeit klimaverträglichen Wandels sind bisher bei weitem nicht ausreichend, wenn ein gefährlicher Klimawandel vermieden werden soll. Der Kipppunkt hin zu einer klimaverträglichen Weltwirtschaft ist noch längst nicht erreicht. Der WBGU skizziert daher im folgenden zehn „Maßnahmenbündel mit großer transformativer Hebelwirkung", um die Transformation zu beschleunigen und in die Breite zu tragen. Darunter versteht der WBGU Maßnahmen, bei denen mit relativ wenig Kraftaufwand eine hohe transformative Wirkung erzielt werden kann.

Die skizzierten Empfehlungen mit großer strategischer Hebelwirkung unterscheiden sich teilweise deutlich in ihrer Reichweite, ihrer zeitlichen Wirkung und ihrem Akteursbezug. Die Analyse in Kapitel 3 hat gezeigt, dass die Streuung von Steuerungsaktivitäten, verteilt auf sehr unterschiedliche Ebenen und Akteure sowie die Gleichzeitigkeit und synergistische Verstärkungswirkung einzelner Entwicklungen (multi-level, multi-action, Koevolution; Kap. 3) in der Vergangenheit eine wichtige Voraussetzung für Transformationsprozesse war. Die folgenden zehn Bündel sind aus Sicht des WBGU von entscheidender Bedeutung, um eine Transformation zur Nachhaltigkeit im globalen Maßstab mit angemessener Zeitlichkeit zu bewerkstelligen (Kap. 7.3):

1. Den gestaltenden Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten ausbauen,
2. CO_2-Bepreisung global voranbringen,
3. Handlungsfeld Energie: Europäisierung der Energiepolitik ausweiten und vertiefen,
4. Handlungsfeld Energie: Ausbau erneuerbarer Energien durch Einspeisevergütungen international beschleunigen,
5. Handlungsfeld Energie: Nachhaltige Energiedienstleistungen in Entwicklungs- und Schwellenländern fördern,
6. Handlungsfeld Urbanisierung: Rasante Urbanisierung nachhaltig gestalten,
7. Handlungsfeld Landnutzung: Klimaverträgliche Landnutzung voranbringen,
8. Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft unterstützen und beschleunigen,
9. internationale Klima- und Energiepolitik stärken,
10. internationale Kooperationsrevolution anstreben.

Die Raute der Transformation

Der Schlüssel für eine erfolgreiche Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft liegt in der Verzahnung von Inventions-, Innovations- und Diffusionsprozessen sowie deren Beschleunigung, um dem Transformationsdruck angemessen zu begegnen. Dabei geht es nicht ausschließlich um neue technische Lösungen, sondern insbesondere auch um gesellschaftliche und politische Innovationen.

Die Analyse der Gründerzeit in Deutschland zeigt drei verknüpfte Faktoren von zentraler Bedeutung, die zusammen ein „goldenes Dreieck" für Innovationsprozesse ergaben (Kasten 3.6-1; Abb. 3.6-1): (1) der Ausbau wissenschaftlich-technischer Kapazität innerhalb der Hochschulen und Forschungsinstitute in Verbindung mit der Ausbildung von Fachkräften, (2) die Emergenz von Wirtschaftszweigen der Zukunft und (3) hohe Nettoinvestitionsquoten, die eine schnelle Diffusion von Innovationen ermöglichten. Die Politik stand im Zentrum, indem sie die Gründung von Forschungseinrichtungen unterstützte und günstige Rahmenbedingungen für wirtschaftliche Entwicklung schuf.

Für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft sind diese drei Elemente auch heute von entscheidender Bedeutung. Allerdings muss das Bild erweitert werden, um zur Veranschaulichung der Transformation zu dienen: Aus dem „goldenen Dreieck" wird eine Raute (Abb. 7.1-3). Der WBGU sieht den *neuen Gesellschaftsvertrag* (Kap. 7.2) als Fundament der Transformation, der somit auch in das Zentrum der Raute rückt. Er beinhaltet das gesellschaftliche Verständnis der Notwendigkeit und damit Legitimität und Akzeptanz der Transformation. Die Schaffung erweiterter Möglichkeiten der Partizipation von Pionieren des Wandels (Kap. 5, 6) ist eine Voraussetzung, um insbesondere die Diffusion neuer Technologien, sozialer Innovationen und politischer Neuerungen innerhalb

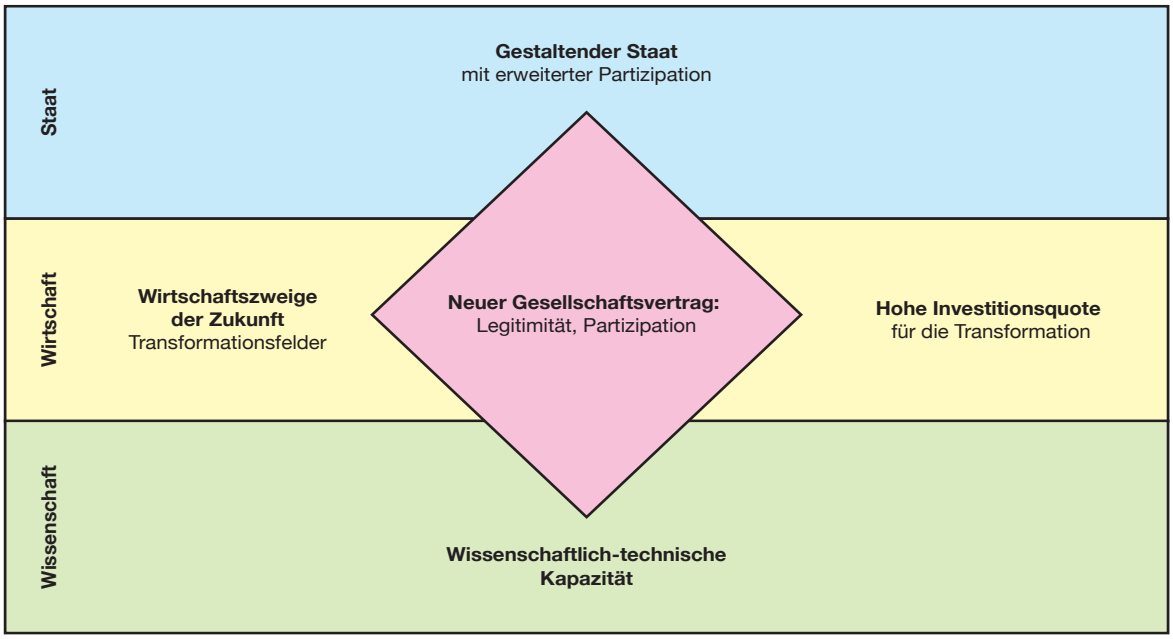


Abbildung 7.1-3
Die Raute der Transformation. Die Abbildung ist eine Erweiterung des „goldenen Dreiecks" (Abb. 3.2-3), das den Innovationsschub in der Gründerzeit veranschaulicht. Für die Transformation kommen zwei Elemente hinzu: der gestaltende Staat und der neue Gesellschaftsvertrag (Kap. 7.2), der den gestaltenden Staat mit erweiterter Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger ausbalanciert.
Quelle: WBGU

demokratischer Gesellschaften zu fördern.

Darüber hinaus muss das Bild um einen weiteren Pfeiler ergänzt werden: den *gestaltenden Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten* (Kap. 5.4.1). Voraussetzung einer erfolgreichen Transformationspolitik ist die simultane Stärkung des Staates (durch aktive Prioritätensetzung) und der Bürgerschaft (durch verbesserte Partizipation) unter dem Dach nachhaltiger Politikziele (Kap. 7.3.1).

Der Staat sollte sicherstellen, dass die Rahmenbedingungen zur Förderung der Transformation stimmen. Noch dominieren in Deutschland, Europa und auch weltweit Ordnungspolitiken, die auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhen. Sie stehen zwar unter Anpassungsdruck, wurden aber noch nicht grundlegend durch einen klimaverträglichen Ordnungsrahmen und entsprechende Anreizsysteme ersetzt (Kap. 5). Dies bedeutet allerdings keineswegs, dass der Staat der alleinige dominierende Akteur im Transformationsprozess sein sollte. Vielmehr vertritt der WBGU die Sichtweise, dass Pioniere des Wandels auf allen gesellschaftlichen Ebenen vorhanden sind und aktiviert werden sollten bzw. entsprechende Entfaltungs- und Freiräume brauchen. Der Staat sollte künftig für die Transformation seine moderierende Rolle erweitern. Ohne eine gestaltende und aktivierende Rolle des Staates ist auch die Wirkung der Pioniere begrenzt. Das gilt für alle Ebenen staatlichen Handelns: kommunal, national, auf der Ebene von Staatenbünden wie der EU und nicht zuletzt in der internationalen Kooperation, wie etwa im Rahmen der Vereinten Nationen.

Neu ist auch der weltumspannende Aspekt der Staatlichkeit. Eine eng nationalstaatliche Sicht- und Handlungsweise kann nur eine unzulängliche Antwort auf globale Umweltprobleme und die klimaverträgliche Transformation liefern, bei deren Lösung es mehr denn je auf internationale Kooperation ankommt. Als unverzichtbare Voraussetzung für die Transformation ist eine historisch beispiellose Ausweitung der internationalen Kooperation notwendig, die nicht nur die Klimapolitik im Rahmen der UNFCCC und die Energiepolitik, sondern das gesamte Spektrum der Nachhaltigkeitspolitik umfassen sollte. Da die Global Governance alle drei Transformationsbereiche umspannt, werden die entsprechenden Empfehlungen zur internationalen Kooperation am Ende des Kapitels abgehandelt (Kap. 7.3.9, 7.3.10).

Für die Neuausrichtung von Investitionen ist die wichtigste staatlich vorzugebende Rahmensetzung ein angemessener CO_2-Preis (Kap. 7.3.2). Dies ist eine zentrale staatliche Weichenstellung für die Transformation, die auf diese Weise relativ schnell umgesetzt und „globalisiert" werden kann. Solange Treibhausgasemissionen in vielen Sektoren und Ländern noch keinen Preis haben und weltweit weiterhin Subventionen im dreistelligen Milliardenbereich für treibhausgasintensive

Wirtschaftssektoren ausgegeben werden, finden all die skizzierten Innovationen gleichsam mit angezogener Handbremse statt. Eine Transformation zur Klimaverträglichkeit, die auf Marktkräfte setzt, muss die Preisverzerrungen zugunsten fossiler Industrien beseitigen, weil so Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutz direkt miteinander verbunden werden. Durch die Einführung eines CO_2-Preises kann die Dekarbonisierung der Wirtschaft daher erheblich erleichtert und beschleunigt werden.

Gemäß der Logik der Raute ordnen sich auch die anderen Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung. Es folgen die *Wirtschaftszweige der Zukunft*, die nicht zuletzt dadurch bestimmt werden, dass einige entscheidende Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft im Verlauf der Transformation grundlegend umgebaut werden müssen. Das Energiesystem, die Urbanisierung und die Landnutzung hält der WBGU für zentrale Transformationsfelder zur klimaverträglichen Gesellschaft (Kap. 7.1.1.2). Neue Rahmenbedingungen und der CO_2-Preis geben die Orientierung vor, die für diese entscheidenden drei Transformationsfelder die notwendige Neuausrichtung erleichtert. Hier zeigt der WBGU, wie innovative Maßnahmen mit Pilotcharakter Systemwirkung entfalten können.

Im Transformationsfeld Energie (Kasten 7.3-1) plädiert der WBGU für eine beschleunigte Harmonisierung der Energiepolitiken in den EU-Staaten, nicht zuletzt um demonstrieren zu können, dass die Transformation umsetzbar ist (Kap. 7.3.3). Eine EU-weit einheitliche, ambitionierte Einspeisevergütung würde den Aufbau einer klimaverträglichen europäischen Energieerzeugung beschleunigen und wäre der kostengünstigste Weg für ein dekarbonisiertes Energiesystem mit möglichst hohen Anteilen erneuerbarer Energien. Sie ist allerdings frühestens binnen einer Dekade sinnvoll, weil zuvor die notwendige Netzinfrastruktur geschaffen werden muss. Darüber hinaus spricht sich der WBGU für eine globale politische Initiative zur Förderung von Einspeisevergütungen in Entwicklungsländern aus (Kap. 7.3.4). Mit Blick auf Länder mit einer künftig zu erwartenden großen Wachstumsdynamik ist die Sicherung des Zugangs zu nachhaltigen Energiedienstleistungen im ländlichen Raum von Entwicklungs- und Schwellenländern eine Maßnahme mit großer transformativer Hebelwirkung (Kap. 7.3.5).

Die rasche Entwicklung der Städte in Schwellenländern, insbesondere in Asien, ist ein besonders relevanter Megatrend für die Transformation. Im Transformationsfeld Urbanisierung empfiehlt der WBGU daher ein ganzes Maßnahmenbündel zur Förderung nachhaltiger Urbanisierung (Kap. 7.3.6). Dieses Handlungsfeld hat naturgemäß eine große zeitliche Trägheit, da Stadtstrukturen vielfach persistenter Natur sind und nur langsam verändert werden können.

Im Transformationsfeld Landnutzung können z. B. beim Schutz der Wälder rasche Erfolge erzielt werden, wenn die angestrebten Vereinbarungen zu REDD-plus konsequent umgesetzt werden. Andere Veränderungen sind nur mit einer langfristigen Perspektive erreichbar, das betrifft vor allem die Förderung klimaverträglicher Ernährungsgewohnheiten, aber auch die Emissionsminderung in der weltweiten Landwirtschaft (Kap. 7.3.7).

Auf der rechten Seite der Raute findet sich die *hohe Investitionsquote* als entscheidender Anschubfaktor für die Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft. Zwar ist weltweit genügend Kapital verfügbar, um die notwendigen Investitionen für die Transformation in Richtung klimaverträglicher Gesellschaft zu finanzieren. Die Herausforderung besteht aber darin, durch geeignete Anreizsetzung dieses Kapital für langfristige Investitionen in Richtung Nachhaltigkeit nutzbar zu machen. Auf der Basis neuer Geschäftsmodelle wird es erheblich einfacher, das vorhandene Kapital für die Transformation zu mobilisieren (Kap. 7.3.8).

Schließlich bildet die Entwicklung der wissenschaftlichen und technischen Kapazität die Basis der Raute, die in Kapitel 8 behandelt wird.

Drei Ambitionsniveaus

Die einzelnen Empfehlungen unterscheiden sich nach ihrem Ambitionsniveau, das als niedrig, mittel oder hoch bewertet wird. Das Ambitionsniveau wird hier überwiegend im Sinne der transformativen Wirkung begriffen, aber auch im Sinne der politischen Umsetzbarkeit. Zwischen diesen beiden Kategorien bestehen Zusammenhänge, die in den einzelnen Empfehlungen benannt werden. Eine im Sinne der Transformation sehr wirksame Maßnahme kann diese Wirkung möglicherweise nicht entfalten, wenn sie politisch nicht umsetzbar ist. Eine Einschätzung der realpolitischen Umsetzbarkeit ist allerdings immer dynamischen Veränderungen unterworfen. Manche Maßnahmen des höchsten Ambitionsniveaus mögen zwar aus heutiger Sicht als unrealistisch erscheinen. Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen aber, dass unter sich ändernden Umständen, etwa im Verlauf der Transformation, sehr schnell politischer Wille für Maßnahmen erzeugt werden kann, die bis dahin als unrealistisch und politisch nicht durchsetzbar galten.

Beispiele für solche politische „Kipppunkte“ sind das dreimonatige Moratorium für die ältesten deutschen Kernkraftwerke und die Beschleunigung des Atomausstiegs durch die deutsche Bundesregierung (2011) oder die parteiübergreifende Debatte in Deutschland zur Einführung einer Transaktionssteuer auf Finanzmärkten (2009/10). Vor diesem Hintergrund plädiert der WBGU dafür, auch aus heutiger Sicht (scheinbar) wenig

realistische Empfehlungen des höchsten Ambitionsniveaus bei allen politischen Entscheidungen zu erwägen und nicht von vorne herein auszuschließen.

Selbst die Einschätzung der Transformationswirkung ist nicht statisch. Empfehlungen mit niedriger Transformationswirkung erscheinen zunächst als wenig attraktive, weil kaum wirksame Maßnahmen, dennoch können sich manche dieser Maßnahmen als wichtige Türöffner erweisen und damit eine unerwartet große Breitenwirkung erreichen.

7.2 Ein neuer globaler Gesellschaftsvertrag

Die in Kapitel 3 als „Geschäftsgrundlage" der Industriellen Revolution beschriebene Konstellation kann man auch als Interaktion von Unternehmern, Ingenieuren und Bankiers mit einer aufgeschlossen-fortschrittlichen Verwaltung und einem selbstbewussten Bürgertum beschreiben. Zusammen streiften sie feudale Fesseln und religiöse Dogmen ab und sicherten in einem ungeschriebenen Gesellschaftsvertrag die „lose Kopplung" der dadurch autonom gewordenen Teilsysteme von Staat/Politik, Wirtschaft/Technik und bürgerlicher Gesellschaft zum wechselseitigen Nutzen. Die Idee des Gesellschaftsvertrags ist aus dem Naturrecht der frühen Moderne (namentlich von Thomas Hobbes 1651, John Locke 1690, Jean-Jacques Rousseau 1762 und Immanuel Kant 1797) entwickelt worden. Sie fragt, wie eine (gedachte) vertraglich begründete Übereinkunft zwischen Regierenden und Regierten die Ordnung des Zusammenlebens der Menschen in einem Staats- und Gesellschaftsverband garantieren kann. Mit dieser Denkfigur sollte ein anarchischer Naturzustand, der in seiner extremen Form auf einen (Bürger-)Krieg aller gegen alle hinauslief, vermieden werden. Zeitgeschichtlicher Hintergrund waren die Religionskonflikte und Territorialkonflikte in der Herausbildung der europäischen Staatenordnung.

Die Konstruktion war folgende: Freie und gleiche Individuen treten gegenüber einer Regierung ihre Rechte ab, und eben dieser Verzicht legt dem Staat Verpflichtungen zum Schutz seiner Bürger auf, die diese wiederum in Form von Obligationen (zum Beispiel Steuern, Wehrdienst, gemeinnützige Arbeit usw.) beantworten. Der Staat baut damit sein Gewaltmonopol auf, das die Bürgerschaft mit ihren elementaren Grundrechten auf Unversehrtheit und individueller Entfaltung und mit ihrer Eigentumsordnung schützt. Dafür muss die Bürgerschaft dem Staat die notwendigen Ressourcen zur Verfügung stellen, über deren Verwendung wiederum in der Entwicklung parlamentarischer Kontrollrechte gewählte Repräsentanten der Bürgerschaft wachten.

Analog zu Rechtsgeschäften verleiht diese vielschichtige Übereinkunft zu gegenseitigem Nutzen der Herrschaftsorganisation insofern Legitimität, als sie idealerweise die Zustimmung aller Betroffenen findet. Die Figur des Vertrags zielt nicht auf die Beschreibung oder Festlegung wirklicher Abläufe ab, sie ist aber eine wirksame Norm zur Begründung des modernen Staates, der nicht mehr durch Gott (oder die Natur) gestiftet ist, sondern durch souveräne Menschen, die – nur scheinbar paradox – aus freien Stücken auf natürliche Freiheiten und die Verwirklichung egoistischer Bedürfnisse verzichten.

In der klassischen Naturrechtslehre unterscheidet sich die Ausgestaltung des Gesellschaftsvertrags – die Bestimmung der notwendigen Rechte und Pflichten der Bürger sowie der Aufbau des Staates – bei seinen Autoren stark. Während Hobbes den Staat als einen mit absoluter Macht ausgestatteten „Leviathan" beschrieben hat, begründet Locke, warum die Macht der Staatsgewalt eingeschränkt sein sollte. Grundlage hierfür sind unterschiedliche anthropologische Annahmen der jeweiligen Vertragstheoretiker über den Zustand des Menschen im sogenannten Naturzustand. Hobbes ging davon aus, dass den Menschen Wettstreben, Misstrauen und Ruhmsucht auszeichnen und dies im Naturzustand tendenziell zu einem „Krieg aller gegen alle" führe, in dem „der Mensch dem Menschen ein Wolf ist". Locke dagegen sah den Menschen als vernunftbestimmt und aus eigener Erkenntnis grundsätzlich zum friedlichen Miteinander fähig. Analog hierzu orientieren sich auch die hier angestellten Überlegungen zur Reformulierung des Gesellschaftsvertrags an einem konkreten Menschenbild und der Frage, ob man den Menschen zutraut, als vernunftbegabte Wesen die sich aus der Krise des Erdsystems ergebenden Konsequenzen zu ziehen.

Gesellschaft, Politik und Wirtschaft haben sich erheblich weiter entwickelt und ausdifferenziert. Eine Neuauflage des Gesellschaftsvertrages steht damit im Wesentlichen vor vier Herausforderungen:

1. Der nationale Territorialstaat kann aufgrund der fortschreitenden wirtschaftlichen und kulturellen Globalisierung nicht länger als alleinige Grundlage des Vertragsverhältnisses angenommen werden; seine Bewohner müssen globale Risiken und Naturgefahren sowie die legitimen Interessen Dritter, nämlich anderer Mitglieder der Weltgesellschaft, verantwortlich einbeziehen.
2. Die herkömmliche Vertragslehre ging von der Fiktion völliger Gleichheit aller Gesellschaftsmitglieder aus; angesichts der ungleichen Verteilung von Ressourcen und Fähigkeiten in der heutigen Weltgesellschaft müssen Ungleichheiten global

gerecht ausgeglichen werden.
3. Die natürliche Umwelt muss stärker in die Re-Konstruktion des Gesellschaftsvertrags einbezogen werden.
4. Der Vertrag muss zwei wichtige neue Akteure in Rechnung stellen: die selbstorganisierte Zivilgesellschaft und die wissenschaftliche Expertengemeinschaft.

Die Große Transformation, die immense Innovationen und Investitionen erforderlich macht, wird auf erhebliche Beharrungskräfte in den Gesellschaften treffen. Insofern erscheint es auf den ersten Blick unrealistisch, dass die Bürgerinnen und Bürger einzelner Staaten – gerade auch im Blick auf global erforderliche Solidaritäten – Innovationserwartungen an sie freiwillig akzeptieren und mittragen sollen. Zwei Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit zeigen aber, unter welchen Bedingungen Beharrungskräfte gelockert und aufgelöst worden sind:

1. In der seit den 1970er Jahren beschleunigten Globalisierung ist Gesellschaften eine erhebliche Flexibilität und Mobilität abverlangt worden, die sie teils freiwillig, im Blick auf konkrete Nutzenerwartungen, teils gezwungenermaßen, als Ausfluss „alternativloser" Sachzwänge und unter Inkaufnahme sinkender Lebenszufriedenheit, erbracht haben.
2. Wohlfahrtsstaatlichen Arrangements liegt ein (fiktiver und teilweise selbstreferenzieller) Generationenvertrag zugrunde, der die unmittelbare Konsumtion von Ressourcen im Blick auf das Wohlergehen Älterer unterlässt bzw. aufschiebt – das sind andere (die Senioren von heute) und man selbst (als Senior von morgen).

Ein neuer Gesellschaftsvertrag (im Sinne eines von Kant hergeleiteten und weiterentwickelten Kosmopolitismus) ist anders gelagert: Man stimmt Innovationserwartungen zu, die normativ an das Nachhaltigkeitspostulat gebunden sind, und gibt für die daraus zu erwartenden Vorteile und für entsprechende Mitwirkungsrechte spontane Beharrungswünsche auf. Wie in Kapitel 5 erläutert, ist der Garant dieses (wiederum fiktiven) Vertrages ein starker, gestaltender und aktivierender Staat, der für die Zustimmung zu Nachhaltigkeitszielen die Bürgerschaft an den zu treffenden Entscheidungen beteiligt und diese nicht lediglich ex post „absegnen" lässt. Damit wird eine Kultur der Achtsamkeit (aus ökologischer Verantwortung) mit einer Kultur der Teilhabe (als demokratische Verantwortung) sowie mit einer Kultur der Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen (Zukunftsverantwortung) verbunden. Von der Bürgergesellschaft wird nicht allein eine oberflächliche oder resignierte Akzeptanz nachgefragt, sondern sie wird als Mitgestalterin für das Gelingen des Transformationsprozesses anerkannt und in Bewegung gesetzt, die dazu – wie in der republikanisch-liberalen Variante des originären Gesellschaftsvertrags – „aus freien Stücken" kommt. Die Idee des starken Staates ist also unlösbar verbunden mit der Anerkennung der seit dem 19. Jahrhundert gewachsenen Zivilgesellschaft, der innovativen Kräfte der Wirtschaft und der innovationsbereiten und proaktiven Kräfte bei den politischen und Verwaltungseliten, heute jeweils stets auch in der globalen Arena.

Die Aarhus-Konvention als Modellfall für partizipative Demokratie

Ein gutes Beispiel für die Operationalisierung und Umsetzung der prozeduralen Seite dieser Idee ist die pionier- und modellhafte Aarhus-Konvention, dem Übereinkommen der Wirtschaftskommission für Europa über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in die Umwelt betreffenden Angelegenheiten (Kap. 5.4.2.2). In der Konvention spiegelt sich auch ein neuartiges Konzept partizipativer Demokratie wider: Die Bürger und die Öffentlichkeit sollen für den Umweltschutz sensibilisiert und in die Lage versetzt werden, Druck auf die nationalen Verwaltungen für einen besseren Vollzug der Umweltgesetze auszuüben. Durch Zugang zu Informationen, Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu den Gerichten sollen sie zur Anwendung und Durchsetzung des Umweltrechts und auch zur Demokratisierung – insbesondere in den ehemaligen Ostblockstaaten – beitragen. Die deutsche Umsetzung kann insbesondere für den Zugang von Umweltverbänden zu den Gerichten noch verbessert werden (Kap. 7.3.1.2). Darüber hinaus ist die Aarhus-Konvention insgesamt Ausdruck eines den Kommunikationsprozess aktivierenden Staates, denn sie ist auf eine „Mobilisierung des Bürgers für die Durchsetzung des Rechts" (Masing, 1997) und damit auf eine „verstärkte Rolle der Öffentlichkeit in der praktischen Durchsetzung des Umweltrechts" (von Danwitz, 2004) ausgerichtet.

Dialog zwischen Wissenschaft und Politik verbindlicher strukturieren

Zur selbstorganisierten Zivilgesellschaft gehört die wissenschaftliche Expertengemeinschaft. Die Berücksichtigung wissenschaftlichen Sachverstandes ist unverzichtbarer Bestandteil modernen Regierungshandelns und in einer komplexer werdenden Welt von wachsender Bedeutung. Dies gilt besonders für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, weil sie in hohem Maß durch Handeln unter Unsicherheit gekennzeichnet ist. Wissenschaftliche Politikberatung leistet vor allem dann wichtige Beiträge zur Politikgestaltung, wenn sie komplexe Sachverhalte umfassend

aufarbeitet, Lösungsmöglichkeiten integriert darstellt und Ergebnisse wirksam kommuniziert. Für eine funktionierende Kommunikation zwischen Politik und Wissenschaft tragen beide Seiten Verantwortung. Die Wissenschaft hat eine gesellschaftliche Bringschuld und sollte ihre Erkenntnisse allgemeinverständlich aufbereiten, um sie in der gesellschaftlichen Breite nutzbar zu machen. Die Politik sollte den Rat der Wissenschaft bei den zu treffenden Entscheidungen ernsthaft bedenken. Vor diesem Hintergrund sollte der Dialog zwischen Wissenschaft und Politik besser strukturiert und verbindlicher gestaltet werden. Generell ist eine systematische wissenschaftliche Begleitung transformativer Politikgestaltung erforderlich. Die notwendigen Anforderungen dafür sind mehr Verbindlichkeit bei der Rezeption wissenschaftlicher Politikberatung sowie ein strukturierteres Zusammenspiel von Wissenschaft, Politik und Verwaltung (Kap. 5.4.2.1).

7.3 Zehn Maßnahmenbündel mit großer strategischer Hebelwirkung

7.3.1 Bündel 1: Den gestaltenden Staat mit erweiterten Partizipationsmöglichkeiten ausbauen

Zentrales Element in einem Gesellschaftsvertrag für die Transformation ist der gestaltende Staat mit erweiterter Partizipation im Mehrebenensystem globaler Kooperation. Er vermittelt zwei Aspekte, die häufig getrennt oder konträr gedacht werden: einerseits die Stärkung des Staates, der aktiv Prioritäten setzt und diese (etwa mit Bonus-Malus-Lösungen) deutlich macht und implementiert, und andererseits verbesserte Mitsprache-, Mitbestimmungs- und Mitwirkungsmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger. Oft wird der starke (Öko-)Staat als Autonomiebeschränkung der „Menschen auf der Straße“ gedacht, während zugleich die Einmischung eben dieser Bevölkerung („Wutbürger“) als Störung der politisch-administrativen Rationalität und Routinen beargwöhnt wird. Voraussetzung einer erfolgreichen Transformationspolitik ist aber die simultane Stärkung des Staates und der Bürgerschaft unter dem Dach nachhaltiger Politikziele.

Der gestaltende Staat steht fest in der Tradition der liberalen und rechtsstaatlichen Demokratie, entwickelt diese aber im Sinne der Zukunftsfähigkeit demokratischer Gemeinwesen und freier Bürgergesellschaften weiter und berücksichtigt die Grenzen, innerhalb derer sich Wirtschaft und Gesellschaft auf einem endlichen Planeten entfalten können. Während Klimaschutz oft als Freiheitseinschränkung und Verzichtszumutung aufgefasst wird, steht gestaltende und aktivierende Staatlichkeit unter der ausdrücklichen Zielsetzung, Freiheitsspielräume und Handlungsoptionen auch künftiger Generationen zu bewahren und nach Möglichkeit zu erweitern.

Der WBGU empfiehlt, diese Ziele auf vier miteinander zusammenhängenden Ebenen zu verfolgen: *verfassungsrechtlich* durch eine entsprechende Staatszielbestimmung Klimaschutz, *materiell-rechtlich* durch Festlegung von Klimaschutzzielen in einem Klimaschutzgesetz, *prozedural* durch erweiterte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten der Bürger und Nichtregierungsorganisationen und *institutionell* durch ein klimapolitisches Mainstreaming der Staatsorganisation. Die nachfolgend erörterten Maßnahmen sind Ausdruck und Konkretisierung des Staatsziels Klimaschutz, das Legislative, Exekutive und Judikative zum Handeln verpflichtet. Das Ambitionsniveau und somit die transformative Wirkung dieser Elemente steigt durch Kombination und entsprechende inhaltliche Ausgestaltung.

7.3.1.1 Klimapolitische Verantwortung des Staates stärken

Die generelle klimapolitische Verantwortung des Staates und seine gestaltende und aktivierende Rolle für die Transformation sollte rechtlich verankert werden. Der WBGU empfiehlt, die umfassende Selbstbindung des Staates sowohl auf verfassungsrechtlicher als auch auf einfachgesetzlicher Ebene zu verdeutlichen.

Einführung eines Staatsziels Klimaschutz

Die klimapolitische Verantwortung des Staates sollte verfassungsrechtlich durch eine explizite Erwähnung hervorgehoben und gestärkt werden. Der WBGU empfiehlt die Aufnahme eines Staatsziels „Klimaschutz“ in das Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland. Denkbar wäre eine Ergänzung von Art. 20a GG. Ein derartiges Staatsziel „Klimaschutz“ trägt dem Charakter des Klimas als Gemeinschaftsgut bzw. als überindividuellem Schutzgut Rechnung. Der Staat und seine Organe würden verpflichtet, den Klimaschutz bei Gestaltungs- und Abwägungsspielräume eröffnenden, klimarelevanten Entscheidungen zu berücksichtigen. Als impliziter Maßstab dient ein derartiges Staatsziel auch der Kontrolltätigkeit der Gerichte.

Einführung eines Klimaschutzgesetzes

Dieses Staatsziel sollte auf einfachgesetzlicher Ebene durch ein Klimaschutzgesetz, das Leit- bzw. Grenzwerte oder Emissionsreduktionsverpflichtungen enthält, konkretisiert werden. Als zentrale Maßnahme schlägt der WBGU ein Klimaschutzgesetz mit ambitio-

nierten Minderungszielen bis 2050 vor. Daneben sollten begleitende Ziele für den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch sowie Energieverbrauchsminderungsziele und Energieeffizienzsteigerungsraten festgelegt werden. Als Orientierung für die quantitative Ausgestaltung von Verpflichtungen im Klimaschutzgesetz könnte der vom WBGU vorgeschlagene Budgetansatz (WBGU, 2009b) herangezogen werden. Danach sollte Deutschland die vollständige Dekarbonisierung seiner Energiesysteme bis 2050 verbindlich festlegen. Dies entspricht einer Reduktion des in Deutschland emittierten CO_2 aus fossilen Energiequellen um 100% bis 2050. Flexibilität bei der Erreichung der Zwischenziele im Rahmen von Emissionshandelssystemen mit stringenten Obergrenzen sollte dabei erhalten werden; von einer Anrechnung von Minderungen, die in Ländern ohne Emissionsobergrenzen erbracht werden (CDM), rät der WBGU jedoch ab. Mit der genannten Minderung (100% bis 2050) würde Deutschland sein aus dem WBGU-Budgetansatz ableitbares CO_2-Budget überschreiten. Daher sollte Deutschland ergänzend Zahlungen im Rahmen der internationalen Klimafinanzierung leisten (Kap. 7.3.10.1) und diese auch gesetzlich festlegen. Da ein solches Gesetz nur die allgemeine Verpflichtung zu Klimaschutzmaßnahmen enthält, sind weitergehende gesetzliche Regelungen zur Festlegung konkreter Maßnahmen zum Erreichen der jeweiligen Zwischenziele und Mechanismen für den Fall von Zielverfehlungen erforderlich. Wissenschaftliche Beratungs- und Kontrollfunktion könnte ein Klimaschutzausschuss nach dem Vorbild des britischen Committee on Climate Change übernehmen.

7.3.1.2 Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten erweitern

Eine Stärkung des Staates in seiner aktivierenden Funktion kann nur Legitimität beanspruchen, wenn die Bürgerschaft an den zu treffenden Entscheidungen beteiligt wird. Erweiterte Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten für Bürgerinnen und Bürger sowie Nichtregierungsorganisationen bilden somit das Pendant zum gestaltenden Staat. Die Öffentlichkeit sollte über die für den Klimaschutz und für die Energiewende wesentlichen Vorhaben zu einem Zeitpunkt, in dem noch alle Optionen offen sind, informiert und aktiv in den Planungs- und Zulassungsprozess einbezogen werden. Rechtsbehelfe in Form überindividueller Verbandsklagen zugunsten von behördlich anerkannten Nichtregierungsorganisationen sollten, zusätzlich zu den bestehenden Rechtsschutzmöglichkeiten, zur gerichtlichen Überprüfung der getroffenen Entscheidungen eröffnet werden. Die Einsetzung von Ombudsleuten mit Beschwerde- und Kontrollrechten sowie iterative entscheidungsnahe Deliberationsverfahren unter geeigneter Einbeziehung wissenschaftlichen Sachverstands und Laienexpertise komplettieren nach Ansicht des WBGU das prozedurale System klimaschutzrelevanter Entscheidungen durch die Verwaltung und den Gesetzgeber.

Reform des Planungs- und Genehmigungsverfahrens

Für den WBGU ist eine zentrale Aufgabe des gestaltenden und aktivierenden Staates, Strukturen für eine effektive Beteiligung zu schaffen und einen „konstruktiven Kommunikationsprozess“ zu organisieren, so wie es auch die Aarhus-Konvention erfordert. Diese verpflichtet die Vertragsstaaten, die Bürgerschaft über umweltrelevante Vorhaben zu informieren und den Bürgerinnen und Bürgern Informations-, Beteiligungs- und Rechtsschutzmöglichkeiten zu eröffnen. Voraussetzungen für erfolgreiche Partizipation von Bürgern und Betroffenen in Entscheidungsprozessen besonders bei Großprojekten sind:

1. die möglichst frühzeitige, umfassende und kontinuierliche Öffentlichkeits- und Betroffenenbeteiligung, einschließlich der gleichberechtigten Prüfung von Alternativentwürfen,
2. die größtmögliche Transparenz im Verfahren, z.B. durch verstärkte Nutzung von Radio- und Fernsehübertragungen, neue Medien oder zusätzliche Informationstermine bzw. -plattformen sowie
3. die Einschaltung unabhängiger Personen in Konfliktfällen. Behörden müssen Gestaltungsspielräume zur Streitschlichtung eröffnet werden. Eine Schlichtung sollte jedoch die Ausnahme bleiben.

Verbandsrechtsbehelfe ausweiten

Unter Verbandsrechtsbehelf wird ein Rechtsbehelf, z.B. eine Klage eines behördlich anerkannten Verbandes, verstanden, der ohne Verletzung eigener Rechte erhoben werden kann (überindividueller Verbandsrechtsbehelf). In Deutschland bedarf es aufgrund des Individualrechtsschutzsystems einer expliziten Einführung eines Verbandsrechtsbehelfs durch den Gesetzgeber. Verbandsrechtsbehelfe finden sich neben dem Zivilrecht vor allem im Umwelt- und Naturschutzrecht. Der naturschutzrechtliche Verbandsrechtsbehelf ermächtigt zur Geltendmachung von Vorschriften, die einen Naturschutzbezug aufweisen. Mit dem Ende 2006 in Kraft getretenen Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz wurden die Möglichkeiten der Umweltverbände weiter ausgeweitet, mittels Verbandsklage Rechtsverletzungen geltend zu machen. Das Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz setzt die EU-Richtlinie 2003/35/EG um, die ihrerseits der Umsetzung der Aarhus-Konvention diente. Verbände können mit dem Umwelt-Rechtsbehelf allerdings keine Aspekte des Klimaschutzes als

verletzt rügen, auch nicht bei einem Vorhaben wie z. B. dem Bau eines neuen Kohlekraftwerks. Allerdings ist europarechtswidrig, dass die Geltendmachung von Verstößen gegen klimaschützende Vorschriften vom deutschen Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz ausgeschlossen werden soll. Es ist zu erwarten, dass der Europäische Gerichtshof diese europarechtswidrige Umsetzung demnächst in einem bereits anhängigen Verfahren feststellen wird. Die Rügefähigkeit von Verstößen gegen klimaschützende Vorschriften durch Verbandsrechtsbehelfe könnte bewirken, dass Klimaschutz als Staatsziel von den zuständigen Behörden auch tatsächlich respektiert wird.

Ombudsleute einsetzen

Rechtsschutz in einem weiten Sinne umfasst – neben den gerichtlichen Klagebefugnissen – auch außergerichtliche, alternative Kontrollmöglichkeiten, die ebenfalls der Durchsetzung überindividueller Interessen, wie etwa Klimaschutz, und zugleich der Überprüfung klimaschutzrelevanter Aktivitäten staatlicher Organe dienen können. Neben Mediationsverfahren und Petitionsrecht (Art. 24 UAbs. 2 in Verbindung mit Art. 227 AEUV) zählt hierzu die auf skandinavische Ursprünge zurückgehende Institution von Ombudsleuten. Seit dem Vertrag von Maastricht verfügt auch die Europäische Union über Ombudsleute: die Bürgerbeauftragten (Art. 24 UAbs. 3 in Verbindung mit Art. 228 AEUV). Die Institution der Ombudsleute bezweckt in erster Linie eine außergerichtliche Streitschlichtung in Verwaltungsrechtsverhältnissen und eine Kontrolle der Staats- bzw. EU-Organe. Die Kontrollrechte der Ombudsleute ergänzen die Gerichtsbarkeit und dienen der Wahrung der Rechtsordnung. Der Einsatz von Ombudsleuten, die mit Beschwerde- und Kontrollrechten ausgestattet sind, kann so die vorhandenen Informations-, Beteiligungs- und Kontrollrechte von Verbänden und der Öffentlichkeit sachgerecht ergänzen und verbessern.

Deliberative Diskurse und Verfahren unter Einbeziehung der Öffentlichkeit und Wissenschaft initiieren

Ein Verständnis der Notwendigkeit und Machbarkeit einer tiefgreifenden Transformation sollte sich in allen Teilen der Gesellschaft ausformen. Es sollte eine gesellschaftliche Grundstimmung gefördert werden, die Themen nachhaltigen Lebens und Wirtschaftens ernst nimmt und ein „Weiter-so-wie-bisher" immer weniger akzeptabel macht. Nur mit Hilfe einer deliberativen Politik, in der die Argumente und Perspektiven von Bürgerinnen und Bürgern, darunter auch der Wissenschaft, beratend einbezogen werden, können die notwendigen Weichenstellungen vorgenommen werden. Einen derartigen breiten gesellschaftlichen Dialog zu initiieren sollte Aufgabe der Politik sein. Die Themen Klimawandel, Dekarbonisierung der Energiesysteme, Lebensstile und Transformation sollten in der Öffentlichkeit in Richtung auf konkrete Transformationsszenarien erörtert und diskutiert werden. Um eine bloß symbolische oder durch oberflächlichen Parteienstreit verwässerte Befassung mit den Themen der Nachhaltigkeit zu vermeiden, sollte eine im Wesentlichen über digitale Informations- und Kommunikationsmedien laufende und sorgfältig moderierte Debatte unter der Schirmherrschaft (und aktiven Beteiligung) des Bundespräsidenten und der genannten Ombudsleute sowie der weiter unten erläuterten Zukunftskammern stattfinden.

7.3.1.3 Klimapolitisches Mainstreaming institutionalisieren

Die Bundesregierung hat als staatlicher Akteur die Möglichkeit, durch institutionelle Reformen die Rahmenbedingungen so zu verbessern, dass Transformationsbelange mit hoher Priorität in Regierung und Parlament verankert werden. Die Verwaltungen auf Bundes-, Landes- sowie kommunaler Ebene sollten ein klimapolitisches Mainstreaming durchlaufen. Dies sollte nach Auffassung des WBGU folgende Elemente beinhalten:

Obligatorische Klimaverträglichkeitsprüfung einführen

In Deutschland sollte eine umfassende, obligatorische Klimaverträglichkeitsprüfung für Gesetzesvorhaben institutionalisiert werden. Sie soll feststellen, ob einzelne Regelungsvorhaben Relevanz im Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele haben. Dabei wäre jeweils die klimafreundlichere Alternative zur Erreichung des Regelungsziels auszuwählen. Derartige Prüfungen der Gesetzesfolgen sind grundsätzlich auch in Deutschland kein Neuland mehr. So besteht seit einigen Jahren die Pflicht, eine Bürokratiekostenabschätzung durchzuführen. Seit Mai 2009 ist zudem die sogenannte Nachhaltigkeitsprüfung durchzuführen. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass die Klimaverträglichkeitsprüfung hinsichtlich ihres Anwendungsbereichs von der Nachhaltigkeitsprüfung und der Umweltverträglichkeitsprüfung von Vorhaben sowie von der strategischen Umweltprüfung für Pläne und Programme abgegrenzt wird, um Doppelprüfungen zu vermeiden. Dies kann über Abschichtung erreicht werden, das heißt, alle Aspekte, die auf der vorangegangenen Stufe ausreichend geprüft wurden, bedürfen auf der nachfolgenden Ebene keiner erneuten Prüfung.

Empfehlungen für die Exekutive

Damit die ressortübergreifende Befassung mit der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft sichergestellt ist und Politiken zwischen den Ressorts besser abgestimmt werden, sollten die Dekarbonisierung der Energiesysteme, Möglichkeiten zur Minderung der Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung sowie klimaverträgliche Urbanisierung zu Leitthemen im Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung im Bundeskanzleramt werden. Zudem sollte die Rolle dieses Staatssekretärsausschusses als eigenständiges Gremium gestärkt werden.

Mit Blick auf die Stärkung des Themas Transformation in der deutschen Außenpolitik empfiehlt der WBGU die Schaffung der Funktion eines Staatsministers im Auswärtigen Amt, der für globale Nachhaltigkeitsfragen, Dekarbonisierung der Energiesysteme und Rohstoffdiplomatie zuständig ist.

Klimaschutz, Naturschutz und nachhaltige Raumplanung sind heute thematisch in den Verwaltungen besser repräsentiert und höher gewichtet als in der Frühphase der Umweltpolitik. Bestehen geblieben ist aber die institutionelle Randständigkeit der bislang zuständigen Ressorts im Verhältnis zu Politikbereichen, die den historischen Kernproblemen von Industrie- und Wohlfahrtsgesellschaften gewidmet sind, z.B. die Finanz-, Infrastruktur- und Sozialressorts. Nach Auffassung des WBGU können Klimaschutz, Naturschutz und Raumplanung im gegebenen Ressortzuschnitt kaum das Gewicht erlangen, das sie für die postfossile Zukunftsgestaltung einer nachhaltigen Wirtschaft haben sollten. Langfristig könnte daher ein partieller Umbau des derzeitigen Ressortzuschnitts, etwa durch Bildung eines Umwelt-, Klima- und Energieministeriums, geprüft werden.

Mittel zum Zweck „globaler Aufklärung" und konkrete Empfehlung an die Bundesregierung ist die Internationalisierung der ministeriellen Ressorts, etwa dadurch, dass Referate in Ministerien zukünftig zu 10–15% mit Personal aus anderen OECD-Nationen sowie Entwicklungs- und Schwellenländern besetzt werden. Deutsches Personal könnte wiederum im Austausch gerade in Entwicklungs- und Schwellenländern den Aufbau ausreichender Kapazitäten unterstützen. Auf diese Weise können nationale Interessen und Sichtweisen von vornherein besser mit internationalen Perspektiven und Diskursen abgestimmt, wechselseitige Lernprozesse beschleunigt und multilaterales Vertrauen generiert werden. Als konkreter Schritt in diese Richtung böten sich z.B. Austauschprogramme für Fachreferenten an, vergleichbar den einschlägigen DAAD-Programmen im Bereich der Wissenschaft.

Empfehlungen für die Legislative

Zusätzlich zur Klimaverträglichkeitsprüfung empfiehlt der WBGU, Möglichkeiten zur Stärkung der Rolle des Parlaments zu prüfen. So könnte etwa durch eine Aufwertung des Parlamentarischen Beirats für nachhaltige Entwicklung zu einem eigenen Ausschuss im Deutschen Bundestag dessen Handlungs- und Durchsetzungsfähigkeit verbessert werden.

Sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht geraten nationale Politiken an ihre Grenzen. In der Diskussion ist daher, wie die (vermuteten) Interessen künftiger Generationen bei gegenwärtigen Wahlen und Abstimmungen berücksichtigt und wie Personen außerhalb der nationalen Staatsverbände im Sinne transnationaler Demokratie einbezogen werden könnten. Das in die Diskussion gebrachte indirekte „Kinderwahlrecht" (durch stellvertretende Stimmabgabe von Eltern) wirft große verfassungsrechtliche und praktische Probleme auf. Um Zukunftsinteressen institutionell zu verankern empfiehlt der WBGU deshalb zu erproben, das parlamentarische Gesetzgebungsverfahren um eine deliberative „Zukunftskammer" zu erweitern, die in den relevanten Politikagenden gehört werden muss und gegebenenfalls ein aufschiebendes Veto einlegen kann. Um dabei interessens- und parteipolitische Verzerrungen zu vermeiden, sollte die Zusammensetzung dieser Kammer durch Losverfahren ermittelt werden.

7.3.1.4 Den gestaltenden Staat im Mehrebenensystem globaler Kooperation stärken

Staatlichkeit übersteigt gerade im Klima-, Energie- und Umweltbereich nationale Grenzen und Souveränitäten; auch hier sollten supra- und transnational institutionelle Neuerungen stattfinden. Ein ausbaufähiges Vorbild ist nach Auffassung des WBGU das Institutionengeflecht der Europäischen Union, die nicht zuletzt über eine gemeinsame bürgernahe Klima-, Umwelt- und Energiepolitik Impulse für die Vertiefung der Integration erhielte (Kap. 7.3.3). Auf der internationalen Ebene müssten für die Transformation zentrale Arenen globalen Regierens für Energie, Urbanisierung und Landnutzung aufgebaut werden (Kap. 7.3.10). Modellhaft für die Aktivierung der Weltgesellschaft ist die bisher auf Europa beschränkte Aarhus-Konvention.

Schwellenländer als gestaltende Staaten stärken

Damit die globale Transformation gelingt, müssen vor allem auch die Schwellenländer Akteure eines klimaverträglichen Umbaus werden. Wollen Deutschland und Europa Anstöße zu einer klimaverträglichen Transformation in Schwellenländern geben oder bestehende Reformtendenzen verstärken, müssen sie den unter-

schiedlichen Ausgangsbedingungen Rechnung tragen (Kap. 5.3.3).

China beispielsweise könnte zu einem Treiber klimaverträglicher Entwicklung werden. Dafür spricht, dass die Herausforderungen des Klimawandels in der chinesischen Diskussion in den vergangenen Jahren von einem Umwelt- zu einem Wirtschafts- und Innovationsthema umkodiert wurden. Dies ist auch im neuen, 2011 veröffentlichten Fünfjahresplan der Regierung in Ansätzen erkennbar. China besitzt schon heute die weltweit größten Kapazitäten zur Herstellung von Solarmodulen und hat ambitionierte Ausbauziele für erneuerbare Energien. Teile der chinesischen Elite sehen Chancen in einer „grünen" Entwicklung sowohl für die nationale Wohlfahrt als auch für die außenpolitische Reputation. Ansatzpunkte für Transformationsallianzen mit China bestehen vor diesem Hintergrund in möglichst breitenwirksamen Innovations- und Technologiepartnerschaften, insbesondere in den Transformationsfeldern Energie und Urbanisierung, in denen Deutschland und Europa aus chinesischer Perspektive über hohe technologische Kompetenz verfügen.

Auch Brasilien hat das Potenzial, sich zu einer klimaverträglichen Pionierökonomie weiterzuentwickeln, insbesondere weil die naturräumlichen und die politischen Ausgangsbedingungen (Demokratie, institutionelle Handlungskapazitäten, hohe Legitimation der Regierung) für die Nutzung erneuerbarer Energien günstig sind und eine globale Bereitschaft besteht, den Regenwald zu schützen. Dem steht eine in traditionellen Modernisierungsvorstellungen verhaftete Mehrheitsgesellschaft gegenüber. Brasilien sollte als ein wichtiger strategischer Partner für nachhaltige Entwicklung gewonnen werden, denn das Land verfügt neben seinen Wäldern und landwirtschaftlichen Ressourcen über erhebliche technische Erfahrungen im Bereich erneuerbarer Energien. Klimapartnerschaften mit Brasilien sollten daher primär auf Kooperationen im Energie- und Transportbereich sowie im Waldschutz setzen.

Allianzen für klimaverträgliches Wachstum sollten auch mit Indien geknüpft werden. Das Land hat – im Gegensatz zu China – noch die Chance, seinen Modernisierungsprozess ohne einen „fossilen Umweg" zu gestalten und frühzeitig auf einen klimaverträglichen Entwicklungspfad zu setzen. In Indien steht die öffentliche Debatte zur klimaverträglichen Entwicklung im Schatten der Diskussion um wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Armutsreduzierung, auch wenn die Regierung die Themen Energieeffizienz und Emissionskontrolle auf die Agenda gesetzt hat. Hier kommt es vor allem darauf an, über Modellallianzen, z. B. im Bereich der erneuerbaren Energien und des Infrastrukturausbaus, zu demonstrieren, wie Armutsbekämpfung und Wirtschaftswachstum kombiniert werden können.

Insgesamt gilt: Nur wer zeigen kann, dass Klimaschutz, Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum erfolgreich verbunden werden können, wird als Kooperationspartner interessant und schafft eine glaubwürdige Basis für die Zusammenarbeit. Die Transformation in Richtung klimaverträgliche Wirtschaft muss daher vor allem auch in den hochentwickelten Ökonomien konsequent vorangetrieben werden.

7.3.2 Bündel 2: CO_2-Bepreisung global voranbringen

Nach Auffassung des WBGU ist die Bepreisung von CO_2 die wichtigste politische Maßnahme für die Dekarbonisierung der Energiesysteme und notwendiger Bestandteil eines regulatorischen Rahmens für die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. Ein CO_2-Preissignal kann grundsätzlich durch die Einführung einer CO_2-Steuer (Preissteuerung) oder eines Emissionshandelssystems (Mengensteuerung) gesetzt werden (Kap. 5.2.2). Sofern die institutionellen Voraussetzungen dafür gegeben sind, hält der WBGU Emissionshandelssysteme für das grundsätzlich erfolgversprechendere Konzept zur CO_2-Bepreisung, um eine zielgenaue Begrenzung der Emissionen zu erreichen. Dabei kann ein Emissionshandel nur mit einer sehr strikten Mengenbegrenzung einen ausreichend hohen CO_2-Preis sowie langfristige Erwartungssicherheit garantieren und somit eine transformative Wirkung entfalten. Wo die notwendigen institutionellen Möglichkeiten nicht gegeben sind, stellt eine CO_2-Besteuerung in entsprechender Höhe ein alternatives Instrument für eine effektive transformative Steuerung dar. Als Richtwert müsste ein CO_2-Preis aus heutiger Sicht in OECD-Ländern im Jahr 2020 mindestens bei 40–50 US-$ pro t CO_2 liegen, um eine transformative Wirkung im Sinne der Einhaltung der 2 °C-Leitplanke auszuüben (Schätzungen auf Basis von Modellrechnungen der IEA sowie der Szenarien aus den Kapiteln 4.2.4 und 5.2.2). Für eine hohe Wirksamkeit der CO_2-Bepreisung sollten außerdem die in vielen Ländern noch existierenden Subventionen für fossile Energieträger schnellstmöglich abgebaut werden.

Ziel deutscher und europäischer Bemühungen sollte der Aufbau eines globalen Emissionshandels auf Unternehmensebene sein, um die Umwelt- und Effizienzvorteile dieses Instruments voll ausschöpfen zu können. Allerdings scheint ein umfassendes und verpflichtendes Klimaschutzabkommen, in dem ein globaler Emissionshandel auf Unternehmensebene etabliert werden könnte, auch nach der Vertragsstaatenkonferenz von Cancún kurz- bis mittelfristig nicht realisierbar. Noch

immer blockieren kurzfristige nationale Interessen zeitnahe und wirksame weltweite Klimaschutzvereinbarungen.

Als Brückenschlag zur Schaffung eines globalen Kohlenstoffmarktes sieht der WBGU verschiedene Wege mit unterschiedlich starker Transformationswirkung. Ein erster Schritt ist die Weiterentwicklung und Stärkung des europäischen Emissionshandelssystems, begleitet von Bemühungen um ein Bekenntnis aller wichtigen Emittenten zur Bepreisung von CO_2. Weiter könnten subglobale Emissionshandelssysteme bei geeigneter Ausgestaltung die Bereitschaft von Staaten erhöhen, Beiträge zur globalen Emissionsbegrenzung zu leisten. Schließlich können gemeinsame Emissionsbeschränkungen aller Hochemissionsländer den Weg für einen globalen Kohlenstoffmarkt ebnen. Dabei gilt: Je stärker die Transformationswirkung der hier beschriebenen Wege und je mehr Länder in ein System zur CO_2-Bepreisung eingebunden sind, desto höher sind auch die Anforderungen an staatliches Handeln.

7.3.2.1 Niedriges Ambitionsniveau: Europäisches Emissionshandelssystem weiterentwickeln und G20-Vereinbarung zu CO_2-Bepreisung treffen

Supranationale Emissionshandelssysteme wie das Emissionshandelssystem der Europäischen Union (EU ETS) sind wichtige Schritte auf dem Weg zu umfassenden CO_2-Begrenzungen. Das Europäische Emissionshandelssystem sollte fortgeführt und weiterentwickelt werden. Insbesondere sollte das EU ETS administrativ vereinfacht und so an ein zukunftsfähiges globales Emissionshandelssystem auf Unternehmensebene anschlussfähig gemacht werden. Wichtig sind außerdem ambitioniertere Emissionsobergrenzen. Die eher moderaten Emissionsbeschränkungen vergangener Handelsperioden führten zu einem relativ schwachen und volatilen CO_2-Preissignal, welches viele für die Transformation erforderlichen Investitionen und Änderungen auf der Nachfrageseite nicht ausreichend unterstützt hat. Das EU-weite Ziel zur Emissionsreduktion sollte auf mindestens 30% für das Jahr 2020 gegenüber 1990 erhöht (WBGU, 2010) und die Emissionsbegrenzung des EU ETS entsprechend angepasst werden. Zudem ist eine Nachsteuerung der Zertifikatsmenge bei der Auktionierung bzw. während der Handelsperioden zu erwägen. So könnte etwa die bei Auktionen zur Verfügung stehende Zertifikatsmenge zusätzlich verknappt werden, um damit einen zu niedrigen Preis auf dem Kohlenstoffmarkt zu verhindern. Im Übrigen sollte die CO_2-Bepreisung innerhalb der EU auf alle fossilen CO_2-Quellen erweitert werden. Dies könnte durch eine Verlagerung des Emissionshandels auf die erste Handelsstufe (upstream), d.h. auf Produktion bzw. Import fossiler Energieträger, geschehen oder durch die ergänzende Einführung von CO_2-Steuern für bisher nicht erfasste diffuse Emissionsquellen (z.B. beim Verkehr), die schwer in das Emissionshandelssystem in seiner jetzigen Struktur zu integrieren sind.

In der hier beschriebenen Form könnte das EU ETS signifikante Transformationsimpulse innerhalb der Europäischen Union entfalten und den Umbauprozess hin zu einem klimaschonenden, ressourceneffizienten Wirtschaftssystem beschleunigen. Zugleich wäre die EU ein Modell und damit Vorbild für andere Länder oder Ländergruppen, sich in Richtung einer klimaverträglichen Gesellschaft zu bewegen. Da die Umsetzung der genannten Maßnahmen in der Verantwortung der einzelnen Mitgliedstaaten liegt, entstehen keine weitergehenden Kooperationsanforderungen auf internationaler Ebene. Dies ist für eine wirksame Implementierung vorteilhaft.

Eine Erhöhung der eigenen Reduktionsziele innerhalb eines weiterentwickelten Emissionshandelssystems sieht der WBGU als Mindestvoraussetzung dafür, dass die EU ihre Glaubwürdigkeit in der internationalen Klimapolitik wiedererlangt und zu einem aktiven Akteur der globalen Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft wird. Dies kann jedoch nur ein Baustein ihres Engagements sein und muss durch weitere bi- und multilaterale Vereinbarungen und Beiträge seitens der EU ergänzt werden. So sollten sich Deutschland und die EU dafür einsetzen, dass möglichst viele Länder Politiken einführen, die zu einem ausreichend hohen CO_2-Preis führen. Ein gemeinsames Bekenntnis aller G20-Staaten zur Notwendigkeit der Einführung von CO_2-Preisen in ihren Ländern könnte ein erster Schritt sein. Ein solches Bekenntnis wäre wichtig, um die Glaubwürdigkeit der Staaten zu erhöhen, ihre im Rahmen der UNFCCC abgegebenen unilateralen Angebote zur Emissionsminderung auch umzusetzen. Für Unternehmen und Investoren wäre dies ein Signal, dass die G20-Staaten gewillt sind, bindende Rahmenbedingungen für eine Dekarbonisierung ihrer Energiesysteme zu schaffen.

7.3.2.2 Mittleres Ambitionsniveau: Verknüpfung von Emissionshandelssystemen anstreben

Parallel zur innereuropäischen Weiterentwicklung des EU ETS und einem Bekenntnis aller Hochemissionsländer zur Einführung von CO_2-Bepreisung sollten konkrete Anknüpfungspunkte zur Kooperation mit anderen Ländern im Rahmen der Einführung und Ausgestaltung einer CO_2-Bepreisung gesucht werden.

Eine Möglichkeit dazu bietet das Verknüpfen (linking) bestehender Emissionshandelssysteme, welches in verschiedenen Abstufungen bis hin zur Defini-

tion einer gemeinsamen, staatenübergreifenden Emissionsobergrenze geschehen kann. Die Verknüpfung nationaler Emissionshandelssysteme kann dazu beitragen, die gesetzten Minderungsziele effizienter zu erreichen, da mehr kostengünstige Minderungsoptionen ausgeschöpft werden können. Außerdem kommt man dem Ziel eines umfassenden Kohlenstoffmarktes auf diese Weise näher. Wichtiger noch dürfte das politische Signal einer Verknüpfung bestehender Emissionshandelssysteme für die internationale Klimapolitik sein. Je mehr Länder daran beteiligt sind, desto größer sind die Chancen, dass sich andere Länder ebenfalls am Emissionshandel beteiligen, nicht zuletzt deshalb, weil sie mehr Vertrauen in eine kooperative Lösung haben. Daher sollte die EU Kooperationsmöglichkeiten im Sinne der Verknüpfung bestehender Emissionshandelssysteme engagiert verfolgen. Dabei könnten moderate Grenzausgleichsmaßnahmen helfen, die für Unternehmen in Pionierländern entstehenden Wettbewerbsverzerrungen zu reduzieren und die Anreize für Trittbrettfahrer zu senken.

Allerdings hat das Scheitern eines nationalen Klimaschutzgesetzes in den USA die Bemühungen um einen verknüpften transatlantischen Kohlenstoffmarkt um Jahre zurückgeworfen. Demgegenüber hat China angekündigt, CO_2-Bepreisung und Emissionshandel im Rahmen des 12. Fünfjahresplans zunächst regional begrenzt testen zu wollen. Eine aktive Partnerschaft Deutschlands und der EU mit China für den Aufbau eines entsprechenden Systems, insbesondere auch mit Bezug auf Erfahrungen bei der Einführung des europäischen Emissionshandels und dessen struktureller Weiterentwicklung, würde eine mögliche spätere Verknüpfung mit dem EU ETS erleichtern. Perspektivisch könnten diese Schritte den Weg für ein geographisch noch umfassenderes System unter Einbindung weiterer Partner ebnen.

In eine ähnliche Richtung zielen sektorale Ansätze im Emissionshandel. So könnten Länder, die bisher keine nationalen Emissionsobergrenzen eingeführt haben, zunächst sektoral oder abgestuft an einem erweiterten europäischen Emissionshandel beteiligt werden (WBGU, 2010). Neben absoluten Obergrenzen sind anfänglich auch relative Ziele (d.h. Effizienzziele) eine Option, um wenigstens ein Mindestmaß an Lenkungswirkung zu erzielen und die Strukturen für spätere anspruchsvollere Begrenzungen mit absoluter Deckelung zu schaffen. Mit Blick auf die aus der 2 °C-Leitplanke abgeleiteten Anforderungen für globale Emissionsreduktionen sollten bei sektoralen Ansätzen künftige Möglichkeiten für sukzessiv stärkere Reduktionsverpflichtungen von Anfang an mitgedacht werden.

Komplementär zu einem geographisch erweiterten Emissionshandel ist die Einführung von CO_2-Steuern in den Ländern sinnvoll, deren mangelnde institutionelle Kapazitäten den Einsatz von Emissionshandelsmechanismen zunächst in Frage stellen. Die Dekarbonisierungsanstrengungen dieser Länder sollten übergangsweise durch Finanztransfers, beispielsweise im Rahmen anderer Instrumente der internationalen Klimapolitik (Kap. 7.3.8, 7.3.9), begleitet werden. Die Finanztransfers sollten an die Ausarbeitung von Strategien zur klimaverträglichen Entwicklung bzw. Fahrpläne geknüpft sein, die von Schwellen- und Entwicklungsländern selbst erarbeitet werden sollten. Deutschland sollte sich dafür einsetzen, dass das Thema CO_2-Bepreisung als Rahmenbedingung in die klimaverträglichen Entwicklungsstrategien und -fahrpläne dieser Länder aufgenommen wird. Von der UN sollte, etwa im Rahmen der UN-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung 2012 (UNCSD, auch Rio+20-Konferenz genannt), Beratung und Kapazitätsaufbau zur Umsetzung der Strategien geleistet werden. Darüber hinaus sollten Finanztransfers für Maßnahmen zur Vermeidung (mitigation) im Rahmen der UNFCCC an Schwellenländer, die noch keine CO_2-Bepreisung eingeführt haben, an die Bedingung der Vorlage einer ausgearbeiteten Strategie für eine ambitionierte CO_2-Bepreisung geknüpft werden.

7.3.2.3 Hohes Ambitionsniveau: Einen möglichst globalen Emissionshandel mit gemeinsamen Emissionsgrenzen etablieren

Möglichst parallel zu den beschriebenen Aktivitäten sollte eine rasche und umfassende Einbindung der Hochemissionsländer weltweit angegangen werden. Diese Einbindung würde das Erreichen signifikanter globaler Emissionsminderungen sicherstellen. Im Rahmen einer gemeinsamen ambitionierten Obergrenze für die beteiligten Volkswirtschaften würde dies ein starkes, breit wirkendes Preissignal erzeugen. Auf diesem Weg wären die notwendige Beschleunigung der Transformation und ein wichtiger Schritt in Richtung eines globalen Kohlenstoffmarktes zu erreichen. Diese politisch anspruchsvolle Strategie erscheint geboten, will man den Scheitelpunkt der globalen Emissionen noch in dieser Dekade erreichen und die Chancen auf ein Einhalten der 2 °C-Leitplanke mit einer akzeptablen Wahrscheinlichkeit wahren. Hierfür bräuchte es allerdings einen politischen Kraftakt, der deutlich über die bisherigen Ansätze zur Kooperation auf dem Gebiet des Emissionshandels hinausgeht.

Die EU sollte daher in naher Zukunft umfangreiche staatenübergreifende Emissionsbeschränkungen anstreben. Angesichts des starken Emissionswachstums insbesondere in großen Schwellen- und Entwicklungsländern sollten neben den großen Emittenten in den Industrieländern auch diese Länder in eine

solche staatenübergreifende Deckelung (Cap) frühzeitig einbezogen werden. Dazu könnten beispielsweise mit den BASIC-Ländern und mit kooperationswilligen Akteuren unter den Industriestaaten Verhandlungen über die Aufteilung von Emissionsrechten bei gleichzeitiger Einführung leistungsfähiger Handelsmechanismen innerhalb dieser Koalition geführt werden. Die Ausdehnung von Emissionsbeschränkungen auch auf Entwicklungs- und Schwellenländer wird allerdings nur gelingen, wenn die Allokation auf ein gerechtes Fundament gestellt wird und die entsprechenden Vereinbarungen auch mit Technologietransfers verknüpft sind. Der Budgetansatz des WBGU (2009b) liefert im globalen Maßstab einen Kompass für die Bestimmung der unter Umweltgesichtspunkten noch zulässigen Emissionsmengen und sieht eine Gleichverteilung der Emissionsrechte auf Pro-Kopf-Basis vor. Diese Prinzipien sind auch für eine Umsetzungsstrategie im Rahmen eines subglobalen Emissionshandelssystems auf Unternehmensebene relevant: Eine gemeinsame Emissionsgrenze einer Pionierkoalition sollte mit Blick auf die global noch zulässige Emissionsmenge und dem sich daraus ergebenden Transformationsdruck bestimmt werden. Eine faire Lastenteilung bei den Dekarbonisierungsanstrengungen kann dadurch gewährleistet werden, dass die Auktionserlöse eines gemeinsamen Emissionshandelssystems auf Unternehmensebene auf Pro-Kopf-Basis an die beteiligten Staaten fließen. Für die Umsetzung eines solchen integrierten Systems sollten innerhalb der Koalition Strukturen geschaffen werden, die als Prototyp einer künftigen Weltklimabank (WBGU, 2009b) dienen können.

Eine solche Vorgehensweise ist zu empfehlen, um trotz der derzeitigen Blockadeposition wichtiger Akteure bei den internationalen Verhandlungen, allen voran den USA, insbesondere die großen Schwellenländer enger einzubinden. In diesen schnell wachsenden Volkswirtschaften sollten unbedingt Pfadabhängigkeiten vermieden werden, die durch Fortschreibung eines kohlenstoffintensiven Entwicklungspfads die globalen Emissionen auf Jahrzehnte zu hoch ausfallen lassen würden und signifikante Emissionsrückgänge in weite Ferne rücken ließen. Außerdem wäre bei späterem Handeln mit deutlich höheren Kosten der globalen Dekarbonisierung der Energiesysteme zu rechnen (Kap. 4.5.1).

Zusätzliche Emissionsminderungen, die durch die Bildung einer Pionierkoalition zu erreichen wären, bestimmen sich durch die Anzahl der Partner und die Festlegung der gemeinsamen Emissionsobergrenze. Eine Partnerschaft der Europäischen Union etwa mit Japan, China, Indien und Brasilien würde sich zurzeit auf rund die Hälfte der globalen CO_2-Emissionen beziehen (geschätzt auf Basis von WRI-CAIT, 2011, ohne Landnutzungsänderungen). Könnten zusätzlich auch die USA, Russland, Kanada und Australien in eine staatenübergreifende Deckelung eingebunden werden, wären dadurch etwa drei Viertel der globalen Emissionen des Jahres 2007 abgedeckt. Eine absolute Emissionsbegrenzung, die einen nennenswerten Rückgang der Emissionen der Koalition oder zumindest das Erreichen des Scheitelpunktes der Emissionen in dieser Dekade sicherstellte, hätte auch global gesehen die gewünschte Signalwirkung, da die bevölkerungsreichsten und am schnellsten wachsenden Schwellenländer in das System eingebunden wären.

Eine große Transformationswirkung kann nur durch ein sehr hohes Maß an internationaler Kooperation erzielt werden. Eine globale Bepreisung von CO_2-Emissionen herbeizuführen erfordert letztlich eine Art „Kooperationsrevolution“ und macht strategisches Handeln weit über Europa hinaus notwendig. Ohne eine weltweite CO_2-Bepreisung sind jedoch signifikante Emissionsminderungen und der notwendige Strukturwandel auf Dauer nicht zu erreichen.

7.3.3 Bündel 3: Europäisierung der Energiepolitik ausweiten und vertiefen

7.3.3.1 Gemeinsame Energiepolitik als Chance für Europa

Angesichts der Herausforderungen des Klimawandels, einer zunehmenden Abhängigkeit vom Import fossiler Energieträger sowie steigenden Energiepreisen ist die Energiewende in der EU dringend erforderlich. Ziel der Europäisierung der Energiepolitik sollte die Dekarbonisierung der europäischen Energiesysteme bis Mitte des Jahrhunderts sein. Dafür empfiehlt der WBGU eine konsequente Förderung erneuerbarer Energien, den koordinierten, raschen Ausbau der Netzinfrastruktur inklusive Speicher und Netzzugang, eine konsequente EU-Energieaußen- und -Entwicklungspolitik zur Einbindung Nordafrikas sowie (primär) verfassungsrechtliche und institutionelle Änderungen für die umfassende Berücksichtigung von Klimaschutz- und Transformationsbelangen in der EU-Politik.

Eine gemeinsame europäische Energiepolitik hätte eine enorme Symbolwirkung und würde die politische Kraft Europas zum gemeinsamen Handeln in zentralen Zukunftsfeldern unterstreichen, die Wettbewerbsfähigkeit der Union stärken und Ausstrahlungskraft auf die Weltwirtschaft entfalten. Der EU fehlt derzeit ein neues Projekt, das seine Bürger überzeugt, motiviert und begeistert. Heute können energie- und industriepolitische Initiativen im Bereich erneuerbarer Energien Impulse für die Vertiefung der Europäischen Union

Kasten 7.3-1

Transformation der Energienutzung I: Dekarbonisierung der Energiesysteme

Der zentrale Ansatzpunkt für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft ist die Reduktion der CO_2-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger. Verschiedene Analysen zeigen, dass eine globale Dekarbonisierung der Energiesysteme technisch und wirtschaftlich möglich ist (Kap. 4). Die langfristigen volkswirtschaftlichen Kosten einer solchen Transformation liegen bei wenigen Prozent des globalen BIP. Für den Erfolg der Transformation ist eine stark beschleunigte Senkung der CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleistung unbedingt notwendig. Um bei einem Wirtschaftswachstum von 2–3 % einen Emissionspfad einzuschlagen, bei dem bis 2050 nicht mehr als 750 Mrd. t CO_2 aus fossilen Quellen emittiert werden, müsste die CO_2-Intensität der globalen Wirtschaftsleistung in den nächsten Jahren mindestens doppelt so schnell sinken wie in der Vergangenheit.

Das Technologieportfolio für die Dekarbonisierung der Energiesysteme unterscheidet sich in den Analysen erheblich, es gibt also nicht nur eine einzige Möglichkeit der Transformation der Energiesysteme in Richtung Klimaschutz. Der konkrete Energiepfad wird, abhängig von politischen, technologischen und kulturellen Umständen und Präferenzen sowie den geographischen Besonderheiten, zwischen Staaten und Regionen unterschiedlich verlaufen. Insbesondere die Nutzung von Kernenergie und die Bedeutung von CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) könnten sich regional und national vor allem durch politische Entscheidungen sehr unterschiedlich entwickeln. Der WBGU rät von der Kernenergienutzung ab, insbesondere wegen des Risikos schwerster Schadensfälle, der ungeklärten Endlagerungsproblematik und dem Risiko unkontrollierter Proliferation. CCS ist eine notwendige Vermeidungsoption für Länder, die weiterhin fossile Energien einsetzen wollen, wenn die Klimaschutzleitplanke von 2 °C eingehalten werden soll. CCS in Verbindung mit Bioenergienutzung könnte zudem später eine Rolle spielen, um der Atmosphäre aktiv CO_2 zu entziehen. Der WBGU konzentriert sich in seinen Empfehlungen jedoch auf Entwicklungspfade, die diesen beiden Technologien nur eine geringe Rolle zumessen. Vielmehr empfiehlt er eine Strategie, die primär auf den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien setzt, mit dem perspektivischen Ziel einer Vollversorgung mit erneuerbaren Energien.

Ein Blick auf transformative Szenarien (Kap. 4) legt aus Sicht des WBGU nahe, dass die globale Endenergienachfrage bis 2050 auf nicht mehr als 400–500 EJ pro Jahr steigen sollte, wenn die Transformation gelingen soll. Die globale Endenergienachfrage liegt derzeit bei ca. 350 EJ pro Jahr. Ohne politische Richtungsänderung könnte sich die Endenergienachfrage mehr als verdoppeln. Die Begrenzung der Endenergienachfrage ist daher insbesondere in Industrieländern sowie in den schnell wachsenden Schwellenländern eine große Herausforderung und entsprechende Strategien sind von hoher Bedeutung.

Neben der Dekarbonisierung ist das zweite Ziel eines Umbaus der Energiesysteme, die Energiearmut zu überwinden (Kasten 7.3-2).

setzen, ähnlich wie die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (Montanunion) auf Grundlage fossiler Energien politische Identität begründet hat. Eine gemeinsame europäische Energiepolitik könnte den Weg in ein neues Zeitalter der Energieversorgung weisen und die Machbarkeit einer kontinentweiten nachhaltigen Energieversorgung weltweit demonstrieren. Momentan werden wichtige Weichen für die Weiterentwicklung des europäischen Energiemarktes und insbesondere für die Regulierung des Netzzugangs gestellt (Entwurf des vierten Energiebinnenmarktpakets). Es gilt, diese Entwicklungen in Richtung einer Dekarbonisierung der Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien voranzutreiben.

7.3.3.2 Niedriges Ambitionsniveau: Stärkung der Zielsetzung Klimaschutz und Fortschreibung bestehender energiepolitischer Maßnahmen

Mit den bestehenden energiepolitischen Ansätzen hat die EU bereits den Grundstein für die Dekarbonisierung des europäischen Energiesystems gelegt. Die Klimaschutzziele des EU-Klima- und -Energiepakets bilden einen wichtigen Orientierungsrahmen für die Dynamik des Ausbaus erneuerbarer Energien und die Steigerung der Energieeffizienz. Insbesondere die 2009 eingeführte Erneuerbare-Energien-Richtlinie versucht, mit bis zum Jahr 2020 festgelegten Zielen für den Anteil erneuerbarer Energien im Endenergieverbrauch und im Verkehrssektor, den Ausbau erneuerbarer Energieträger zu beschleunigen und den schrittweisen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger zu ermöglichen. Allerdings greifen diese vorhandenen moderaten Ansätze zur Förderung erneuerbarer Energien innerhalb der EU und die einzelnen Förderprogramme der Mitgliedstaaten noch zu kurz. Die EU sollte daher durch die Fortschreibung der bereits bestehenden energiepolitischen Maßnahmen weiter Anreize setzen und Ziele vorgeben: Über die (Gesamt-)Zielfestlegungen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie bis zum Jahr 2020 hinaus bedarf es weiterer ambitionierter Zielfestlegungen bis 2050. Klimaschutzziele müssen weiter entwickelt und verpflichtende Energieeffizienzziele vereinbart werden. Mittelfristige Ziele erlauben eine Überprüfung der Ausbauziele und gegebenenfalls ihre Anpassung an neue wissenschaftliche und technologische Erkenntnisse. Flankiert werden sollten diese materiellen Vorgaben prozedural durch Kontrollmöglichkeiten wie etwa einer zu etablierenden europäischen Verbandsklage.

In vielen Mitgliedstaaten wirkt sich auch die existierende finanzielle Förderung erneuerbarer Energieträger beschleunigend auf deren Ausbau aus. Momentan findet eine Abstimmung der nationalen Fördersysteme innerhalb Europas jedoch noch nicht statt. Eine staatenübergreifende Kooperation bei der Förderung erneuerbarer Energien innerhalb der Europäischen Union wäre zwar gemäß der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie im Sinne der Zielflexibilität möglich, nicht aber verpflichtend. Die Kooperation könnte demnach in Form von gegenseitiger statistischer Anrechnung, gemeinsamen Projekten (auch mit Nicht-EU-Ländern) bis hin zu staatenübergreifenden Fördermechanismen erfolgen. Letzteres würde zu einer Angleichung der Fördersätze führen. Diese Optionen wurden bisher aufgrund hoher Transaktionskosten und Unsicherheit über die nationale Zielerreichung nicht genutzt. Eine Abstimmung der Fördersysteme und -sätze würde jedoch die Kosten der Förderung europaweit reduzieren und wäre ein wichtiger Schritt hin zu einer unionsrechtlichen Vollharmonisierung der Förderung, wie sie aus Sicht des WBGU mittelfristig angestrebt werden sollte (Kap. 7.3.4). Daher sollten die in der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie bereits vorgesehenen Fördermaßnahmen umgesetzt werden.

Verfassungsrechtliche und institutionelle Änderungen auf der EU-Ebene können die Fortschreibung energiepolitischer Maßnahmen begünstigen. Der Klimaschutz ist bereits eines von mehreren Zielen der EU-Umweltpolitik und muss in allen Politikbereichen als Teil des Umweltschutzes berücksichtigt werden. Zur stärkeren Berücksichtigung des Klimaschutzes bei allen politischen Maßnahmen in der EU ist jedoch eine explizite Nennung im Zielekatalog des Art. 3 Vertrag über die Europäische Union (EUV) sowie in der Querschnittsklausel des Art. 11 Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) erforderlich. Durch diese symbolisch-verfassungsrechtliche Verankerung wird die Fortschreibung der energiepolitischen Maßnahmen eingefordert. Zugleich erfordert die umfassende Berücksichtigung von Belangen des Klimaschutzes auch eine entsprechende institutionelle Verankerung. Durch die Einführung eines klimapolitischen Mainstreamings kann sichergestellt werden, dass Klimaschutz- und Transformationsbelange mit hoher Priorität, quer durch alle Ressorts und bei allen Gesetzgebungsvorhaben berücksichtigt werden. In der Generaldirektion Energie deutet sich ein solches klimapolitisches Mainstreaming gerichtet auf eine transformative Energiepolitik bereits an. Die von ihr auf der Grundlage der „Strategie Europa 2020“ bzw. der Mitteilung „Energie 2020“ entwickelte Energiepolitik zielt auf die Bereitstellung technologischer Innovationen im Energiebereich sowie die Einhaltung der Energie- und Klimaziele. Gleichwohl erfordert eine erfolgreiche Umsetzung des Ziels Klimaschutz auf der Unionsebene eine stärkere und alle Organisationseinheiten umfassende Verpflichtung zu transformativer Politik im Sinne eines klimapolitischen Mainstreamings.

7.3.3.3 Mittleres Ambitionsniveau: Verwirklichung des Energiebinnenmarktes

Ein wichtiger, wenn auch nicht der letzte Schritt zur Dekarbonisierung der europäischen Energiesysteme ist die Verwirklichung des einheitlichen europäischen Energiebinnenmarktes. Nur in einem funktionierenden europäischen Energiebinnenmarkt kann eine kontinentweite nachhaltige Energieversorgung gewährleistet werden: Der freie Zugang zu den Netzen und die Errichtung grenzüberschreitender Netze sind erforderlich, um erneuerbare Energien effizient in das bestehende Netz einzubeziehen und die Versorgungssicherheit zu garantieren. Das dritte Energiebinnenmarktpaket der EU aus dem Jahr 2009 bildet die Grundlage für die grenzüberschreitende Organisation des Netzbetriebs sowie die Marktintegration, so dass die Grundlagen für einen funktionierenden Energiebinnenmarkt bereits gelegt sind. Allerdings wurden diese Maßnahmen noch nicht vollständig und nicht in allen Mitgliedstaaten umgesetzt. Insbesondere sollte durch die Schaffung unabhängiger Netzbetreiber der freie Netzzugang gesichert werden. Nur so kann sich ein gemeinsamer europäischer Strommarkt mit einheitlichen Preisen entwickeln. Insoweit schlägt der WBGU vor, dass sich die Bundesregierung für die Verwirklichung eines klimaverträglichen Energiebinnenmarktes durch die EU einsetzt, denn diese kann auf der Grundlage ihrer vorhandenen Kompetenzen die Durchführung der im Energiebinnenmarktpaket vorgesehenen Maßnahmen sicherstellen und so die Verwirklichung des Energiebinnenmarktes vorantreiben.

7.3.3.4 Hohes Ambitionsniveau: Europaweite unionsbasierte Energiestrategie

Am effektivsten würde die Dekarbonisierung der europäischen Energiesysteme erreicht werden, wenn der EU die Kompetenz zur Festlegung einer europäischen Energiestrategie eingeräumt würde. Hierdurch wäre die EU zur Etablierung einer europaweiten unionsbasierten Energiepolitik berechtigt, die die Wahl der jeweiligen Energieträger und den Aus- und Umbau grenzüberschreitender Infrastruktur umfasst. Unter anderem mit Hilfe der Kompetenz, den rechtlichen Rahmen für den europäischen Energiemix festzulegen, der die Entscheidung der Mitgliedstaaten bei der Wahl der Energieträger steuert, könnte die EU ihre kontinentweiten

erneuerbaren Energiepotenziale bündeln. So könnte sie angesichts der unterschiedlichen geographischen und wirtschaftlichen Faktoren für die Produktion und Speicherung von erneuerbaren Energien deren kosteneffizienten Ausbau enorm vorantreiben: Windenergie von der Nord- und Ostsee, Biomasse aus Osteuropa, Sonnenenergie aus Südeuropa und Systemwissen zum Ausbau transeuropäischer Netze aus Deutschland und anderen technologiestarken Ländern. Da die EU auf der bestehenden Kompetenzgrundlage (Umwelt- und Energiepolitik, Art. 191 und 194 AEUV) nicht zur Festlegung des rechtlichen Rahmens für den europäischen Energiemix berechtigt ist, sollte ihr eine entsprechende Gesetzgebungskompetenz eingeräumt werden.

Das Funktionieren einer solchen gemeinsamen Energiepolitik erfordert eine kontinentweite Vernetzung von Produktion, Verbrauch und Speicherung. Sie setzt daher voraus, dass ein gemeinsamer barrierefreier Energiebinnenmarkt existiert und die Energienetze europaweit ausgebaut werden. Die EU sollte daher den koordinierten Netzausbau regeln: In Europa sollte ein transkontinentales Hochleistungsnetz für elektrische Energie geschaffen werden, das den innereuropäischen Stromaustausch ermöglicht. Das Netz soll darüber hinaus an Europa angrenzende Länder einbeziehen, die Energie produzieren oder speichern, z. B. Verbindungen zu den Speicherkraftwerken Norwegens, zu Offshore-Windfarmen oder in einem weiteren Schritt zu solarthermischen Anlagen in Afrika. Neben dem Ausgleich regionaler Schwankungen des Energieangebots trägt das Netz zu Effizienz und Verbesserung der strategischen Versorgungssicherheit bei. Die Umsetzung erfordert eine gemeinsame Planung des Energieinfrastrukturausbaus einschließlich der Sicherstellung der hierfür erforderlichen Investitionen. Das Dritte Energiebinnenmarktpaket schafft zwar einen neuen rechtlichen Rahmen für die grenzüberschreitende Organisation des Netzbetriebs. Eine Pflicht zum Ausbau der Versorgungsnetze besteht hiernach jedoch nicht, insofern sollte die EU entsprechende neue Rechtsakte zum Netzausbau und zur Netzerrichtung erlassen. Insbesondere ist ein unionsweiter Bedarfsplan erforderlich, der ähnlich wie die deutsche Verkehrswegeplanung den Bedarf an Erweiterung und Ausbau von Stromnetzen und Speichern festlegt.

Prozedural ist eine Arbeitsteilung zwischen EU und Mitgliedstaaten zu empfehlen: Die EU schafft die Grundlage für eine europaweite unionsbasierte Energiestrategie, indem sie den rechtlichen Rahmen für den Energiemix und den Um- und Ausbau für Infrastrukturvorhaben vorgibt. Die konkrete rechtliche Ausgestaltung und auch die Durchführung der Planungs- und Zulassungsverfahren für die Infrastrukturvorhaben sollte den Mitgliedstaaten obliegen. Sie haben eine frühzeitige Einbeziehung und Beteiligung der Unionsbürgerinnen und -bürger an den EU-weiten Planungsprozessen zu gewährleisten. Diese neuen Maßnahmen zum Netzausbau bedürfen einer Erweiterung der EU-Kompetenzen im Rahmen des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV).

Darüber hinaus erfordert der Ausbau der Netze erhebliche Investitionen, vor allem in Regionen, die keine privaten Investoren finden. Es bedarf daher in diesen Regionen einer öffentlichen Unterstützung. Dafür sollten auch auf europäischer Ebene entsprechende Mittel bereitgestellt werden. Außerdem bedarf es staatlicher Investitionsanreize (z. B. durch günstige Kreditangebote) und möglicherweise rechtlicher Verpflichtungen zum Ausbau der Netze, soweit dies wirtschaftlich vertretbar ist.

Schließlich empfiehlt der WBGU, mittelfristig auch die internationale Kooperation über die Grenzen der Europäischen Union hinaus auszuweiten. Insoweit scheint es erforderlich, dass die EU die entsprechende Außenkompetenz zum Abschluss völkerrechtlicher Vereinbarungen erhält. Die Dekarbonisierung des EU-weiten Energiesystems bis 2050 kann kostengünstiger erreicht werden, wenn Europa Kooperationen mit angrenzenden Staaten eingeht. Kernelement wäre die Initiierung von breitenwirksamen Energiepartnerschaften der EU mit Nordafrika (analog zu den Partnerschaften der EU mit großen Schwellenländern), um die dortigen Standortvorteile für erneuerbare Energien (Wind und Sonnenenergie) zu nutzen. Europäisch-afrikanische Energiepartnerschaften sollten einerseits Beiträge zur europäischen Energieversorgung leisten und andererseits dabei helfen, nachhaltige Energieversorgungsstrukturen in Afrika zu schaffen und die Energiearmut wirkungsvoll zu bekämpfen. Ein solches Zukunftsprojekt könnte zugleich die Zusammenarbeit zwischen Europa und Afrika auf eine völlig neue, auf gemeinsamen Interessen beruhende Grundlage stellen. Entwicklungs-, Energie- und Stabilitätspolitik würden gebündelt.

7.3.4 Bündel 4: Ausbau erneuerbarer Energien durch Einspeisevergütungen international beschleunigen

Solange ein globaler CO_2-Preis oder nationale und regionale Ansätze zur Bepreisung von CO_2 (Kap. 7.3.2) noch nicht umgesetzt sind oder keine ausreichende Höhe und Verlässlichkeit erreicht haben und solange die erneuerbaren Energien ihre Lernkurven noch nicht weit genug durchschritten haben, besteht für Investoren in den meisten Ländern ein zu geringer Marktan-

reiz zum beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien (Kasten. 5.2-4). Doch nur durch die Installation neuer Anlagen zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen können Kostensenkungen durch Lerneffekte erzielt werden, so dass der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien schneller und kostengünstiger als bisher erreicht werden kann. Die gezielte Förderung erneuerbarer Energien ist deshalb eine wichtige ergänzende Komponente innerhalb eines Maßnahmenkatalogs zur Transformation. Nur auf der Basis des raschen und verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energien kann die für den Emissionsrückgang erforderliche Transformationsgeschwindigkeit erreicht werden. Auf diese Weise können außerdem die drohenden Pfadabhängigkeiten fossiler Energietechnologien begrenzt werden.

Einspeisevergütungen (Feed-in Tariffs, FiT) haben sich bisher als die effektivsten und – insbesondere im Anfangsstadium der Technologiediffusion – gleichzeitig auch effizientesten Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energien erwiesen. Sie verschaffen Investoren langfristige Planungssicherheit und reduzieren dadurch Investitionsbarrieren (Kap. 7.3.8). Zudem ermöglichen technologiespezifische Einspeisevergütungen die parallele Förderung verschiedener erneuerbarer Energien, wodurch vielfältige Optionen zur künftigen Energiebereitstellung eröffnet werden. Die höhere Investitionssicherheit sowie die Möglichkeit der technologiespezifischen Förderung sind für den WBGU die wichtigsten Argumente für Einspeisevergütungen im Vergleich zu einer Förderung durch Quoten bzw. handelbare Zertifikate für erneuerbare Energien (Kasten 5.2-4).

Der WBGU empfiehlt daher der Bundesregierung, sich sowohl auf Ebene der Europäischen Union als auch im globalen Rahmen für die weitere Verbreitung des Instruments der Einspeisevergütungen einzusetzen. Die wichtigste begleitende Maßnahme, die erst die Voraussetzungen für einen so beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien schafft, ist der Infrastrukturausbau, allen voran die Schaffung leistungsfähiger Übertragungsnetze und Speicher. Gleichzeitig sollte dies mit einem politischen Prozess zum Auslaufen von Subventionen für fossile Energieträger verbunden sein, da derzeit die staatlichen Ausgaben für die Förderung fossiler Energieträger global um mehr als ein Fünffaches höher sind als die entsprechenden Ausgaben für die Förderung erneuerbarer Energieträger. Dieses Verhältnis sollte nun rasch umgekehrt werden.

7.3.4.1 Einspeisevergütungen in Europa: Effizienzgewinne durch schrittweise Harmonisierung der Fördersysteme ausschöpfen

Niedriges Ambitionsniveau: Einspeisevergütungssysteme innerhalb Europas besser aufeinander abstimmen

Bisher existieren Einspeisevergütungen bzw. -prämien in 21 Mitgliedstaaten der EU. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass das Instrument der Einspeisevergütung in weiteren EU-Mitgliedstaaten Anwendung findet und die existierenden Fördersysteme stärker aufeinander abgestimmt werden. Dazu sollte in der EU eine verbindliche Übereinkunft zur Einführung von Einspeisevergütungen in allen Mitgliedstaaten und zur schrittweisen Angleichung der nationalen Einspeisetarife, den koordinierten, raschen Ausbau der Netzinfrastruktur sowie den Aufbau von Speicherkapazitäten angestrebt werden. Eine verbesserte Abstimmung würde die Gefahr der Überförderung bestimmter Technologien an weniger günstigen Standorten reduzieren und könnte stattdessen deren Förderung in den für die Energieerzeugung geeignetsten Regionen anderer Länder weiter beschleunigen.

Momentan findet eine solche Abstimmung der nationalen Fördersysteme für erneuerbare Energien innerhalb Europas nicht statt. Eine staatenübergreifende Kooperation bei der Förderung erneuerbarer Energien wäre zwar gemäß der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie aus dem Jahr 2009 im Sinne der Zielflexibilität möglich, wurde jedoch bisher nicht genutzt (Kap. 7.3.3). Eine stärkere Abstimmung der Fördersysteme und -sätze würde die Kosten der Förderung europaweit reduzieren und wäre ein wichtiger Schritt hin zu einer unionsrechtlichen Vollharmonisierung der Förderung, wie sie aus Sicht des WBGU mittelfristig angestrebt werden sollte. Diese Umsetzung lässt sich jedoch nicht unmittelbar realisieren, da die Transportkapazitäten der elektrischen Netze durch die europäischen Mitgliedsländer noch bei weitem nicht ausreichen (Kap. 7.3.3). Nach der Installation dieser Netze ist jedoch eine Harmonisierung der Einspeisevergütungen anzustreben.

Mittleres Ambitionsniveau: Einheitliches europäisches Fördersystem vorantreiben

Eine EU-weit einheitliche Einspeisevergütung würde die Effizienz der Förderung erneuerbarer Energien prinzipiell erhöhen. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen könnte dann an den vorteilhaftesten Standorten zu den geringsten Kosten erfolgen. Der WBGU geht davon aus, dass eine EU-weite Einspeisevergütung sowohl die Transformation der Energieerzeugung in Richtung Klimaverträglichkeit entscheidend beschleu-

nigt als auch für das Erreichen einer nahezu vollständigen Versorgung Europas mit erneuerbaren Energien bis 2050 (Kap. 4.4) die insgesamt effizienteste Option ist.

Der WBGU regt deshalb an, das Ziel einer europaweiten Einspeisevergütung ab dem Jahr 2020 bewusst anzustreben und die europäische Energiepolitik bis 2020 entsprechend auszurichten (Kap. 5.4.3, 7.3.3). Zwingende Voraussetzung für eine einheitliche Einspeisevergütung ist der verstärkte Ausbau der Netze und Übertragungskapazitäten zwischen den EU-Mitgliedstaaten sowie die Bereitstellung neuer Infrastrukturen für den Umgang mit Fluktuation (Kap. 7.3.3). Eine sofortige europaweit einheitliche Einspeisevergütung würde absehbar in einigen Regionen, insbesondere in Deutschland, den Ausbau erneuerbarer Energien bremsen, ohne dass ausreichend erneuerbarer Strom importiert werden kann. Ein Ausweichen auf weniger nachhaltige Energieformen wäre ohne entsprechende Infrastruktur wahrscheinlich.

Ein rascher grenzüberschreitender Infrastrukturausbau bedarf einer Harmonisierung der Planungsvorschriften in den EU-Mitgliedstaaten und der Koordinierung der Planungsverfahren im Energiebereich, etwa durch einen unionsweiten Bedarfsplan. Dies erfordert die Übertragung entsprechender Rechtsetzungskompetenzen auf die EU seitens der Mitgliedstaaten. Weiter sollte durch die Schaffung unabhängiger Netzbetreiber der freie Netzzugang gesichert werden. Gleichzeitig müssten die rechtlichen Voraussetzungen für einen EU-weiten Stromabsatz gegeben sein (Kap. 7.3.3).

Die Schaffung dieser Voraussetzungen kann aus Sicht des WBGU binnen einer Dekade gelingen. Während dieser Zeit sollten die nationalen Fördersätze schrittweise und unter Berücksichtigung der Fortschritte beim Netzausbau soweit angenähert werden, dass beim Übergang zum EU-Fördersystem keine unverhältnismäßigen Brüche in den Fördersätzen für bestimmte Technologien entstehen. Um eine Periode der Investitionsunsicherheit zu vermeiden, bedarf es einer den Bestandsschutz vorhandener Anlagen berücksichtigenden Übergangsphase – so wie momentan in Deutschland: Bis zu einem bestimmten Stichtag gebaute Anlagen sollten noch den nationalen Regelungen unterliegen, welche parallel während einer Übergangszeit weiterlaufen könnten. Das Ziel einer harmonisierten Einspeisevergütung darf aus Sicht des WBGU außerdem nicht als Argument herangezogen werden, die nationalen Einspeisevergütungen zu beschneiden, bevor die Voraussetzungen für eine effektive und effiziente unionsweite Lösung gegeben sind.

Eine weitere wichtige Komponente in einem EU-weiten System müsste die bevorzugte Netzeinspeisung für erneuerbare Energien sein. Zudem wäre zu prüfen, wie ein Ausgleich zwischen der Förderung der günstigsten Potenziale bei gleichzeitiger Netzstabilisierung erreicht werden kann. Bei behutsamer Wahl von europaweit harmonisierten Einspeisetarifen und deren dynamischer Anpassung an die Fortschritte bei der Kostendegression einzelner Technologien kann die Gefahr einer Überförderung in Gunstregionen aus Sicht des WBGU minimiert werden. Im Falle einer dynamischen Anpassung der Förderhöhe für Neuanlagen würden die Gunststandorte zunächst bevorzugt, während weniger geeignete Regionen erst folgen würden, sobald sich deren wirtschaftliche Nutzung durch Fortschritte bei der Kostendegression ergibt. Die Vergütungshöhe sollte im Lauf der Zeit einer Degression unterliegen, die sich ändernde Marktbedingungen (u. a. Gestehungskosten, CO_2-Preis) berücksichtigt, wie das beim deutschen EEG schon der Fall ist. Aufgrund der dort gewonnenen Erfahrung mit den unterschiedlichen Marktdynamiken sollte die Degression der Einspeisevergütungen jedoch nicht an eine Jahreszahl, sondern an die kumulative installierte Leistung der jeweiligen Technologie gekoppelt werden. So können Anreize zu Kostensenkungen verstärkt und die Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energien schneller erhöht werden.

Die europaweite Einspeisevergütung sollte den optimierten Zubau von erneuerbaren Energien und deren weitere Kostensenkungen als Ziel haben. Diesen übergeordneten Zielen sind aus Sicht des WBGU nationale Ausbaustrategien und damit verbundene industriepolitische Interessen unterzuordnen. Der WBGU geht davon aus, dass die verschiedenen Technologien (Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft, Bioenergie) im Allgemeinen ab dem Erreichen einer weltweiten Kapazität von 5.000 TWh pro Jahr auch ohne Förderung wettbewerbsfähig sein werden, so dass das EU-Fördersystem für Windenergie schon etwa 2025 und für die Solarenergienutzung bis etwa Mitte des Jahrhunderts auslaufen könnte.

Hohes Ambitionsniveau: Einbezug Nordafrikas in ein europäisches Fördersystem prüfen

Um die Transformationswirkung eines einheitlichen europäischen Strommarktes mit harmonisierten Einspeisevergütungen weiter zu erhöhen, sollten frühzeitig Optionen geprüft werden, inwieweit Nordafrika in ein System europäischer Einspeisetarife eingebunden werden könnte. Die aus rechtlicher Sicht erforderliche (Außen-)Kompetenz der EU zur verbindlichen Einbeziehung Nordafrikas in ein europäisches Einspeise-Tarifsystem liegt bereits vor (Kap. 5.4.3). Durch die geographische Lage Nordafrikas könnten weitere Potenziale erschlossen werden, insbesondere im Bereich der Wind- und Solarenergie. Gleichzeitig könnte so auch die Energiewende in den Maghreb-Staaten unterstützt und in einem weiteren Schritt die

Stromversorgung im gesamten afrikanischen Kontinent ausgebaut werden (Kap. 7.3.3). Voraussetzung dafür wäre jedoch ein transkontinentales Hochleistungsnetz, das allerdings voraussichtlich nicht vor 2030 realisiert werden wird. Um auch die 500 Mio. Menschen südlich der Sahara zu versorgen, die derzeit keinen Zugang zu Strom haben, ist zusätzlich der Aufbau eines transafrikanischen Netzes notwendig.

7.3.4.2 Weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen: Wissensaustausch, Finanztransfer und Länderpartnerschaften initiieren

Niedriges Ambitionsniveau: Wissensaustausch und Kapazitätsaufbau für effiziente Fördersysteme durch die International Feed-in Cooperation

Deutschland sollte als Vorreiter im Bereich der Einspeisevergütungen mit den gewonnenen Erfahrungen den Wissenstransfer zur optimalen Ausgestaltung von Systemen für Einspeisevergütungen (FiT-Systeme) verstärken. Zusammen mit Spanien und Slowenien hat die deutsche Bundesregierung bereits im Jahr 2005 die „International Feed-in Cooperation" (IFIC) gegründet, die den Wissensaustausch zwischen Ländern mit und ohne Einspeisevergütungssystemen und dadurch die weltweite Verbreitung von Best Practices bei der Nutzung von Einspeisevergütungen zum Ziel hat. In regelmäßig stattfindenden Workshops werden Erfahrungen und Verbesserungsvorschläge diskutiert. Außerdem bringt die IFIC ihre Expertise in die politischen Diskussionen zur Förderung erneuerbarer Energien, insbesondere auf EU-Ebene, ein.

Die Bundesregierung sollte ihr Engagement im Rahmen dieser Kooperation finanziell und personell weiter ausbauen und dadurch helfen, das Wissen und die Fähigkeiten zur Einführung von effizienten Einspeisevergütungen in interessierten Ländern, auch über die Grenzen Europas hinaus, aufzubauen. Auch der regelmäßige Erfahrungsaustausch zwischen Ländern mit Einspeisevergütungen sollte im Rahmen der IFIC fortgeführt und verstärkt werden, um die Effektivität und Effizienz bestehender nationaler Systeme zu steigern. Die International Feed-in Cooperation könnte so zu einem Wissenszentrum für effiziente Einspeisevergütungen werden, dessen Expertise international nachgefragt würde.

Mittleres Ambitionsniveau: Einspeisevergütungen in Entwicklungsländern auf den Weg bringen

Der weltweite Ausbau erneuerbarer Energien könnte weiter beschleunigt werden, wenn Einspeisevergütungen in möglichst vielen Ländern, insbesondere in den bevölkerungsreichen und klimapolitisch bedeutsamen BASIC-Staaten sowie in den OECD-Ländern, die nicht EU-Mitgliedstaaten sind, etabliert bzw. weiter ausgebaut würden. Die OECD-Länder sowie Indien und China werden bis Mitte des Jahrhunderts voraussichtlich etwa 70 % der weltweiten Stromnachfrage abdecken, weshalb in diesen Ländern eine rasche Umstellung auf erneuerbare Energien erforderlich ist. Viele Länder haben bereits für einzelne Regionen oder Technologien Einspeisevergütungen eingesetzt, welche jedoch weiterentwickelt werden müssten, um den Ausbau der erneuerbaren Energien global zu beschleunigen.

Die Bundesregierung sollte deshalb über den Wissenstransfer hinaus eine Initiative zur globalen Verbreitung von Einspeisevergütungen anstoßen. Der Startschuss für diese globale Initiative könnte im Rahmen der Rio+20-Konferenz fallen. Denkbar wäre eine Absichtserklärung der teilnehmenden Staaten, Einspeisevergütungen in ihren Ländern einzuführen bzw. bestehende Systeme für Einspeisevergütungen zu verbessern. Dies sollte verbunden sein mit einem Bekenntnis zum Auslaufen von Subventionen für fossile Energieträger.

Damit es nicht beim Lippenbekenntnis bleibt, sollte eine Absichtserklärung bereits weitergehende Initiativen beinhalten, die die konkrete Umsetzung der Pläne zur Einführung von Einspeisevergütungen betreffen. Dabei müsste auf die unterschiedlichen Voraussetzungen zur Einführung von Einspeisevergütungen in verschiedenen Ländern eingegangen werden. Denn durch den Einsatz entsprechender Technologien können Einspeisetarife auch bei dezentralen, kleinen lokalen Inselnetzen eingesetzt werden und sind deshalb auch gerade für die Überwindung der Energiearmut in Entwicklungsländern von Bedeutung.

Während Einspeisevergütungen in Industrieländern von den Endverbrauchern über die Elektrizitätspreise getragen werden, ist ein Großteil der Konsumenten in Entwicklungsländern dazu nicht in der Lage. Staatliche oder andere Zuschüsse für die Einspeisung erneuerbarer Energien müssen daher sichergestellt werden, ebenso wie Mittel für den Kapazitätsaufbau (Wissenstransfer, Ausbildung).

Einerseits sollten im Rahmen der vorgeschlagenen Initiative zu diesem Zweck bilaterale Partnerschaften zwischen Industrie- und Entwicklungsländern angeregt werden, die den Kapazitätsaufbau und finanzielle Unterstützung beinhalten. Bilaterale Partnerschaften zwischen Industrie- und Entwicklungsländern würden die Finanzierungslast für Staat und Verbraucher in wenig entwickelten Ländern reduzieren und stellen eine Möglichkeit dar, Potenziale in verschiedenen geographischen Lagen optimal auszunutzen und dadurch die Kosteneffizienz der Förderung zu erhöhen.

Andererseits sollte ein internationaler Finanzierungsmechanismus nach dem Vorbild des Programms Global Energy Transfer Feed-in Tariffs (GET Fit) eingerichtet werden (Kap. 5.2.3), aus dem FiT-Systeme in Entwicklungsländern (ko-)finanziert werden könnten. Auch die Finanzierung des Ausbaus der erforderlichen Infrastruktur wie Netze und Speicher sollte hier mit bedacht werden. Ein solcher Finanzierungsmechanismus stünde in engem Zusammenhang mit den Initiativen zur Verringerung der Energiearmut (Kap. 7.3.5). Eine Option wäre, diesen Finanzierungsmechanismus innerhalb des Green Climate Fund der UNFCCC anzusiedeln (Kap. 7.3.8). Sofern möglich sollte die finanzielle Unterstützung beim Ausbau erneuerbarer Energien an marktwirtschaftliche Reformen der Energiemärkte (Entflechtung von Energieerzeugern und Netzwerkbetreibergesellschaften sowie den Einsatz unabhängiger Netzwerküberwacher) geknüpft sein, um Wettbewerb und Markteffizienz anzuregen. Mögliche Aufträge für den Ausbau von Übertragungsnetzen sollten international ausgeschrieben und an Anbieter vergeben werden, die mit dem geringsten Volumen internationaler Finanzhilfe den Ausbau gewährleisten können.

Hohes Ambitionsniveau: IRENA als Koordinationsplattform und für die Verbreitung von Einspeisevergütungen etablieren

Für den weltweiten nachhaltigen Ausbau erneuerbarer Energien braucht es ein koordiniertes und beschleunigtes Vorgehen für ihre Förderung. Die 2009 gegründete Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) hat die Aufgabe, Industrie- und Entwicklungsländer bei der Einführung erneuerbarer Energien zu beraten und zu unterstützen. IRENA soll praxisnahe und konkrete Politikberatung anbieten, Kompetenzaufbau, Technologietransfer und Finanzierung erleichtern sowie den Austausch von Wissen fördern. Es kommt jetzt darauf an, die Gründungsphase abzuschließen und die inhaltliche Arbeit aufzunehmen. Dafür muss insbesondere die Finanzierung der IRENA gewährleistet und eine konkrete Mittel- und Langfriststrategie beschlossen werden. Die weltweite Verbreitung von Einspeisevergütungen sollte eines der programmatischen Ziele der Organisation sein.

Die IRENA könnte in diesem Sinne als Sekretariat und Koordinationsplattform für die vom WBGU vorgeschlagene Rio+20-Initiative zur Verbreitung von Einspeisevergütungen fungieren. Insbesondere könnte sie Datenbanken zu Potenzialanalysen, Förderpolitiken und Finanzierung erneuerbarer Energien erstellen, Kapazitätsaufbau in Entwicklungsländern in enger Zusammenarbeit mit der IFIC vermitteln und Partnerschaften zwischen Ländern anbahnen, die sich – analog zur Energiepartnerschaft Europas und Nordafrikas – gemeinsame Ausbauziele für erneuerbare Energien setzen und diese durch gegenseitige Anrechnung neuer Kapazitäten und mit gemeinsam finanzierten Projekten erfüllen wollen. Damit die IRENA als Koordinationsplattform für die Einführung von Einspeisevergütungen dienen kann, sollte sich die Bundesregierung dafür einsetzen, dass sie weltweit hohe Aufmerksamkeit und Bedeutung in Energiefragen bekommt, um gleichberechtigt und gemeinsam mit bestehenden Organisationen den Ausbau erneuerbarer Energien voranbringen zu können (Kap. 7.3.9).

7.3.5 Bündel 5: Nachhaltige Energiedienstleistungen in Entwicklungs- und Schwellenländern fördern

Eine globale klimaverträgliche Entwicklung kann nur gelingen, wenn die zunehmende Energienutzung in den Entwicklungs- und Schwellenländern rechtzeitig in nachhaltige Bahnen gelenkt wird. Es gibt keinen Spielraum mehr für treibhausgasintensive Entwicklungspfade (WBGU, 2009b). Zunächst muss es laut der Advisory Group on Energy and Climate Change des UN Generalsekretärs (AGECC) darum gehen, rund 3 Mrd. Menschen bis 2030 Zugang zu der existenziellen Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen zu verschaffen, vor allem in den Bereichen Kochen, Heizen und Beleuchtung (AGECC, 2010). Auch die energetische Modernisierung produktiver Nutzungsformen (etwa beim Betrieb von Maschinen) sollte berücksichtigt werden. Entwicklungs- und Schwellenländer brauchen vor allem Unterstützung bei der Überwindung der Energiearmut und beim Überspringen technologischer Entwicklungsstufen (Kasten 7.3-2). Ohne ein glaubwürdiges Engagement der Industrieländer auf diesem Gebiet fehlt die Legitimation, um in Kooperation mit Entwicklungsländern Klimaschutzziele umzusetzen.

7.3.5.1 Niedriges Ambitionsniveau: Konzepte und Strategien anpassen

Klimaverträgliche Entwicklung und Armutsbekämpfung integrieren

Die Überwindung von Energiearmut gilt als grundlegende Voraussetzung erfolgreicher Armutsbekämpfungspolitik. Maßgebliches Instrument der Armutsbekämpfungspolitik der am wenigsten entwickelten Länder (Least Developed Countries, LDC) auf nationaler Ebene sind die „Poverty Reduction Strategy Papers“ (PRSP), die von den LDC mit Unterstützung der Geberorganisationen und unter Beteiligung der Zivilgesellschaft erarbeitet und regelmäßig aktualisiert werden.

Sie dienen der entwicklungspolitischen Steuerung mittelfristiger Länderpolitiken und als Grundlage zur Einwerbung entsprechender internationaler Unterstützung.

Entwicklungsbanken für Aufbau klimaverträglicher Energieinfrastruktur nutzen

Der WBGU bekräftigt seine Empfehlung, dass die Weltbank den Aufbau einer klimaverträglichen Energieinfrastruktur in Entwicklungs- und Schwellenländern verstärkt fördert. Sie sollte sich auch als Förderbank für nachhaltige Energie verstehen, um damit das Überspringen nicht nachhaltiger Entwicklungsstufen zu erleichtern (WBGU, 2003). Zwar hat die Weltbank in den vergangenen Jahren im Bereich der Förderung erneuerbarer Energien, der Steigerung der Energieeffizienz und der Überwindung von Energiearmut zahlreiche Aktivitäten entfaltet, aber die notwendige Transformation macht eine erhebliche Hochskalierung von Umfang und Geschwindigkeit der Weltbank-Programmatik notwendig – unterstützt durch eine ambitionierte finanzielle Förderung der finanzierenden Länder. Der WBGU empfiehlt, dass die Weltbank eine anspruchsvolle Strategie für die klimaverträgliche Transformation entwickelt, die sich an den Erfordernissen der 2 °C-Leitplanke messen lassen kann. Auf dieser Grundlage sollten energiepolitische Ziele im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit gesetzt werden. Die Bundesregierung sollte sich im Rahmen ihrer Mitgliedschaft im Verwaltungsrat der Weltbank hierfür einsetzen. In die richtige Richtung geht die Forderung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ), dass die Weltbank im Rahmen ihrer neuen Energiestrategie jeweils eine Quote von 40 % bei Energieinvestitionen bzw. bei erneuerbaren Energien festlegt.

Bei der Umsetzung einer globalen Strategie zur Dekarbonisierung der Energiesysteme sollte auch die Rolle der regionalen Entwicklungsbanken gestärkt werden. Diese verfügen über eine gute regionale Verankerung und stehen den Problemen vor Ort meist näher als globale Institutionen. Anknüpfend an frühere Empfehlungen (WBGU, 2003) plädiert der WBGU dafür, dass sich Deutschland im Rahmen seiner Beteiligung an den regionalen Entwicklungsbanken und im Rahmen der EU für die Förderung einer klimaverträglichen Energieversorgung in großem Maßstab in den am wenigsten entwickelten Ländern einsetzt, etwa durch Aufbau und Ausweitung des Zugangs zu nachhaltigen Energiedienstleistungen sowie Verbesserung der Energieeffizienz.

7.3.5.2 Mittleres Ambitionsniveau: Moderne ländliche Energienutzung ausbauen

Die vermehrte Nutzung bestehender Technologien kann in kurzer Zeit und relativ kostengünstig die Lebensqualität vieler hundert Millionen Menschen deutlich verbessern. Die Herausforderung besteht insbesondere in der umfassenden Verbreitung moderner Formen der Energienutzung in ländlichen Räumen in Entwicklungsländern.

Nach einer Schätzung der Beratungsgruppe für Energie und Klima des UN-Generalsekretärs sind zusätzliche Finanzmittel in Höhe von durchschnittlich 35–40 Mrd. US-$ jährlich nötig, um allen Menschen Zugang zu einer Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen bis 2030 zu sichern, was in etwa 5 % der erwarteten globalen Gesamtinvestitionen im Energiebereich für diesen Zeitraum entspricht (Kap. 4; AGECC, 2010). Die notwendigen Finanzmittel setzen sich zusammen aus Zuwendungen in Höhe von 15 Mrd. US-$ für Investitionen und Kapazitätsaufbau in den LDC sowie Krediten in Höhe von 20–25 Mrd. US-$ für Regierungen und den Privatsektor. Vor diesem Hintergrund empfiehlt der WBGU der Bundesregierung, insbesondere folgende Maßnahmen zu fördern.

Traditionelle Bioenergienutzung modernisieren und Bioenergiepotenziale mobilisieren

Effizienzverbesserungen der bestehenden Bioenergienutzung sowie der Umstieg auf moderne Energieformen wie Strom und Gas sind eine wesentliche Voraussetzung zur Überwindung der Energiearmut und zur Deckung der Grundbedürfnisse in Entwicklungsländern. Dabei geht es zunächst um die Modernisierung der traditionellen Nutzungsformen durch einfache und kostengünstige Verbesserungen der bestehenden Bioenergienutzung (WBGU, 2009a) oder ihren Ersatz durch andere emissionsarme Energien. Dies kann gleichzeitig Armut reduzieren, Gesundheitsschäden vermeiden und den Nutzungsdruck auf natürliche Ökosysteme vermindern. Die Entwicklungszusammenarbeit sollte neben der Förderung erneuerbarer Energien die Formulierung und Umsetzung länderspezifischer nachhaltiger Bioenergiestrategien fördern, um das zukunftsfähige Bioenergiepotenzial in Entwicklungs- und Schwellenländern zu mobilisieren.

Um den Zugang zu Energie und die Transformation zur klimaverträglichen Entwicklung als wesentlichen Baustein erfolgreicher Armutsbekämpfung angemessen zu priorisieren, empfiehlt der WBGU, dass klimaverträgliche Entwicklungsstrategien systematischer Bestandteil der PRSP werden. Deutschland und die EU sollten sich hierfür stark machen. Damit einhergehend sollten auch angepasste kleinskalige und netzunabhän-

gige Energielösungen entwickelt und gefördert werden.

EU-Entwicklungspolitik verstärkt auf Klimaverträglichkeit ausrichten

60 % der weltweiten Investitionen in die internationale Entwicklungszusammenarbeit kommen aus dem EU-Raum. Der WBGU wiederholt hier seine Einschätzung, dass die EU-Entwicklungspolitik nicht hinreichend koordiniert wird und die Mittel nicht hinreichend genutzt werden, um das neue Paradigma einer klimaverträglichen Entwicklung international attraktiv zu machen (WBGU, 2003).

Die europäische Entwicklungszusammenarbeit sollte sich zudem neben den primär auf Armutsreduzierung ausgerichteten Millenniumsentwicklungszielen (MDG) zusätzlich systematisch am Ziel eines klimaverträglichen Wachstums orientieren. Die Rio+20-Konferenz sollte genutzt werden, um den Katalog der MDG um den Aspekt der klimaverträglichen Energieerzeugung und Überwindung von Energiearmut zu erweitern (WBGU, 2003, 2009a). Die europäische Entwicklungszusammenarbeit kann insbesondere in den armen Entwicklungsländern in Afrika südlich der Sahara und in Südasien zum Aufbau klimaverträglicher Infrastrukturen beitragen und damit auch in diesen Ländern „grünes Wachstum" fördern. Somit würde an konkreten Beispielen demonstriert werden, wie Armutsbekämpfung und klimaverträgliche Entwicklung kombiniert werden können. Eine solche verstärkte Neuausrichtung der Entwicklungskooperation würde das Vertrauen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern stärken, das für die weiteren Klimaverhandlungen dringend benötigt wird.

7.3.5.3 Hohes Ambitionsniveau: Umsetzung rasch in großem Maßstab angehen und beschleunigen

Strategische Dekarbonsierungspartnerschaften mit Entwicklungs- und Schwellenländern eingehen

Strategische Partnerschaften speziell mit Entwicklungs- und Schwellenländern bieten sich beim Ausbau und der Modernisierung klimaverträglicher Infrastrukturen an, insbesondere mit Blick auf den Aufbau klimaverträglicher Energiesysteme. Die EU sollte Angebote für den Aufbau von Partnerschaften für nachhaltige Energienutzung machen, die weit über die bestehenden EU-Klimakooperationen hinausgehen (WBGU, 2010). Derartige Kooperationen sind wichtig, um einzelnen Ländern den Aufbau einer klimaverträglichen Energieinfrastruktur zu eröffnen, um reale Fortschritte in der Dekarbonisierung der globalen Energiesysteme zu erzielen und um zu demonstrieren, dass mit Klimaschutzstrategien Wettbewerbsfähigkeit sowie soziale und ökologische Entwicklung erfolgreich miteinander verbunden werden können. Solche Partnerschaften können die Kehrtwende der Weltwirtschaft in Richtung Klimaverträglichkeit beschleunigen. Ab einer bestimmten Größenordnung, Attraktivität, wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und kollektiven Innovationskraft würden hierdurch die noch immer auf hoher Treibhausgasintensität beruhenden Gesellschaften zunehmend unter Anpassungsdruck gesetzt.

Modellprojekte mit Signalwirkung initiieren und bestehende stärken

Der WBGU empfiehlt, zur Förderung der Transformation bestehende Modellprojekte in großem Stil rasch auszugestalten. Solche großskaligen Modellprojekte würden veranschaulichen wie Technologiesprünge und die Entwicklung angepasster Lösungen in der Energieversorgung umgesetzt und beschleunigt werden. Bei den bisherigen Modellprojekten mangelt es an der für die Transformation erforderlichen Größenordnung und Geschwindigkeit. Beispielsweise hat der Stromverbrauch in Afrika mit 40 TWh die Größenordnung von New York (residential electricity consumption außer Südafrika; IEA, 2010c). Die dafür erforderlichen Investitionen würden bei verzögertem Ausbau deutlich höher ausfallen, da jetzt die Umstellung noch leicht möglich ist, weil keine nennenswerten Pfadabhängigkeiten gelegt sind. Afrika wird sich nach Schätzungen der Weltbank bis 2015 zum Leitmarkt für solarbetriebene mobile Beleuchtungseinheiten entwickeln (World Bank, 2010b).

Vor diesem Hintergrund empfiehlt der WBGU der Bundesregierung:

- im Rahmen der EZ die Voraussetzungen der Vergrößerung, Beschleunigung und Multiplikation solcher Modellprojekte zum Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung zu verbessern,
- die 2010 von Afrikanischer Union und der EU verabschiedeten Ziele zur Umsetzung der Afrika-EU-Energiepartnerschaft, insbesondere das Ziel, 100 Mio. Afrikaner mit nachhaltiger Energie zu versorgen, aktiv zu unterstützen und deutlich auszubauen,
- Desertec perspektivisch nach Süden auszuweiten,
- Programme zur nachhaltigen Energieversorgung in Entwicklungsländern nach dem Beispiel des deutsch-niederländischen Programms „Energising Development", bei dem bisher 6,4 Mio. Menschen Zugang zu Elektrizität und moderner Kochenergie erhalten haben, erheblich in ihrer Größenordung auszubauen.

Signal der G20 für die Rio+20-Konferenz

Mit der Beschleunigung und Vergrößerung der Modellprojekte einher gehend sollte die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft auf den nächs-

Kasten 7.3-2

Transformation der Energienutzung II: Überwindung der Energiearmut

Neben der Dekarbonisierung ist das zweite Ziel eines Umbaus der Energiesysteme, die Energiearmut zu überwinden und allen Menschen bis 2030 Zugang zu moderner, sauberer und sicherer Energie in Form von Elektrizität oder gasförmigen Energieträgern zu verschaffen (WBGU, 2003). Entwicklungs- und Schwellenländer brauchen hierfür vor allem Unterstützung beim Überspringen technologischer Entwicklungsstufen, sowohl für die Beseitigung der Energiearmut als auch generell für den Aufbau nachhaltiger Energieinfrastruktur. Gelingt dies nicht, drohen Pfadabhängigkeiten in emissionsintensive fossil basierte Energiesysteme, die über Jahrzehnte nur schwierig und kostenintensiv zu überwinden wären. Zudem ist der Zugang zu Energiedienstleistungen eine Voraussetzung, um die Millenniumsentwicklungsziele (MDG) erreichen zu können. Die globale Begrenzung der Endenergienachfrage hält der WBGU für vereinbar mit dem Ziel der Überwindung der Energiearmut.

ten Treffen der G20-Staaten weit oben auf der Tagesordnung stehen. Die G20 sollte die von der AGECC dafür geschätzten notwendigen Mittel in Höhe von 35–40 Mrd. US-$ bereit stellen, um die Grundversorgung mit modernen Energiedienstleistungen in Entwicklungsländern zu gewährleisten (AGECC, 2010). Nach Ansicht des WBGU sollte so gehandelt werden, als ob die Überwindung der Energiearmut bereits in den MDG verankert wäre, keinesfalls sollte bis 2015 abgewartet werden. Eine solche Initiative der reichsten Staaten der Welt im Vorfeld der Rio+20-Konferenz hätte eine große Signalwirkung. Darüber hinaus sollten Mechanismen verabschiedet werden, die zum beschleunigten Aufbau einer klimaverträglichen Energieinfrastruktur beitragen. Beispielsweise könnte finanzielle Unterstützung in Form von Krediten für die Entwicklung des Energiesektors an die Verankerung von Nachhaltigkeitskriterien in den Sektorstrategien der Länder gekoppelt werden.

Durch den Abbau von Subventionen für fossile Energieträger könnte die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltiger Energieversorgungsstrukturen gesteigert und dringend benötigte Mittel für die Bekämpfung der Energiearmut in den Entwicklungs- und Schwellenländern freigesetzt werden. In der G20 gibt es bereits Bestrebungen in diese Richtung. Deutschland sollte sich hier engagiert für eine rasche Abschaffung solch schädlicher Subventionen für fossile Energien einsetzen.

7.3.6 Bündel 6: Rasante Urbanisierung nachhaltig gestalten

Städte haben eine Schlüsselrolle im Transformationsprozess (Kap. 1.2.4). Sie verbrauchen etwa drei Viertel der globalen Endenergie und verursachen einen noch höheren Anteil der energiebedingten Treibhausgasemissionen (GEA, 2011). Für derzeit entstehende urbane Strukturen müssen kohlenstoffintensive Pfadabhängigkeiten verhindert werden, die eine klimaverträgliche Entwicklung über viele Jahrzehnte hinweg blockieren würden (Kap. 1, Kap. 4). Der WBGU sieht daher in der klimaverträglichen Gestaltung der derzeit stattfindenden Urbanisierung einen wirkungsmächtigen Hebel, der so hoch wie möglich auf die Agenda der internationalen Politik gesetzt werden sollte. Die globale Transformation kann nur gelingen, wenn die rasch fortschreitende Urbanisierung als Gestaltungsmöglichkeit (Kap. 5) zur Klimastabilisierung genutzt wird.

Vor diesem Hintergrund sollte das Thema nachhaltige Stadtentwicklung international aufgewertet werden. Aufgrund des hohen Zeitdrucks müsste z. B. binnen ein bis zwei Jahren ein globaler Notfallplan der Vereinten Nationen für die Einhaltung bestimmter Effizienzstandards in Städten in Kraft treten. So gesehen sind die im folgenden beschriebenen Maßnahmen wichtige, aber kaum ausreichende Schritte, um die skizzierten Probleme zu lösen.

7.3.6.1 Niedriges Ambitionsniveau: Globale Kommunikation und Information verbessern

Globale Sachstandsberichte über städtische Energienutzung initiieren

Durch die Erstellung regelmäßig erscheinender Sachstandsberichte über globale Urbanisierungstrends (Global Assessment of Urban Energy Use) sollte ein wissenschaftlich fundierter und methodisch harmonisierter Überblick über langfristige Trends der globalen Urbanisierung gewonnen werden. Damit könnten die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen für Entscheidungsträger im Bereich Stadt- und Raumplanung verbessert und die internationale Debatte zu diesem Thema stimuliert werden. Die alle zwei Jahre erscheinenden „State of the World Cities Reports“ des Programms UN-Habitat sind zwar eine gute Grundlage zur Erfassung aktueller Trends bezüglich der Entwicklungsdefizite und teilweise auch zur Verwundbarkeit durch und Anpassung an den Klimawandel. Sie vernachlässigen allerdings den Aspekt der Emissionsvermeidung

insbesondere zu Wechselwirkungen langfristiger Urbanisierungstrends und anderen Entwicklungsdynamiken (z.B. globale Umweltveränderungen).

UN-Habitat reformieren

Darauf aufbauend sollte UN-Habitat in die Lage versetzt werden, der internationalen Debatte über nachhaltige Stadtentwicklung die dringend notwendige Dynamik zu verleihen. Auf niedrigem Ambitionsniveau könnte das UN-Programm dazu in seiner normensetzenden Rolle gestärkt, personell aufgestockt und zu einem Kompetenzzentrum für Fragen nachhaltiger Stadtentwicklung weiterentwickelt werden. Die Klimaverträglichkeit urbaner Entwicklung sollte entsprechend in den Mittelpunkt der von UN-Habitat initiierten World Urban Campaign gerückt werden. Eine weitere Chance besteht zudem darin, diese Kampagne gezielt mit der internationalen Diskussion um Green Economy zu verknüpfen, wie sie im Kontext der Rio+20-Konferenz geführt wird. Dadurch könnte dem zentralen Transformationsfeld Urbanisierung das notwendige Gewicht auf internationaler Ebene verliehen werden. Auf mittlerem Ambitionsniveau hingegen ist eine tiefer greifende Reform von UN-Habitat vorstellbar, die auf die Einrichtung einer neuen Organisation hinausliefe (Kap. 7.3.10.2).

Datenerhebung harmonisieren

Da durch Stadt- und Raumplanung wesentliche Beiträge für den Klimaschutz geleistet werden können und sich Konsummuster zum Teil erheblich unterscheiden, sollten Fortschritte in diesen Bereichen auch mess- und vergleichbar sein. In jüngster Zeit wurden bereits eine Reihe von Initiativen in dieser Hinsicht unternommen, diese zeichnen sich aber methodisch oft durch eingeschränkte Transparenz und Vergleichbarkeit aus (z.B. WRI, 2008; ICLEI, 2009; World Bank, 2010b; EU Covenant of Mayors, 2010). Oft werden Daten nur für eingeschränkt relevante Teilbereiche der Stadt publiziert (z.B. nur die Prozesse, Gebäude oder Fahrzeuge, die unter direkter Kontrolle der Stadtverwaltung sind). Der WBGU empfiehlt daher, überprüfbare Methoden und harmonisierte Darstellungen der THG-Intensität und des Energiefußabdrucks von Städten zu entwickeln, die alle relevanten Akteure und Sektoren umfassen (z.B. Energie- und Transportsektor, Industrie und Dienstleistungssektor, Haushalte und öffentliche Verwaltung) und sowohl direkte als auch indirekte Emissionen berücksichtigen. Bestehende Defizite in der Datenverfügbarkeit müssen identifiziert und adressiert werden. Darüber hinaus sollten kohärente Aggregationsmöglichkeiten mit den regionalen und nationalen Datensätzen gewährleistet sein. Diese Initiative zur Harmonisierung von regionalen Energiestatistiken und Emissionsinventaren sollte gemeinsam mit Experten der Statistikbehörden, den Umweltministerien sowie Vertretern aus den technischen-, natur und sozialwissenschaftlichen Fächern erarbeitet werden (Kap. 8). Vorbehalte des Datenschutzes und der Industrie, die den lokalen Energieverbrauch als Betriebsgeheimnis schützen wollen, sollten gegenüber dem Gemeinwohl abgewogen werden. Zur Durchsetzung dieses Ziels könnten etwa öffentliche Förderungen (z.B. für Energieinfrastruktur auf der Erzeuger- oder Verbraucherseite) an Auflagen der Datentransparenz gekoppelt sein.

Beispiele für subnational hoch aufgelöste Statistiken für den direkten Energieverbrauch sind zum Beispiel das britische oder schwedische kommunale Energie- und Emissionsregister. Für öffentliche Gebäude sollten Daten zum Energieverbrauch exemplarisch transparent gemacht werden (Carbon Culture, 2011). Für die methodisch schwieriger erfassbaren indirekten (konsumseitigen) Emissionen bestehen in vielen Ländern Vorarbeiten von Nichtregierungsorganisationen und Wissenschaft (Dawkins et al., 2010).

7.3.6.2 Mittleres Ambitionsniveau: Technologien für klimaverträgliche Städte entwickeln und einsetzen

Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung schaffen

Die Rio+20-Konferenz könnte dafür genutzt werden, nach dem Vorbild der Weltstaudammkommission eine Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung (World Commission on Climate Friendly Urban Planning) zu gründen. Eine Aufgabe wäre die unabhängige Begutachtung und Prüfung klimaverträglicher Stadtplanungsaktivitäten, die weltweit gerade umgesetzt werden. Weitere Aufgaben wären die Entwicklung von guten Beispielen und Strategien zu deren Übertragbarkeit. Ähnlich wie die Weltstaudammkommission wäre die Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung mit Interessengruppen zu besetzen. Im Gegensatz zu UN-Habitat wäre sie spezialisierter und würde als unabhängige Institution außerhalb des UN Systems agieren. Die neue Weltkommission könnte beispielsweise kritische Infrastrukturen identifizieren (neue Netze, Transportinfrastruktur, Kommunikation). Zur Operationalisierung der Ergebnisse der Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung schlägt der WBGU auf diesem Ambitionsniveau zudem die Gründung einer ambitioniert mandatierten Sonderorganisation für Nachhaltige Urbanisierung vor. Das angesichts des akuten Problemdrucks nicht angemessen aufgestellte UN-Habitat-Programm sollte in dieser neuen Struktur aufgehen (Kap. 7.3.10.2).

Rechtzeitig leistungsstarke ÖPNV-Achsen integrieren

Bei rasch wachsenden urbanen Ballungsräumen besteht eine große Gefahr darin, nicht rechtzeitig leistungsstarke Transportarterien für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) vorzusehen. Wenn in einer Stadt ausgedehnte Pkw-Systeme entstanden sind und sich eine einkommensstarke Mittelschicht etabliert hat, wird öffentliche und nicht motorisierte Mobilität häufig marginalisiert und gefährdet. Der nachträgliche „Einbau" leistungsstarker ÖPNV-Systeme (U-Bahn, Straßenbahn mit abgetrenntem Gleisbett, S-Bahn, Spuren für Buslinien, Schwebebahnen usw.) ist zu dem Zeitpunkt dann so aufwändig, dass er nur sehr langsam und wegen der hohen Kosten und Widerstände nur in Hauptstädten oder ausgewählten Großstädten durchgeführt werden kann (z. B. Bangkok, Shanghai, Neu Delhi). Kostengünstigere Systeme ähnlicher Transportleistung und Servicequalität wie z. B. Schnellbussysteme mit eigenen Spuren (Curitiba, Sao Paulo, Bogota) erfordern aber so viel Fläche, dass sie weit vorausschauend geplant und die Trassen unbedingt in Reserve gehalten werden müssen. Die Begleitnutzen von Schnellbussystemen sind vielfach dokumentiert. Sie ermöglichen eine effektive Vernetzung mit Zubringerlinien und nicht motorisierten Transportformen (Rad- und Fußwegnetzen) und Ferntransport-Terminals, integrieren die Stadt funktionell und werten dadurch Stadtviertel auf.

Auch für den Umbau städtischer Energieinfrastrukturen können solche Strukturen bedeutende Keimzellen darstellen und als Verteiler genutzt werden. Für den Betrieb von Bussystemen können eine breite Auswahl erneuerbarer Energieträger eingesetzt werden, die hohe Luftqualitätsansprüche erfüllen. Verschiedene Energiegase, Hybridsysteme und Elektrobustechnologien werden seit vielen Jahren in der Praxis eingesetzt.

Gerade kleine und mittlere Städte könnten potenziell davon profitieren, dass ihre Strukturen noch weniger „blockiert" sind und sie noch stadtplanerische Handlungsspielräume besitzen. Ihnen fehlt aber oft die Repräsentations- und Verhandlungsfähigkeit gegenüber den Zentralregierungen oder den regionalen Entwicklungsbanken. Verkehrsprobleme überschreiten außerdem typischerweise oft auch die administrativen Grenzen der Zuständigkeit von Stadtregierungen.

Bisher sind in diesem Bereich nur zwei CDM-Projekte erfolgreich gewesen: der U-Bahn Ausbau von Neu-Delhi und das Transmillenio BRT System von Bogota. Beide wurden in Hauptstädten gebaut. Gerade für kleine Städte ist es oft nicht möglich, die hohen administrativen Anforderungen des CDM zu erfüllen (darlegen einer unumstrittenen Baseline, Nachweis der Zusätzlichkeit der Emissionsreduktion, Überprüfbarkeit usw.).

Eine prioritäre und vereinfachte Anerkennung von ÖPNV-Systemen, z. B. im Rahmen der Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs), ist daher anzustreben. Capacity building und aktive Unterstützung von kleinen und mittleren Städten durch die Entwicklungsbanken sollte daher verstärkt erfolgen.

Entwicklung und Ausbau besonders geeigneter Technologien fördern

Einzelne Technologien und Formen erneuerbarer Energiennutzung sind für den Einsatz in urbanen Räumen besonders geeignet und spezielle Förderprogramme sollten daher im Rahmen eines „Notfallplans nachhaltige Urbanisierung" beschlossen werden. Geothermie ist im Gegensatz zu den meisten anderen erneuerbaren Energiequellen weder zeitlich schwankend noch flächenintensiv. Sie ermöglicht es, zuverlässig sehr hohe Energiedichten zur Verfügung zu stellen. In der Stromgewinnung kann Geothermie gut Grundlast bereitstellen und die preisgünstige Wärme kann für viele Zwecke genutzt werden (Heiznetzwerke, Treibhäuser, industrielle Nutzung usw.). An besonders geeigneten Standorten kann auch Stromerzeugung sinnvoll sein. Solare Kühlsysteme sind für den Einsatz in subtropischen und tropischen Städten besonders geeignet, da der Zeitverlauf des Ressourcenangebots sich genau mit dem der Nachfrage überschneidet und sie so den Spitzenlastbedarf reduziert. Die Entsalzung von Meer- und Brackwasser zur städtischen Wasserversorgung ist bereits heute in vielen Weltregionen bedeutsam.

Insgesamt bedarf es verstärkter Anstrengungen bei der Entwicklung solcher Technologien. Dabei sollte auch die Resilienz dieser Systeme gegenüber den Risiken des Klimawandels (Dürren, Überschwemmungen, Hitzewellen usw.) berücksichtigt werden. Beispielsweise sollten im Rahmen von Maßnahmen zur Katastrophenvorsorge gekühlte (mobile) Schutzräume für den Fall einer Hitzewelle vorgehalten werden.

Deutschland sollte im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit verstärkt Technologieentwicklung und Technologiekooperationen fördern (z. B. PPP, joint ventures). Dabei sollte auch der Zugang zu Patenten und Wissen ermöglicht werden. Um Investitionsrisiken zu mindern sollten staatliche Sicherheiten gewährt werden.

Handlungsebene Stadt und Städtebündnisse nutzen

Besonders auf kommunaler Ebene bedarf es erweiterter eigenständiger Finanzierungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für eine klimaverträgliche Stadtentwicklung (Kap. 5). Das Potenzial zu Synergien und Lerneffekten ist auf kommunaler Ebene sehr hoch. Beispielsweise könnten besonders mit den lokalen Gegebenheiten vertraute Pioniere des Wandels bei dem Aufbau klimaver-

träglicher Städte wichtige Beiträge leisten. Städtepartnerschaften und -kooperationen sowie die Schaffung von Freiräumen für Pioniere des Wandels und Bewegungen für urbane klimaverträgliche Entwicklung werden zunehmend wichtiger, wie bereits bestehende kommunale Klimapartnerschaften oder Aktivitäten einzelner wichtiger Akteure oder gesellschaftlicher Gruppen zeigen (Kap. 6). Bestehende Initiativen (Klimabündnis), Städtebünde (Covenant of Mayors, C40), Städtepartnerschaften und Akteursbündnisse (ICLEI, Lokale Agenda 21, World Urban Forum) sollten sich daher auf verschiedensten Ebenen international und bilateral besser vernetzen, um die nachhaltige Urbanisierung voranzutreiben.

Stadt- und Raumplanung an unvermeidbaren Klimawandel anpassen

Stadt- und Raumplanung müssen nicht nur zur Vermeidung gefährlicher Klimaänderungen beitragen, sondern es geht auch darum, die zu erwartenden Probleme durch den schon jetzt unvermeidbaren Klimawandel zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für Küstenstädte und Flussanrainer. Unter anderem muss dem verstärkten Auftreten von urbanen Hitzeinseln Rechnung getragen werden. In solchen Maßnahmen liegen aber auch Gefahren der „verkehrten Anpassung", etwa bei verstärktem Einsatz energieintensiver Klimaanlagen oder dem Ausbau von Deichen, der gleichzeitig Siedlungsaktivität in Überschwemmungsgebieten fördert. Die Anwendung ökologischer Kriterien des Risikomanagements (Begrünung von Dachflächen, Beschattung der Betonflächen, Hochwasserschutz, der die temporäre Überflutung in Kauf nimmt usw.) sollte daher favorisiert werden. Die Mittel zur Anpassungsfinanzierung sollten entsprechend prioritär eingesetzt werden.

7.3.6.3 Mittleres Ambitionsniveau: Stadt- und Raumplanung in der Entwicklungszusammenarbeit auf Klimaverträglichkeit ausrichten

Bei der Stadtentwicklung in Entwicklungsländern müssen zunächst die Voraussetzungen für eine klimaverträgliche Entwicklung in der Zukunft geschaffen werden. Im Zuge der Konzentration der entwicklungspolitischen Debatte auf die MDG sind in den letzten Jahren aus Sicht des WBGU einige zentrale Handlungsfelder der Entwicklungszusammenarbeit (EZ) vernachlässigt worden. Dazu zählen die Themen Stadt- und Raumplanung in der EZ. Im Rahmen von Städte- oder Länderpartnerschaften könnte Deutschland seine Erfahrungen mit neuen Geschäftsmodellen und Institutionen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Städten an die Entwicklungsregionen weitergeben. Auch die Programme der Entwicklungsbanken sollten verstärkt auf nachhaltige Stadtentwicklung ausgerichtet werden. Grundlegende Defizite der Stadtplanung und -verwaltung sollten durch Capacity Building ausgeglichen werden, um die Lage der Menschen in Elendsvierteln zu verbessern und eine funktionierende Basisinfrastruktur aufzubauen.

Globale Ausbildungsinitiative für Stadt- und Raumplaner sowie Architekten beginnen

Für den raschen Aufbau klimaverträglicher Städte fehlt es weltweit an entsprechend ausgebildeten Stadt- und Raumplanern sowie Architekten. Um die anstehenden Herausforderungen meistern zu können braucht es daher entsprechend gut ausgebildete Fachkräfte. Der WBGU empfiehlt eine globale Ausbildungsinitiative für nachhaltige Stadtplanung und Architektur in Gang zu setzen und mit hohem Tempo weltweit entsprechend spezialisierte neue Fakultäten zu fördern bzw. einzurichten.

Zusätzlich sollte der Mangel an qualifizierten Ausbildungszentren für Stadt- und Raumplaner sowie Architekten in Entwicklungsländern im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit durch den Aufbau universitärer Studiengänge überwunden werden. Um die Aktualität der Ausbildung sowie die Anpassung an die nationalen Anforderungen zu gewährleisten, sollten diese an Forschungseinrichtungen angesiedelt sein und mit ihnen kooperieren.

Aufbau und Neuausrichtung vorhandener Stadtplanungssysteme unterstützen

In vielen Entwicklungsländern fehlen die Kapazitäten für klimaverträgliche Stadt- und Raumplanung, weil bestehende Raumplanungsbehörden keine Kapazitäten speziell für den Aspekt der Klimaverträglichkeit haben oder bereits mit anderen Aufgaben (Versorgung mit Wohnraum, Trinkwasser, Abfallentsorgung usw.) an die Grenzen ihrer Möglichkeiten kommen. In beiden Fällen kann Entwicklungszusammenarbeit durch Kapazitätsaufbau Abhilfe schaffen.

Finanzierung adäquat aufstocken

Die Finanzierung von Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Urbanisierung sollte auf deutlich höherem Niveau als bisher stattfinden, um die erforderliche Größenordung und Beschleunigung zu erreichen. Beispielsweise umfassen die Aktivitäten Deutschlands zur Förderung klimaverträglicher Urbanisierung in Asien im Rahmen der „Cities Development Initiative for Asia" lediglich ein Volumen von 20 Mio. € über 5 Jahre. Der WBGU sieht hier angesichts der enormen Herausforderungen eher das 100-fache Volumen als angemessen. Hohe Ansprüche an gute Regierungsführung (good governance) bei der Verwendung dieser Mittel und der

Implementierung städtebaulicher Richtlinien im allgemeinen sollten selbstverständlich eingefordert werden.

7.3.6.4 Hohes Ambitionsniveau: Leuchtturmprojekte in großem Maßstab initiieren

Leuchtturmprojekt: klimaverträgliche Großstadt

Als Ergänzung zu den genannten Maßnahmen, die auf kleinere und mittlere Städte abzielen, sollte auch die Symbolkraft von Megastädten genutzt werden. Die Weltbank sollte daher die Umsetzung besonders ambitionierter Klimaschutzstrategien in Megastädten fördern (etwa die fünf besten der derzeit 21 Megastädte). Der WBGU empfiehlt Investitionen im zweistelligen Milliardenbereich.

EU-Initiative für eine klimaverträgliche Urbanisierung Asiens beginnen

Die derzeitige rasante Urbanisierung in Asien ist ein Brennpunkt des globalen Verstädterungstrends und birgt ein enormes Potenzial für Pfadabhängigkeiten, das eine klimaverträgliche Entwicklung über viele Jahrzehnte blockieren würde. Bisherige Bemühungen, dieses Thema auf die Agenda von Asien-Europa-Treffen (ASEM) zu setzen, sind jüngst gescheitert. Der WBGU empfiehlt daher, dass sich Deutschland für eine gebündelte europäische Initiative stark macht, die zur Förderung einer klimaverträglichen Urbanisierung in Asien Initiativen mit Signalwirkung entwickelt und Finanzierungsinstrumente mobilisiert. Bei der Finanzierung sollten u.a. die asiatische Entwicklungsbank und die Weltbank eine Rolle spielen.

Experiment: Vorfahrt für nachhaltige Mobilität innerhalb des Berliner S-Bahn-Rings

Deutschland kann als Akteur auf der internationalen Bühne erheblich an Einfluss gewinnen, wenn es selbst als Vorreiter agiert. Dazu sollten noch mehr Modellregionen (siehe auch BMBF Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“) entwickelt werden, in denen neue Konzepte erprobt werden können. Generell sollten Freiräume und Experimentierfelder für Pioniere des Wandels geschaffen werden, Kommunen sollten sich selbst als solche verstehen. Mit dem Klimamanifest der deutschen Architekten und Raumplaner „Vernunft für die Welt“ (2009) ist hierfür ein wichtiger Referenzrahmen entstanden.

Kommunen sollten generell mehr Mut für ambitionierte Experimente mit Signalwirkung aufbringen, etwa zur Ermöglichung neuer Formen innerstädtischer Mobilität. Anstatt bei prognostiziertem steigendem Verkehrsaufkommen reflexartig den Straßenausbau zu fördern sollten im Sinne der im Szenario „Morgenstadt“ (BMBF, 2010f) skizzierten künftigen urbanen Lebensweise visionäre Alternativangebote für eine zukunftsorientierte und moderne nachhaltige Mobilität gemacht werden. Eine Maßnahme auf hohem Ambitionsniveau wäre z.B. die Schaffung einer Verkehrszone innerhalb des Berliner S-Bahn-Rings, in der nachhaltige Mobilität uneingeschränkt Vorfahrt hat. Ziel sollte es sein, den externen Verkehr möglichst fernzuhalten und der Nutzung automobilen Individualverkehrs innerhalb des S-Bahn-Rings attraktive alternative Mobilitätsangebote entgegen zu setzen. Besitzer und Besitzerinnen von Kraftfahrzeugen, die innerhalb des S-Bahn-Rings wohnen, sollten automatisch zum Erwerb einer Jahreskarte für den ÖPNV verpflichtet werden und so zur Finanzierung beitragen.

Die durch die sinkenden Ausgaben für Straßenverkehrsinfrastruktur freiwerdenden Finanzmittel sollten zugunsten massiver Investitionen in einen ganzjährig leistungsfähigen, preisgünstigen, sicheren und komfortablen ÖPNV eingesetzt werden. Damit würde die Lebensqualität in der Stadt verbessert, die Gesundheitsgefährdung durch Verkehr und seine Emissionen gemindert sowie ein wichtiger Beitrag zur klimaverträglichen Transformation geleistet. Kleinere Städte haben es in Teilbereichen schon vorgemacht: Durch die Einführung eines kostenlosen ÖPNV hat sich die Zahl seiner Nutzer in der belgischen Stadt Hasselt seit 1996 etwa verzehnfacht (Kap. 6).

Internationale Bauausstellung 2020: Klimapolitische Potenziale einer Industrienation demonstrieren

Der Berliner Senat bereitet eine Internationale Bauausstellung (IBA) für das Jahr 2020 vor. Eines der Themen dieser dritten IBA (nach 1957 und 1987) in der Stadt werden Klimawandel und Ressourceneffizienz sein. IBAs sind städtebauliche und architektonische Schaufenster und zugleich Ausnahmezustände auf Zeit. Die IBA Berlin 2020 sollte für ganz Deutschland Gelegenheit und Aufforderung sein, die Potenziale und Fähigkeiten dieser modernen Industrienation in Sachen Klimaschutz und Klimaanpassung einmal an einem Ort als konkret gebautes und gelebtes städtisches Modell zu zeigen. Europäische Konsortien planen klimaverträgliche Städte in China oder am Persischen Golf, aber aufgrund des hohen Anteils an gewachsener Bausubstanz gibt es in Europa kaum Flächen und Orte, wo ein Vorzeigeprojekt gebaut werden kann. Berlin verfügt mit seinen großen Raumreserven, allen voran den bereits bzw. künftig stillgelegten Flughäfen Tempelhof und Tegel, über außergewöhnlich gute Bedingungen, um eine deutsche Variante einer klimaverträglichen Stadt sowohl im Wohn- wie im Gewerbebereich zu bauen. Berlins guter ÖPNV bietet zudem eine hervorragende Gelegenheit, CO_2-freie Mobilitätskonzepte in diese IBA

zu integrieren. Keine andere deutsche Stadt verfügt über einen so breiten Querschnitt durch alle Gebäudetypen des Landes. Eine IBA im Zeichen des Klimawandels sollte daher auch ausgewählte Bestandsgebäude in der ganzen Stadt (fraktale IBA) durch mustergültige, sowohl energetisch als auch ästhetisch und sozial überzeugende Sanierungen einbeziehen. Der WBGU empfiehlt, auf der IBA das Thema Klimaschutz und Klimawandel im Sinne des Ausbaus des Berliner Stadtkapitals in der Konzeption der IBA zentral zu stellen und ehrgeizige Projektkriterien zu definieren, um damit die IBA zu einem Leuchtturmprojekt für klimaverträgliche Entwicklung mit internationaler Ausstrahlung zu machen. Der WBGU empfiehlt zudem, die dritte IBA in der Bundeshauptstadt auch als internationales Schaufenster und Beleg der Ernsthaftigkeit der deutschen klimapolitischen Ziele materiell und ideell durch den Bund zu unterstützen.

7.3.7 Bündel 7: Klimaverträgliche Landnutzung voranbringen

Priorität global nachhaltiger Landnutzungspolitik muss die Sicherung der Ernährung für die knapp eine Milliarde mangel- und unterernährter Menschen sein. Zudem wird die Nachfrage nach Agrargütern erheblich steigen, denn es werden nicht nur bis 2050 etwa 2,6 Mrd. Menschen hinzu kommen, sondern es steigt auch die Zahl der Menschen mit emissionsintensiven Ernährungsstilen, also hohem Anteil tierischer Produkte. Mit der zunehmenden Nutzung von Bioenergie und biobasierten Materialien kommen massive Nachfrageschübe hinzu. Gleichzeitig wird die Konkurrenz um knappe Flächen durch Bodendegradation, Wassermangel und zunehmende Klimawirkungen verschärft. Zudem gibt es einen internationalen Konsens, dass zur Erhaltung der biologischen Vielfalt größere und besser vernetzte Schutzflächen ausgewiesen werden müssen. Die Umwandlung natürlicher Ökosysteme zur Gewinnung neuer Nutzflächen ist zudem aus Klimaschutz- und Naturschutzgründen keine nachhaltige Option. Nicht zuletzt kommt die notwendige Minderung der Treibhausgasemissionen aus der Landnutzung als zusätzliche Herausforderung hinzu (Kap. 1.2.2).

Die Transformation der globalen Landnutzung wird aus diesen Gründen zu einer zentralen Zukunftsaufgabe. Es ist nach Ansicht des WBGU nicht nur eine deutliche Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion auf nachhaltige Weise erforderlich, sondern es müssen auch neue Strategien zur Steigerung der Effizienz auf der Nachfrageseite sowie zur Substitution vor allem flächen- bzw. emissionsintensiver Produkte umgesetzt werden (Kap. 7.3.7.1). Knapp ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen lässt sich dem Transformationsfeld Landnutzung zuordnen. Sie stammen aus direkten Emissionen der Landwirtschaft sowie aus Landnutzungsänderungen, letztere überwiegend aus der Entwaldung in den Tropen (Kap. 4.1.7.1). Diese Emissionen lassen sich mindern, aber Landnutzungssysteme können nicht völlig emissionsfrei werden, schon allein wegen des aus der Stickstoffdüngung resultierenden Lachgases. Ohne einen wesentlichen Beitrag der Landnutzung kann die Klimastabilisierung nicht gelingen. Daher sollte die Minderung von Treibhausgasemissionen zu einem weiteren Kernbestandteil neuer Strategien eines globalen, integrierten Landnutzungsmanagements werden. Im Folgenden werden dafür die wichtigsten Ansatzpunkte im Transformationsfeld Landnutzung benannt. Dazu gehören vor allem der Waldschutz (Kap. 7.3.7.2), die Minderung der Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion (Kap. 7.3.7.3) sowie die Förderung klimafreundlicher Ernährungsweisen (Kap. 7.3.7.4).

7.3.7.1 Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung einsetzen

Die Transformation der globalen Landnutzung sollte auf der politischen Agenda eine erheblich höhere Priorität bekommen und auf internationaler Ebene stärker thematisiert und institutionell besser verankert werden. Der WBGU bekräftigt seine Empfehlung, dass zur Organisation dieses internationalen Suchprozesses eine neue „Globale Kommission für nachhaltige Landnutzung" eingerichtet werden sollte (WBGU, 2009a). Zu den Aufgaben der Kommission soll gehören, die wichtigen Herausforderungen in der globalen Landnutzung zu identifizieren und den Stand des Wissens zusammenzutragen. Darauf aufbauend sollte sie eine Vision entwickeln und Grundlagen, Mechanismen und Leitlinien zum globalen Landnutzungsmanagement erarbeiten. Die neue Kommission, mit umfassenden Zuständigkeit für integrierte Landnutzung, die weit über Fragen von Landwirtschaft oder Ernährungssicherung im engeren Sinne hinausgehen müsste, könnte bei UNEP angesiedelt werden und in Zusammenarbeit mit anderen UN-Organisationen, etwa der FAO, stehen. Die Ergebnisse sollten regelmäßig im Rahmen des globalen Umweltministerforums von UNEP oder des strategisch wichtigen Forums der Staats- und Regierungschefs (G20) auf die Agenda gesetzt werden. Die Einrichtung einer solchen Kommission hätte ein mittleres Ambitionsniveau. Sie sollte u.a. konkret folgende Aufgaben erfüllen:

1. Feststellung des wissenschaftlichen Sachstands zur globalen Landnutzung: Der von der Weltbank initiierte Weltagrarbericht (International Assess-

ment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development; IAASTD, 2009) war ein wichtiger Schritt auf dem Weg, gemeinsam mit den verschiedenen Akteuren und ihren extrem divergierenden Interessen zumindest für die Landwirtschaft einen solchen Konsens zu erarbeiten. Weil ein übergreifender Konsens unter Einbeziehung aller großen multinationalen Agrarkonzerne und wichtiger Schlüsselstaaten in diesem ersten Schritt nicht erreicht werden konnte, sollte die Arbeit fortgesetzt werden. Im Sektor Forstwirtschaft besteht Einigung über die Notwendigkeit des Stopps der Emissionen aus Entwaldung, aber darüber hinaus fehlen entsprechende internationale Bemühungen für eine Konsensbildung. Die Kommission sollte nach dem Vorbild von IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) und IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) eine integrierte Begutachtung des wissenschaftlichen Sachstands zur globalen Landnutzung anstoßen, die global und übergreifend alle Sektoren der Landnutzung sowie die Kette der Produkte aus der Landnutzung bis hin zum Produkt bzw. zur Nutzung in den Blick nimmt.

2. *Zielsetzung und Initiativen für klimafreundliche Ernährung:* Der WBGU empfiehlt als internationales Ziel, den globalen durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch emissionsintensiver Nahrungsmittel zu verringern, um den Trend zu zunehmenden Flächenkonkurrenzen abzumildern. Dafür ist in den Industrieländern eine Reduktion des Konsums tierischer Produkte erforderlich. Gleichzeitig sollte der rapide Anstieg in Entwicklungs- und Schwellenländern gedämpft werden (Kap. 4). Dazu sollte die Kommission z. B. im Umfeld der UN-Organisationen Initiativen anstoßen, so dass eine internationale Zusammenarbeit und Zielsetzung zur Flächeninanspruchnahme für den Pro-Kopf-Verbrauch von Nahrungsmitteln zustande kommt. Des Weiteren empfiehlt der WBGU die Zielsetzung, die Verluste von Agrargütern vom Acker bis zum Konsumenten bis 2050 zu halbieren.
3. *Erarbeitung eines Mindeststandards für alle Produkte aus Biomasse:* Die Kommission sollte mittelfristig einen globalen Biomassestandard erarbeiten, der die Produktion aller Biomassearten für verschiedenste Nutzungen (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung) länder- und sektorübergreifend regelt (WBGU, 2009a).
4. *Prüfung von Optionen für ein globales Flächenmanagement:* Angesichts der genannten Herausforderungen an die globale Landnutzung (Kap. 1.2.5) stellt sich die Frage, ob nicht die globalen Muster der Landnutzung mittelfristig fundamental verändert werden müssen. In einer „optimalen" Landnutzung würde je nach den regionalen edaphischen Gegebenheiten die dafür am besten geeignete Forst- bzw. Agrarproduktion bevorzugt (Schellnhuber und Huber, 2010). So würde z. B. die Produktion von Nahrungsmitteln auf die vergleichsweise seltenen Gunstböden konzentriert. Voraussetzungen für ein solches System wären allerdings u. a. ein Weltagrarhandel ohne Verzerrungen und eine globale Honorierung signifikanter Ökosystemleistungen, etwa für biologische Vielfalt natürlicher Ökosysteme. Ideen für ein entsprechendes globales Flächenmanagement sowie die dafür notwendigen Rahmenbedingungen und Instrumente sollten von der Kommission geprüft werden.

7.3.7.2 Nachhaltige Waldwirtschaft und Vermeidung von Emissionen aus Entwaldung und zerstörerischer Waldnutzung

Der größte Emissionsfaktor im Transformationsfeld Landnutzung ist die Landkonversion, vor allem die Umwandlung von Wäldern und anderen natürlichen Ökosystemen in landwirtschaftliche Flächen. Daher ist der Stopp der Entwaldung ein vordringliches Ziel. Die globale Entwaldungsrate bleibt auf einem hohen Niveau und der Kohlenstoffspeicher Wald nimmt weiter ab (Kap. 1.2.5). Finanzielle Anreize (national und international) um die Waldfläche zu vergrößern, Entwaldung und zerstörerische Waldnutzung zu stoppen sowie Wälder und Moore zu erhalten und nachhaltig zu bewirtschaften, stellen für die Transformation daher einen wichtigen Hebel dar.

Niedriges Ambitionsniveau: Nachhaltige Waldwirtschaft ausweiten

Der Waldschutz und eine nachhaltige Waldbewirtschaftung nehmen eine entscheidende Rolle für die Bindung und Speicherung von CO_2 sowie für den Aufbau von Senken ein. In der Waldwirtschaft ist aber eine rein klimaschutzgetriebene Transformation nicht sinnvoll. Der WBGU empfiehlt Ökosystemleistungen insgesamt stärker in den Fokus zu rücken, denn auch die Bereitstellung von z. B. Wasserschutz und Bodenqualität sind entscheidend für die Transformation. Dafür sollten die Anreize und Honorierungssysteme für Ökosystemleistungen weiterentwickelt und umgesetzt werden. Der WBGU empfiehlt, die Bindung und Speicherung von CO_2 zusammen mit anderen wichtigen Ökosystemleistungen stärker in den jeweiligen nationalen und internationalen Waldstrategien und -programmen der einzelnen Länder zu berücksichtigten. Dies gilt beispielsweise auch für die gerade entstehende Waldstrategie 2020 der Bundesregierung. Die nationalen Ver-

pflichtungen, die sich aus der Biodiversitätskonvention (CBD) ergeben, sollten integriert werden. Zudem werden die Waldflächen in öffentlicher Hand ihrer Vorbildfunktion gerecht, wenn sie nach den Nachhaltigkeitskriterien, etwa des Forest Stewardship Council (FSC), bewirtschaftet und zertifiziert werden.

Mittleres Ambitionsniveau: Kaskadennutzung von Holzprodukten fördern

Die nationalen Rohstoffstrategien für Holz, wie beispielsweise die Charta für Holz der Bundesregierung, sind für die Transformation von großer Bedeutung. Durch eine steigende Nachfrage nach Holzenergie und durch vermehrte Nutzung langlebiger Holzprodukte zur Substitution fossiler und mineralischer Rohstoffe steigen auch die Preise für Holz. Oft stellen die Rohstoffstrategien die Absatzsteigerung des Rohstoffs Holz in den Vordergrund. Hier sollten Klimaverträglichkeit und der Erhalt von Ökosystemleistungen stärker berücksichtigt werden. Es ist anzustreben, dass die Wälder eine signifikante Senke für CO_2 darstellen, um eine Transformation zu fördern. Der Schwerpunkt sollte auf eine Kaskadennutzung des Rohstoffes Holz gelegt werden. Zudem sind begleitende steuernde Maßnahmen nötig, z. B. der Abbau indirekter Subventionen für energieintensive Baustoffe. Im Rahmen der öffentlichen Beschaffung, insbesondere auch beim Import, sollte auf Holz aus nachhaltig bewirtschafteten und zertifizierten Wäldern (z. B. gemäß FSC) zurückgegriffen werden.

Mittleres Ambitionsniveau: Agroforstwirtschaft politisch unterstützen

Agroforstsysteme tragen zur Ernährungssicherheit bei und spielen neben der Anpassung an den Klimawandel auch zunehmend eine Rolle bei der Kohlenstoffsequestrierung und der indirekten Minderung von Emissionen (ICRAF, 2010). Der WBGU hält daher eine Verbesserung der sektor-übergreifenden Koordination in den Ministerien (Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasser- und Bodenmanagement) für sinnvoll, um das Potenzial der Agroforstwirtschaft optimal zu nutzen. Es gilt zudem die nötigen Informationen und Anreizsysteme zu schaffen, sowie gesetzliche Barrieren abzubauen, die in vielen Ländern (auch in Deutschland) die Etablierung von Agroforstwirtschaft behindern. In der Umgestaltung der EU-Agrarpolitik sollte die Agroforstwirtschaft durch Zahlungen von Ökosystemleistungen stärker berücksichtigt und gefördert werden.

Mittleres Ambitionsniveau: Moore schützen

Moore gelten als äußerst effektive Ökosysteme für die Kohlenstoffspeicherung und spielen damit eine wichtige Rolle für den Klimaschutz. Der Schutz von Mooren, ein Stopp der Moorentwässerung und die Renaturierung von Mooren sind daher äußerst wichtig und sollten mit Förderprogrammen und ordnungspolitischen Maßnahmen gestützt werden. Durch ein Umsteuern in der EU-Agrarpolitik hin zu Direktzahlungen für den Erhalt von Ökosystemleistungen sowie durch nationale Erlöse aus dem EU-Emissionshandel könnte der Moorschutz finanziert werden können.

Mittleres Ambitionsniveau: Strategische Allianzen mit relevanten „Waldländern“ ausbauen

Deutschland engagiert sich seit vielen Jahren in der Zusammenarbeit mit relevanten Waldländern, wie z. B. Indonesien, China, Brasilien, Philippinen, Papua Neuguinea und D. R. Kongo. Durch den Ausbau dieser subglobalen Allianzen können die technischen und administrativen Rahmenbedingungen gemeinsam entwickelt und erprobt werden, die Voraussetzung für eine rasche und erfolgreiche Umsetzung von REDD-plus-Projekten sind (WBGU, 2010). Dies gilt für die Ausgestaltung von Monitoring- und Berichtssystemen für die Emissionsmessungen im Waldbereich sowie für die Frage, wie andere wichtige Nachhaltigkeits- und Entwicklungsdimensionen berücksichtigt werden können. Darunter zählen die Erhaltung der natürlichen Wälder und der biologischen Vielfalt genauso wie die umfassende Beteiligung aller Interessengruppen sowie die Stärkung der Land- und Nutzungsrechte indigener Völker und der lokalen Bevölkerung. Diese langfristig orientierten Allianzen ermöglichen es, die vielfältigen Erfahrungen mit einzelnen Projekten in eine bi- bzw. multilaterale Strategie einzubinden, regional zu vernetzen und in einem größeren Maßstab voranzutreiben. Um das Vertrauen der Partnerländer in die internationalen Prozesse zu fördern, ist die Freigabe der zugesagten zusätzlichen Fast-start-Mittel und ihre Zusätzlichkeit sicherzustellen und ein angemessener Teil für den Waldbereich zu reservieren. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um strategische Allianzen mit den wichtigen Waldländern voranzutreiben.

Mittleres Ambitionsniveau: REDD-plus Interim Partnerschaft unterstützen

Mit der REDD-plus Interim Partnerschaft ist ein ernstzunehmender internationaler Dialogprozess entstanden. Deutschland kann diese wichtige Plattform für REDD-plus nutzen, um ergänzend zu den laufenden Verhandlungen unter der UNFCCC die nötigen ökologischen sowie sozialen Mindeststandards in die sich weltweit schnell entwickelnden Projekte und Initiativen sowie Finanzierungsinstrumente einzubringen.

Hohes Ambitionsniveau: Multilaterale Verhandlungen zu REDD-plus vorantreiben

Ein REDD-plus-Regime unter dem Dach der UNFCCC ist zwingend notwendig, um den globalen Rahmen für einen rechtlich verbindlichen Mechanismus zu schaffen und die nötige langfristige Planungssicherheit zu geben. Damit ein Zeitplan und das globale Ziel, bis 2020 die globale Entwaldung zu halbieren und bis 2030 ganz zu stoppen, bei der nächsten Vertragsstaatenkonferenz im Entscheidungstext verankert werden kann, müssen die entsprechenden finanziellen Beiträge durch die Industrieländer geleistet werden. Dies ist notwendig, damit die Entwicklungsländer im Gegenzug nationale Strategien zu REDD-plus entwickeln können. Die Waldländer benötigen Unterstützung, um eine Baseline sowie ein Monitoring- und Berichtssystem zu etablieren, damit die reduzierten Emissionen bewertet und leistungsabhängige Zahlungen garantiert werden können. Auch sollte ein nationales Informationssystem eingerichtet werden, mit dem über die Einhaltung der sozialen und ökologischen Standards berichtet wird. Die Berücksichtigung biologischer Vielfalt sowie der Rechte indigener Völker und lokaler Gemeinschaften sind entscheidende Voraussetzungen für ein erfolgreiches REDD-plus-Regime. Der WBGU sieht die Notwendigkeit, in einem zukünftigen Abkommen auch Anreize für Waldschutz und nachhaltiger Waldwirtschaft zu schaffen. Die Synergien mit der Biodiversitätskonvention (CBD) könnten besser genutzt werden, z.B. durch einen Verweis in den Entscheidungen der UNFCCC auf den in Nagoya beschlossenen Strategischen Plan der CBD. Es ist zudem wichtig die Walddefinition zu überdenken, bzw. eine gemeinsame Walddefinition von UNFCCC, CBD und FAO zu fordern, da bisher nicht zwischen Naturwäldern, Wirtschaftswäldern und Plantagen unterschieden wird.

7.3.7.3 Landwirtschaft klimaverträglich gestalten

Die globale Landwirtschaft muss den absehbaren, erheblich ansteigenden Bedarf nach Nahrungsmitteln, Bioenergie und stofflich genutzter Biomasse auf nachhaltige Weise decken und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen deutlich senken, ohne durch Rodung von Wäldern neues Land zur Verfügung stellen zu können. Diese Kombination von Anforderungen ist eine erhebliche Herausforderung, zumal die produktiven Flächen durch fortschreitende Bodendegradation, Wasserknappheit und Klimawandel immer knapper werden und die Rodung von Wäldern zur Gewinnung neuer Flächen mit Klima- und Naturschutz unvereinbar ist (Kap. 1.2.5, 4.3.4, 7.3.7.1).

Etwa die Hälfte der globalen Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft könnte ökonomisch sinnvoll vermieden werden, vor allem durch verbesserte Kohlenstoffsequestrierung in den Böden sowie durch Minderung der CH_4-Emissionen aus der Tierproduktion und der N_2O-Emissionen aus der Stickstoffdüngung. Allerdings hat es trotz dieses großen Potenzials in den letzten Jahrzehnten nur wenig Fortschritt auf diesem Gebiet gegeben. Zu den notwendigen Techniken einer Emissionsvermeidung besteht zwar noch erheblicher Forschungsbedarf (Kap. 8), aber viele dieser Techniken sind bereits entwickelt und anwendbar. Um einen großen Schritt nach vorn zu erreichen, müssen die Finanzierungsinstrumente auf eine rasche Einführung der Techniken optimiert sowie ein deutlich verbesserter Wissens- und Technologietransfer in die Entwicklungsländer organisiert werden.

Niedriges Ambitionsniveau: Investitionen in klimaverträgliche Landwirtschaft lenken

Neben dem mangelnden Zugang zu Information und Technologietransfer werden ähnlich wie im Energiebereich (Kap. 7.3.8) Investitionen in die nachhaltige Landwirtschaft und die ländlich agrarische Infrastruktur nicht in ausreichendem Maße getätigt. Angesichts der in Entwicklungsländern ohnehin notwendigen erheblichen Investitionen ist es vor allem wichtig, die zu erwarteten Investitionen zu stärken und so zu lenken, dass synergetische Maßnahmen für klimaverträgliches Management und Produktionssteigerung besonders gefördert werden. Hierfür sollte sich Deutschland sowohl in der EU als auch in den internationalen Institutionen wie FAO, IFAD oder Weltbank einsetzen sowie die eigene Entwicklungspolitik entsprechend fokussieren (Kap. 5).

Niedriges Ambitionsniveau: Anreize schaffen für eine klimaverträgliche Landwirtschaft

Klimafreundliches Landmanagement muss sich für Agrarbetriebe auch langfristig lohnen. Die Anreize sollten aufgrund des (auf Betriebsebene) mit erheblichen Schwierigkeiten verbundenen Monitoring der THG-Emissionen eher maßnahmen- als emissionsbasiert erfolgen. So rät der WBGU etwa von der direkten Einbindung der Emissionen aus der Landwirtschaft in ein Emissionshandelssystem auf Unternehmensebene, wie etwa dem EU ETS, ab. Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft sollten bevorzugt direkt gefördert werden, z.B. im Rahmen der EU.

Niedriges Ambitionsniveau: Verluste minimieren

Die Umsetzung der verfügbaren Maßnahmen zur Senkung der Verluste von Agrargütern nach der Ernte und beim Konsumenten bzw. in den Haushalten sollte mit Nachdruck vorangetrieben werden. Der WBGU empfiehlt als Zielsetzung, die Verluste von Agrargütern vom

Acker bis zum Konsumenten bis 2050 zu halbieren.

Mittleres Ambitionsniveau: Klimaverträgliche Agrartechniken in Entwicklungsländern anwenden

In den Entwicklungsregionen gibt es erhebliche Potenziale, die landwirtschaftliche Produktion durch die Anwendung nachhaltiger Agrarpraktiken zu intensivieren. Da die einschlägigen Agrartechniken weitgehend bekannt sind, ist hier weniger Technologietransfer als strategische Beratungsleistung und der Aufbau entsprechender Kapazitäten in der Breite erforderlich (Kap. 5).

Die bi- und multilaterale Entwicklungszusammenarbeit der Bundesregierung und der EU sollten sich dabei an den Empfehlungen des Weltagrarberichts (IAASTD) orientieren und eine systematische Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Entwicklungsländern durch die Anwendung des bereits existierenden landwirtschaftlichen Wissens fördern. Agroforstwirtschaft ist für die Transformation besonders vorteilhaft: Sie kann nicht nur armen Bauern helfen ihre Produktion zu steigern, sondern trägt zugleich zur Kohlenstoffspeicherung und zu einer verbesserten Kohlenstoffabsorptionsfähigkeit der Böden bei.

Dem gegenüber ist die Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen mit erheblichen Emissionen und nicht zuletzt mit Verlust biologischer Vielfalt verbunden. Der WBGU empfiehlt daher in der bi- und multilateralen Entwicklungszusammenarbeit und den einschlägigen internationalen Foren grundsätzlich gegen eine Ausdehnung landwirtschaftlicher Nutzflächen zu argumentieren.

Mittleres Ambitionsniveau: Internationale Rahmenbedingungen für nachhaltige Bioenergie schaffen

Der WBGU bekräftigt, dass insbesondere die Ausweitung der Bioenergienutzung mit erheblichen Risiken für verschiedene Dimensionen der Nachhaltigkeit verbunden ist (Kasten 4.1-4; WBGU, 2008). Aufgrund der durch den internationalen Handel mit Argargütern extrem unübersichtlichen Wirkungsketten kann in letzter Konsequenz nur die Schaffung eines internationalen Regelungsrahmens die Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Bioenergie gewährleisten. Hierfür sollte zeitnah auch ein internationaler Konsens zu einem Mindeststandard für nachhaltige Bioenergieproduktion sowie zu einer umfassenden, internationalen Bioenergiestrategie entwickelt werden. Ein wichtiger Baustein ist die Entwicklung eines globalen, GIS-gestützten Landnutzungskatasters, das für jeden importierten Bioenergieträger Auskunft über die entsprechende Produktionsfläche geben kann. Die Erarbeitung eines solchen Landnutzungskatasters ist nicht zuletzt auch eine Forschungsaufgabe (Kap. 8). Bevor ein solcher internationaler Regelungsrahmen nicht etabliert ist, sollte der Ausbau der Bioenergie nur sehr vorsichtig vorangetrieben werden (WBGU, 2009a).

Hohes Ambitionsniveau: Weltagrarhandel liberalisieren und EU-Agrarsubventionen reformieren

Der WBGU betont erneut die große Bedeutung einer raschen und weitergehenden Liberalisierung des Weltagrarhandels im Rahmen der WTO (WBGU, 2009a). Die Ernährungssicherheit muss bei der Liberalisierung des Agrarhandels höchste Priorität haben. Dazu sollten langfristig von den Weltagrarmärkten Impulse für Investitions- und Produktionssteigerungen gerade in ärmeren Entwicklungsländern ausgehen. Vor allem in Industrieländern sollten hierzu Importbarrieren für Agrargüter stärker abgebaut sowie Exportsubventionen zurückgeführt werden. Entsprechend sollten in der EU die Agrarsubventionen für die industrielle landwirtschaftliche Produktion sowie für den Export von Agrargütern kurzfristig weiter reduziert sowie der Marktzugang für Entwicklungsländer verbessert werden. Zur Förderung gesellschaftlich gewünschter ökologischer Leistungen ist ihre gezielte Honorierung allgemeinen Flächen- oder Betriebsprämien vorzuziehen (SRU, 2008). Im Hinblick auf die Transformation sollten insbesondere Subventionen zugunsten der direkten wie indirekten Stützung der Tierproduktion (z. B. für Futtermittelanbau oder Stallanlagen) sowie zugunsten der Nutzung fossiler Energieträger in der Landwirtschaft (Agrardiesel) drastisch, rasch und EU-weit koordiniert abgebaut werden.

Als Folge der Liberalisierung können Preissteigerungen ausgelöst werden, die insbesondere in Nahrungsmittel importierenden Niedrigeinkommensländern (Low-Income Food-Deficit Countries, LIFDC) als Nettoimporteuren von Agrargütern negative Wirkungen entfalten können. Diese sollten durch internationale finanzielle Unterstützungs-, Ausgleichs- und Schutzmechanismen ausgeglichen werden (hohes Ambitionsniveau; Kap. 4; WBGU, 2009a).

7.3.7.4 Klimaverträgliche Ernährungsweisen fördern

Der Schwerpunkt der Diskussionen im Bereich Landwirtschaft liegt vor allem auf der Befriedigung einer künftig erwarteten Nachfrage durch gesteigerte Produktion. Die transformative Wirkung einer Beeinflussung der Nachfrage sollte aber nicht unterschätzt werden. Neben der Bevölkerungsentwicklung sind aufgrund der sehr unterschiedlichen Emissionsintensitäten von Nahrungsmitteln vor allem veränderte Ernährungsgewohnheiten der dynamischste Faktor in

der Landnutzung. In Industrieländern und zunehmend auch in einkommensstarken Schichten von Schwellen- und Entwicklungsländern nimmt der Konsum tierischer Produkte zu, die gegenüber pflanzlichen Agrargütern erheblich höhere Treibhausgasemissionen verursachen. Die Viehwirtschaft ist heute schon der größte Einflussfaktor der weltweiten anthropogenen Landnutzung. Dieser Sektor beansprucht insgesamt, d.h. direkt und indirekt, etwa drei Viertel der landwirtschaftlichen Flächen und trägt knapp ein Fünftel zu den anthropogenen Treibhausgasemissionen bei (mit Anbau von Futtermitteln; Kap. 4.1.7.2), verschafft aber auch 1,3 Mrd. Menschen Einkommen.

Niedriges Ambitionsniveau: Vorreiterfunktion öffentlicher Institutionen stärken

Aufklärungs- und Informationskampagnen für ein bewussteres Konsumverhalten können dazu beitragen, freiwillig die Konsummuster zu verändern. Die Botschaft sollte sein: Eine fleischreduzierte Kost mit hohen Anteilen an frischen, regionalen und saisonalen Produkten möglichst aus Bioproduktion ist nicht nur aus Klimaschutzgründen, sondern auch aus gesundheitlicher Sicht förderungswürdig. Gleichzeitig sollte das Bewusstsein für vermeidbare Emissionen und Kosten geschärft werden, die dadurch entstehen, dass Nahrungsmittel in den Haushalten verderben bzw. weggeworfen werden. Als rasch umzusetzende Maßnahmen empfiehlt der WBGU der Bundesregierung zur Anregung und Stützung dieser Umstellung vermehrte Aufklärungsarbeit in Kombination mit der Kennzeichnung von Umweltwirkungen auf der Verpackung.

Der Pionierfunktion der staatlichen und öffentlichen Institutionen (Behörden, Krankenhäuser usw.) misst der WBGU besondere Bedeutung zu. Kantinen der öffentlichen Hand sollten z.B. ein bis zwei fleischfreie Tage pro Woche einlegen. Entsprechende Aufmerksamkeit für die Verpflegung in Schulen und Kindergärten ist wegen des Bildungseffekts besonders vielversprechend.

Hohes Ambitionsniveau: Emissionsintensive Agrarprodukte höher besteuern

Da die Präferenzen von Konsumenten allein durch bessere Information und Vorbilder nur schwer zu ändern sind, ist zu prüfen, ob Preissignale, etwa durch Verbrauchssteuern, hinzukommen müssen. Im Rahmen einer entsprechenden Steuerreform sollte die Emissionsintensität der Lebensmittel als Kriterium für Besteuerung von Agrarprodukten herangezogen werden.

7.3.8 Bündel 8: Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft unterstützen und beschleunigen

Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft erfordert erhebliche zusätzliche Investitionen in nachhaltige Energie- und Landnutzungssysteme. Die zusätzlichen globalen Anfangsinvestitionen allein für den Umbau der Energiesysteme liegen im Bereich von mehreren hundert Mrd. US-$ jährlich: Die Schätzungen für die weltweit notwendigen Zusatzinvestitionen im Jahr 2030 reichen von mindestens 200 bis zu 1.000 Mrd. US-$ pro Jahr und gehen von stetig ansteigenden jährlichen Investitionserfordernissen aus. Etwa die Hälfte der geschätzten jährlichen Investitionen, d.h. etwa 100–563 Mrd. US-$, muss in Entwicklungsländern investiert werden. Zudem werden Finanztransfers für den REDD-plus-Mechanismus zur Vermeidung von Entwaldung in Entwicklungsländern benötigt. Für eine Halbierung der weltweiten Entwaldung sind dies ca. 20–33 Mrd. US-$ jährlich (Kap. 4.5.1).

Zwar werden diese zusätzlichen Investitionen teilweise oder sogar vollständig durch Einsparungen bei den fossilen Brennstoffen aufgewogen, allerdings fallen diese Einsparungen erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt in signifikanter Höhe an. Das Kernproblem vieler transformativer Investitionen, wie z.B. in Effizienztechnologien oder erneuerbare Energien, besteht damit in den sehr hohen Anfangsinvestitionen, denen über einen sehr langen Zeitraum verteilte und pro Jahr eher kleine Rückflüsse gegenüber stehen. Die Amortisationsdauer solcher Investitionen ist deshalb häufig länger und die Renditen geringer als bei Alternativinvestitionen. Die Gefahr von Pfadabhängigkeiten in bestehende, kohlenstoffintensive Technologien ist deshalb groß.

Die zentrale Herausforderung staatlicher Transformationspolitik besteht somit in einem raschen Umlenken der Investitionsflüsse in Richtung klimaverträglicher Technologien, indem transformative Investitionen attraktiver gemacht und bestehende Fehlanreize und Investitionsbarrieren gezielt abgebaut werden. Dieser Herausforderung kann nur durch das Zusammenspiel öffentlicher und privater Investoren bzw. Kapitalgeber sowie in enger Zusammenarbeit mit den internationalen Finanzorganisationen (Weltbank, IMF) und den Entwicklungsbanken begegnet werden.

Investitionsbarrieren abbauen: Renditen erhöhen und Risiken senken

Viele klimaverträgliche Technologien sind ohne staatliche Unterstützung im Vergleich zu etablierten Technologien noch nicht wettbewerbsfähig. Dies hat u.a. damit zu tun, dass bei der Rentabilität herkömmli-

cher, kohlenstoffintensiver Technologien die negativen Externalitäten der fossilen Energieträger nicht berücksichtigt werden, d.h. diese Technologien „zu billig" sind. Außerdem bestehen aufgrund politisch bedingter regulatorischer Unsicherheiten derzeit relativ hohe Marktrisiken für Investitionen in (neue) klimaverträgliche Technologien und Produkte. Dies führt dazu, dass kommerzielle Finanzinstitutionen für Projekte mit neuen, noch wenig bekannten Technologien derzeit nicht ausreichend Kapital zur Verfügung stellen und die Projekte folglich trotz grundsätzlich verfügbarer Mittel nicht realisiert werden. Ziel staatlicher Politik muss daher sein, dass Transformationsinvestitionen im Vergleich zu alternativen Investitionsprojekten rentabler werden und den Investoren der Zugang zu ausreichendem Kapital ermöglicht wird. Die Risiken solcher Investitionen müssten also mit Hilfe staatlicher Unterstützung reduziert werden.

Vier Säulen der Investitionsförderung für eine Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft

Um eine solche Risikominderung zu erreichen, müssten Veränderungen in vier Bereichen vorgenommen werden, die im Folgenden als „vier Säulen" der Investitionsförderung für eine Transformation zur Klimaverträglichkeit bezeichnet werden: Erstens müssten vom Staat und der internationalen Staatengemeinschaft stabile Rahmenbedingungen für klimaverträgliche Investitionen geschaffen werden. Zweitens müssten die Staaten neue Finanzierungsquellen erschließen, um staatliche Investitionen und Finanztransfers an ärmere Länder zu ermöglichen. Drittens wären neue Finanzierungsmechanismen zur Unterstützung privater Investitionen zu etablieren und vorhandene Mechanismen zu stärken. Viertens sollten neue Geschäftsmodelle gefördert werden, die die Belastung durch hohe Anfangsinvestitionen reduzieren. Das Zusammenspiel der Aktivitäten in diesen vier Säulen müsste der Investitionsförderung einen entscheidenden Schub geben, so dass die Umsteuerung in eine klimaverträgliche Gesellschaft gelingen kann. Die Ambitionsniveaus der Empfehlungen in den folgenden vier Säulen hängen vom Entwicklungsniveau der jeweiligen Länder (Industrie-, Schwellen- bzw. Entwicklungsland) sowie von der Stringenz der politischen Umsetzung ab und werden daher nicht explizit benannt.

7.3.8.1 Säule 1: Stabile Rahmenbedingungen für klimaverträgliche Investitionen schaffen

Eine wichtige Voraussetzung für Investitionen in klimaverträgliche Technologien ist, dass die klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen langfristige Investitionssicherheit bieten und attraktive Renditen gewährleisten. Die wichtigste Komponente des regulatorischen Rahmens ist aus Sicht des WBGU eine Bepreisung von CO_2, da diese den Einsatz fossiler Energieträger verteuert und CO_2-arme Technologien im Gegenzug begünstigt (Kap. 5.2.2, 7.3.2). Die Investitionssicherheit und die Renditen für transformative Investitionen können weiter gesteigert werden, wenn zusätzlich technologiespezifische Förderungen gewährt werden. Auch verbindliche Effizienzstandards für Gebäude, Fahrzeuge und energieverbrauchende Produkte tragen zum Umlenken von Investitionsflüssen bei.

Rahmenbedingungen mit ansteigender Transformationswirkung schaffen

Stabile klima- und energiepolitische Rahmenbedingungen mit ambitionierten Zielen, etwa im Rahmen eines Klimaschutzgesetzes bzw. einer Dekarbonisierungsstrategie, sind Voraussetzung für entsprechende Investitionen (Kap. 7.3.1).

Wichtige Komponenten bei der Schaffung solcher Rahmenbedingungen sind die Weiterentwicklung des europäischen Emissionshandelssystems (EU ETS) sowie die weitere Verbreitung von Einspeisevergütungen in Europa. Jedoch haben diese Instrumente allein aufgrund ihrer geographisch begrenzten Reichweite in ihrer jetzigen Ausgestaltung global gesehen nur eine niedrige Transformationswirkung. Sie sind dennoch wichtig, da sie Modellcharakter für andere Länder aufweisen. In diesem Sinne sollte sich die Bundesregierung dafür einsetzen, die Instrumente der CO_2-Bepreisung und der technologiespezifischen Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien weltweit zu verbreiten (Kap. 7.3.2, 7.3.4). So könnte schrittweise eine sehr hohe Transformationswirkung erzielt werden.

Damit CO_2-Preise ihre volle Wirkung entfalten können, sollten parallel weltweit auch die Subventionen für fossile Energieträger auslaufen, um den durch Subventionierung erreichten Kostenvorteil für fossile Energieträger zu eliminieren. Unterstützend sollten außerdem anspruchsvolle und sich dynamisch entwickelnde Effizienzstandards für Gebäude, Fahrzeuge und energieverbrauchende Produkte definiert werden. Bestehende Ansätze in Deutschland und Europa, wie z.B. die Ökodesign-Richtlinie, sollten diesbezüglich verstärkt werden. Werden diese Rahmenbedingungen auf nationaler, supranationaler und internationaler Ebene verbindlich anlegt, können sie ihre lenkende Wirkung auf die Investitionsflüsse besonders gut entfalten.

Diese Maßnahmen sollten auf nationaler Ebene durch steuerliche Anreize sowie auf Seiten der Kapitalgeber, etwa durch Entscheidungskriterien für die Kreditvergabe, die explizit der Nachhaltigkeit Rechnung tragen, ergänzt werden. Nachhaltige Finanzanlagen sollten für eine Übergangszeit steuerlich bevorzugt

werden. Zur Unterstützung des Netzausbaus ist eine Netzregulierung einzuführen, die neben betriebswirtschaftlichen Effizienzaspekten auch langfristige Ziele zum Aufbau einer nachhaltigen Infrastruktur als Regulierungsziel berücksichtigt.

Glaubhafte und langfristige Setzung von Rahmenbedingungen durch internationale Abkommen anstreben

Transformative Veränderungen in der nötigen Größenordnung sind vor allem dann zu erwarten, wenn diese Rahmenbedingungen auf globaler Ebene in der Form internationaler Abkommen glaubhaft und langfristig festgeschrieben werden, d.h. wenn CO_2-Emissionen weltweit einen angemessenen Preis erhalten, alle Subventionen für fossile Energieträger abgebaut und erneuerbare Energien systematisch gefördert werden (Kap. 7.3.2, 7.3.4.). Weltweit stabile Rahmenbedingungen für die Dekarbonisierung würden zusätzliches Kapital in nachhaltige Investitionen lenken. Durch ein System der globalen Emissionsbegrenzung, d.h. durch die Einbindung von Schwellen- und Entwicklungsländern in ein verbindliches Emissionsminderungsregime auf UN-Ebene (Kap. 7.3.10), umgesetzt beispielsweise durch staatenübergreifende Emissionshandelssysteme auf Unternehmensebene mit gemeinsamen Obergrenzen (Kap. 7.3.2), könnte aus Sicht des WBGU die stärkste Transformationswirkung erzielt werden. In einem solchen System werden transformative Investitionen auf zweierlei Weise begünstigt: Einerseits wird durch die Mengenbegrenzung eine starke Lenkungswirkung für Investitionen in klimaverträgliche Technologien und Produkte erzielt. Andererseits würden bei einer fairen Lastenteilung zwischen Industrie- sowie Entwicklungs- und Schwellenländern zusätzlich auch signifikante Finanztransfers in die Entwicklungsregionen ausgelöst, die zur Finanzierung transformativer Investitionen oder zur Bereitstellung staatlicher Finanzierungsmechanismen verwendet werden könnten (Säule 2).

7.3.8.2 Säule 2: Neue Finanzierungsquellen auf Staatenebene erschließen

Insbesondere Infrastrukturinvestitionen, wie z.B. in Übertragungsnetze und Speicher, haben den Charakter öffentlicher Güter und müssen zu großen Teilen von staatlicher Seite getragen werden. Damit die Finanzierung staatlicher Investitionen in Infrastruktur gewährleistet werden kann und damit Mittel zur Unterstützung der Dekarbonisierung der Energiesysteme in Entwicklungsländern sowie von privaten Investitionsprojekten verfügbar sind, müssen alle Staaten verschiedene neue Möglichkeiten zur Generierung zusätzlicher Mittel in Erwägung ziehen. Während in Industrieländern einerseits durch die Bepreisung von CO_2 und andererseits durch weitere Steuern neue Mittel generiert werden können, sind für Entwicklungsländer zumindest vorübergehend vor allem auch Finanztransfers aus bi- und multilateralen Fonds, z.B. im Rahmen der UNFCCC, relevant. Die Transformationswirkung hängt jeweils von der Höhe der zu erzielenden Einnahmen und ihrer Verwendung ab.

Eine niedrige Transformationswirkung dürfte aus Einnahmen aus einer geringfügigen CO_2-Bepreisung in Industrieländern wie derzeit im EU ETS sowie aus einer marginalen Aufstockung bestehender Mittel in den bi- und multilateralen Fonds für Entwicklungsländer erfolgen. Werden jedoch die Einnahmen aus einer angemessenen CO_2-Besteuerung in möglichst vielen Ländern – auch auf den internationalen Flug- und Schiffsverkehr – oder die Erlöse aus der Auktionierung von Emissionszertifikaten in einem anspruchsvollen Emissionshandelssystem mit weiteren Einnahmequellen (z.B. einer moderaten Finanzmarkttransaktionssteuer) kombiniert und gleichzeitig die Subventionen für fossile Energieträger sowie die Agrarsubventionen abgebaut, können die verfügbaren Mittel die für die Transformation notwendige Höhe erreichen (Kap. 4.5.2).

CO_2-Bepreisung als Quelle zur Finanzierung der Transformation nutzen

Die Bepreisung von CO_2, entweder in Form einer CO_2-Steuer oder eines Zertifikatehandelssystems, kann auf nationaler Ebene zur Generierung erheblicher finanzieller Mittel führen und stellt damit aus Sicht des WBGU eine der wichtigsten neuen Finanzierungsquellen dar. Gemäß Schätzungen der High-Level Advisory Group on Climate Change Financing (AGF) des UN-Generalsekretärs könnte die Einführung von Mechanismen zur Bepreisung von CO_2 in den Industrieländern bei einem Preis von 20–25 US-$ pro t CO_2eq ab dem Jahr 2020 jährliche Einnahmen in Höhe von insgesamt 300 Mrd. US-$ generieren. Geht man von künftig ansteigenden CO_2-Preisen und entsprechend strikteren Emissionsobergrenzen aus, könnten nach Einschätzung des WBGU bis etwa 2030/2040 auch deutlich höhere Beträge damit erzielt werden. Gegen Mitte des Jahrhunderts ist jedoch mit einem Rückgang der Erlöse zu rechnen, da bis dahin die Emissionen stark gesunken sein müssten, so dass sich die Steuerbasis bzw. die Zertifikatsmenge stark reduzieren würde. Die Erlöse aus der CO_2-Bepreisung sollten teils zur Finanzierung nationaler Investitionen in die Transformation verwendet, teils aber auch für Finanztransfers an Entwicklungsländer reserviert werden. Nationale Systeme zur Bepreisung von CO_2 sollten weltweit eingeführt werden. In Entwicklungs- und Schwellenländern könnten Ansätze

zur CO_2-Bepreisung und zum parallelen Abbau fossiler Subventionen Teil von Strategien zur klimaverträglichen Entwicklung sein und im Rahmen der UNFCCC über Finanztransfers aus Industrieländern unterstützt werden (Kap. 7.3.2).

Zusätzliche neue Finanzierungsquellen eröffnen

Zur Sicherstellung der Finanzierung der Transformation sollten neben den Einnahmen aus CO_2-Bepreisung weitere Quellen genutzt werden. Allein über den von den G20-Ländern bereits angekündigten Abbau verzerrender Energie- und Agrarsubventionen (Kap. 4.5) können erhebliche öffentliche Mittel freigesetzt werden. Mögliche Beträge, die durch den Abbau der Subventionen für fossile Energieträger in den Industrieländern innerhalb der G20 verfügbar würden, bewegen sich gemäß Schätzungen der AGF zwischen 8 und 10 Mrd. US-$ jährlich (AGF, 2010). In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern würden durch die Streichung dieser Subventionen ebenfalls hohe Einsparungen erzielt (Kap. 4.5). Die frei werdenden Gelder könnten in Entwicklungs- und Schwellenländern für den Aufbau einer Elektrizitätsinfrastruktur und den Zugang zu Energie auf Basis erneuerbarer Energien, insbesondere im ländlichen Raum, eingesetzt werden. Im Bereich der Landnutzung sollte die Subventionierung der Landwirtschaft, insbesondere in der Europäischen Union, schrittweise abgebaut und in ein System der Finanzierung des Erhalts von Ökosystemleistungen überführt werden (Kap. 5.2, 7.3.7).

Weiter sollten auch die Bestrebungen zur Besteuerung des internationalen Luft- und Schiffsverkehrs – oder alternativ die Einführung eines internationalen Emissionshandelssystems für diese Sektoren – vorangetrieben werden. Würden weltweit bis zu 50% der Einnahmen aus einer Besteuerung für die Transformation bereitgestellt, könnte dies nach Schätzungen der AGF insgesamt zu Finanzflüssen in Höhe von etwa 10 Mrd. US-$ jährlich führen (AGF, 2010). Ein ebenso großer Betrag könnte nach Schätzung der AGF im Falle der Einführung einer Steuer auf internationale Finanztransaktionen von maximal 0,01% erzielt werden (AGF, 2010; Kap. 4.5). Da die Wirkung einer Finanzmarkttransaktionssteuer auf die internationalen Finanzmärkte jedoch unklar ist, sollte der Steuersatz im Falle der Einführung einer Finanzmarkttransaktionssteuer sehr niedrig angesetzt werden, vergleichbar zum Berechnungsbeispiel der AGF.

Eine Bündelung der Einnahmen aus diesen verschiedenen Finanzierungsquellen und die Vorbestimmung eines festen Anteils der Einnahmen in Industrieländern für Finanztransfers in Entwicklungsländer wären ein bedeutender Schritt auf dem Weg zu einer klimaverträglichen globalen Wirtschaft.

Alimentierung des Green Climate Fund sicherstellen und weitere bi- und multilaterale Fonds aufstocken

Während die oben genannten neuen Finanzierungsquellen zumindest anfänglich vor allem von Industrieländern genutzt werden sollten, müssen zur Finanzierung der Transformation in Entwicklungs- und Schwellenländern Finanztransfers zur Verfügung gestellt werden. Dazu wurde bei den Vertragsstaatenkonferenzen der UNFCCC in Kopenhagen und Cancún der Green Climate Fund ins Leben gerufen und von den Annex-I-Ländern die Mobilisierung von 100 Mrd. US-$ jährlich zugesagt (Kasten 4.5-1). Dabei ist noch unklar, wie diese 100 Mrd. US-$ generiert werden sollen und inwieweit sie über den neu einzurichtenden Fonds fließen werden.

Die bisher noch unverbindlichen Zusagen der Industrieländer für Einzahlungen in den Green Climate Fund sollten deshalb umgehend in einen verbindlichen Mechanismus überführt werden. Angesichts der für Vermeidung und Anpassung in Entwicklungsländern erforderlichen Mittel, welche für Vermeidung im dreistelligen Milliardenbereich (etwa 300–500 Mrd. US-$ ab dem Jahr 2020) und für Anpassung im zweistelligen Bereich (etwa 10–100 Mrd. US-$) vermutet werden, sollte eine angemessene Gewichtung der verschiedenen zu finanzierenden Bereiche (Anpassung, Vermeidung, Technologietransfer, Kapazitätsaufbau) bei der Aufteilung der Mittel vorgenommen werden. Aus Sicht des WBGU sollte der Anteil für Vermeidungsprojekte bzw. -maßnahmen und Technologietransfer bei etwa 60–70% der Mittel des Green Climate Fund liegen. Die restlichen 30–40% sollten für die Bereiche Anpassung und Kapazitätsaufbau reserviert werden.

Zur Förderung von Vermeidungsmaßnahmen in Entwicklungs- und Schwellenländern sollten Möglichkeiten geschaffen werden, von Entwicklungsländern geplante Minderungsmaßnahmen (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs) durch den Green Climate Fund systematisch zu unterstützen. Nach Ansicht des WBGU sollte es sich bei NAMAs, die durch den Fonds unterstützt werden, um konkrete Maßnahmen handeln, die in umfassende Strategien zur klimaverträglichen Entwicklung eingebettet sind. Beispiele könnten die Einführung eines CO_2-Preises, die Finanzierung von Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien (Kap. 5.2, 7.3.2, 7.3.4), der Ausbau der Netz- und Speicherinfrastruktur (Kap. 7.3.3) oder die Einführung klimaverträglicher Verkehrssysteme in großen Städten sein (Kap. 7.3.5). NAMAs, die den Charakter isolierter Projekte besitzen, sollten dagegen allenfalls in den am wenigsten entwickelten Ländern (LDC) gefördert werden.

Im Unterschied zu anderen multilateralen Fonds sollten die Mittel aus dem Green Climate Fund nicht in Kre-

ditform, sondern als nicht rückzahlbare Zuschüsse vergeben werden. Die Zahlungen aus dem Green Climate Fund hätten dadurch den Charakter echter Transferleistungen und würden der eingegangenen Verpflichtung der Industrieländer, die Entwicklungsländer beim Klimaschutz zu unterstützen, einem gerechten Lastenausgleich (burden sharing) sowie der historischen Verantwortung der Industrieländer an der Verursachung des Klimawandels Rechnung tragen (Kap. 7.3.10).

Allerdings werden die Mittel aus dem Green Climate Fund zur Finanzierung der Transformation in den Entwicklungsregionen der Welt nicht ausreichen. Die notwendigen Investitionen dürften ab dem Jahr 2020 noch weiter ansteigen. Deshalb müssen auch die Ausstattungen der bestehenden multilateralen Fonds für Vermeidungsprojekte in Entwicklungsländern erhöht werden. Eignen würden sich hierfür insbesondere die Carbon Partnership Facility der Weltbank, der GEF Trust Fund, der Clean Technology Fund sowie der Strategic Climate Fund. Im Gegensatz zum Green Climate Fund sollten die Mittel aus den bi- und multilateralen Fonds den Charakter von Krediten und Kreditgarantien haben.

Um sicherzustellen, dass sich in der Gesamtbilanz die Höhe der direkten Transfers durch Aufrechnung gegen zusätzliche Kredite und Kreditgarantien nicht reduziert, müssten die von den Industrieländern ab 2020 insgesamt in Aussicht gestellten Mittel für Vermeidung (Zuschüsse und Kredite), Anpassung, Technologietransfer und Kapazitätsaufbau die 100 Mrd. US-$ in jedem Fall übersteigen. Außerdem ist die Zusätzlichkeit der Mittel in Abgrenzung zu den Mitteln der Entwicklungszusammenarbeit sicherzustellen (Kasten 4.5-2).

Globalen Kohlenstoffmarkt mit fairer Lastenteilung anstreben

Wie der WBGU bereits in Kapitel 7.3.2 empfiehlt, sollten nationale Ansätze zur Bepreisung von CO_2 baldmöglichst in einen globalen Kohlenstoffmarkt auf Unternehmensebene überführt werden. Dabei könnten die Erlöse aus der Auktionierung von Emissionszertifikaten im Sinne einer fairen Lastenteilung an die Teilnehmerstaaten zurückverteilt oder die Emissionsrechte selbst entsprechend einer fairen Lastenteilung unter den Staaten aufgeteilt werden. Dadurch entstünden aufgrund der Knappheit der Emissionszertifikate und aufgrund der Aufteilung der Emissionsrechte nach einem Prinzip der fairen Lastenteilung erhebliche Finanztransfers zwischen den teilnehmenden Staaten. Ebenfalls bedeutende Finanztransfers ergäben sich bei Einführung einer globalen Emissionsbegrenzung, d.h. eines verbindlichen Emissionsminderungsregimes, auf UN-Ebene mit handelbaren Emissionsrechten nach dem Vorbild des WBGU-Budgetansatzes (Kap. 7.3.10; WBGU, 2009b).

Durch eine politische Allokation der Emissionsrechte kann aus Sicht des WBGU ein langfristiges und vorhersehbares Finanzierungsinstrument für die Transformation geschaffen werden, das in seinem Volumen deutlich über die bisher angelegten Strukturen in Form des geplanten Green Climate Fund sowie der bestehenden bi- und multilateralen Fonds hinausgehen dürfte.

7.3.8.3 Säule 3: Mechanismen zur Unterstützung privater Investitionen stärken

Doch nicht nur auf staatliche Mittel kommt es an. Vielmehr muss der Großteil der Investitionen von privaten Akteuren finanziert werden. Der Staat kann für solche Investitionen günstige Voraussetzungen schaffen, indem er über Rahmensetzung (Säule 1) und neue Finanzierungsmechanismen, d.h. durch Bereitstellung staatlicher Mittel – aus den soeben beschriebenen Quellen (Säule 2) – in Form von zinsgünstigen Krediten und Kreditgarantien die Risiken privater Investoren senkt. Dabei können staatliche Finanzierungsmechanismen eine Hebelwirkung entfalten und erfahrungsgemäß private Mittel in einem Verhältnis von etwa 2:1 bis 15:1 anziehen. Die Hebelwirkung nimmt dabei in dem Maße zu wie die staatlichen Mittel das Risiko für private Investoren reduzieren. Die transformative Wirkung staatlicher Finanzierungsmechanismen hängt davon ab, wie zielgerichtet die staatlichen Mittel eingesetzt werden, d.h. wie sehr deren Vergabe an Kriterien gebunden ist, die die Investitionen in Richtung einer klimaverträglichen Wirtschaft lenken.

Staatliche Mittel in nationalen Green Investment Banks unter Einbindung institutioneller Investoren bündeln

Einzelne Staaten könnten durch günstige Kredite aus revolvierenden Fonds oder durch die Übernahme von Kreditrisikogarantien die Investitionsfinanzierung für transformative Investitionen erleichtern. Dazu sollten bestehende Fördertöpfe unter dem Dach neu zu schaffender nationaler Green Investment Banks nach dem Vorbild Großbritanniens gebündelt werden. So würde die erforderliche Größenordnung erreicht und die Kriterien für die Vergabe könnten nachhaltig und transparent gestaltet werden. Die Green Investment Banks sollten ein entsprechendes Portfolio an zinsgünstigen Krediten mit langen Laufzeiten, Kreditgarantien und Risikokapital für Investitionen in erneuerbare Energien und andere klimaverträgliche Technologien zur Verfügung stellen. Institutionell sollten diese Green Investment Banks aus bestehenden staatlichen Förderbanken (wie z.B. in Deutschland der KfW oder auf EU-Ebene der Europäischen Investitionsbank) hervorgehen bzw. als neues signifikantes Geschäftsfeld der staatlichen

Förderbanken etabliert werden. Ein Teil der Kreditvergabe der Green Investment Banks in Industrieländern sollte zur Finanzierung von Projekten in Entwicklungsländern reserviert sein, wie derzeit im globalen Klimaschutzfonds der KfW.

Ergänzend zu den staatlichen Mitteln in den Fördertöpfen solcher Green Investment Banks könnten insbesondere institutionelle Investoren wie Pensionskassen und Versicherer in die Finanzierung der Transformation eingebunden werden. Sie verfügen über entsprechendes Kapital und einen langfristigen Anlagehorizont. Ihre Einlagen in den Fonds der Green Investment Banks könnten ähnlich wie die „Klimaanleihen" der EU oder der Weltbank mit einer festen Verzinsung vergütet werden. Mithilfe solcher halb staatlich, halb privat gespeister Fonds würde institutionellen Investoren eine Möglichkeit zur risikoarmen Kapitalanlage mit stetiger Verzinsung geboten, die gleichzeitig Investitionen in eine klimaverträgliche Zukunft ermöglicht. Außerdem könnte so der Umfang der Unterstützungsleistungen durch die nationalen Green Investment Banks erhöht werden.

Risiko- und Beteiligungskapitalmärkte stärken

Eine weitere wichtige Komponente, um private Investitionen insbesondere in neue und wenig erprobte klimaverträgliche Technologien zu erleichtern ist die Stärkung von Risiko- und Beteiligungskapitalmärkten, da diese für kleinere Firmen mit innovativen Produkten und Technologien wichtige Startfinanzierungen bereitstellen können. Dies kann etwa dadurch geschehen, dass die steuerlichen Bedingungen für private Risiko- und Beteiligungskapitalgeber verbessert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, staatliches und privates Risikokapital in Venture Capital Funds zu bündeln, wie es beispielsweise im UK Carbon Trust Venture Capital Fund oder im California Clean Energy Fund gemacht wird. Ein Venture Capital Fonds könnte ebenfalls unter dem Dach einer nationalen Green Investment Bank ins Leben gerufen werden.

Katalysatorfunktion von Entwicklungsbanken sowie Mikrofinanzierung nutzen

Zur Finanzierung der Transformation in Entwicklungsländern kommt den Entwicklungsbanken eine besonders wichtige Rolle zu. Diese sollten ihre reguläre Kreditvergabe im Bereich der erneuerbaren Energien und Energieeffizienz sowie durch den gemeinsam getragenen Climate Investment Funds (CIF) entsprechend ausweiten. Die Themenschwerpunkte der Kreditprogramme der Entwicklungsbanken sollten in den Bereichen Energieinfrastruktur, Zugang zu nachhaltiger Energie, Ausbau erneuerbarer Energien, Energieeffizienz sowie klimaverträgliche urbane Infrastrukturen und nachhaltige Landnutzung gesetzt werden. Über Finanzierungsmechanismen der Entwicklungsbanken können private Finanzintermediäre in Entwicklungsländern in die Lage versetzt werden, selbst Kredite zu vergeben. Wenn dadurch weitere Mittel von privaten Investoren eingeworben werden können, stellt sich eine Katalysatorwirkung ein. Das technische Wissen von Energy Service Companies (ESCO) und Entwicklungsbanken in Form von begleitenden Beratungsleistungen sollte in Finanzierungslösungen fest integriert werden.

Für die Energietransformation in Entwicklungsländern und gerade in ländlichen Regionen kommt außerdem der Mikrofinanzierung bei der Bereitstellung dezentraler Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen eine bedeutende Rolle zu. Sie leistet einen wesentlichen Beitrag zur Überwindung der Energiearmut mit Hilfe erneuerbarer Energien. Bestehende Ansätze in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit sollten verstärkt werden.

Potenziale eines reformierten internationalen Kohlenstoffmarktes ausschöpfen

Die Rolle des internationalen Kohlenstoffmarktes für Entwicklungsländer bleibt aufgrund der Unklarheit über die Zukunft des Kioto-Protokolls unsicher. Der WBGU rät von einer Weiterführung des CDM-Mechanismus in seiner gegenwärtigen Form ab, da dieser einerseits die Minderungsziele der Industrieländer verwässern kann und in seiner derzeitigen Ausgestaltung die ursprüngliche Intention einer Förderung klimaverträglicher Entwicklung nicht erfüllt hat (Kap. 4.5). Aus Sicht des WBGU sollte der CDM zukünftig auf die am wenigsten entwickelten Länder (LDC) beschränkt werden. Gleichzeitig sollte der Entwicklungsaspekt des CDM gestärkt und der Mechanismus auf sektorale Maßnahmen – ähnlich zum programmbasierten CDM – erweitert werden. Diese Reform würde beispielsweise die gebündelte Finanzierung vieler kleiner und gestreuter Effizienzpotenziale in Kleinstunternehmen und Haushalten ermöglichen, indem z.B. mit Biomasse betriebene Herde oder Kleinanlagen zur solaren Wassererwärmung in privaten Haushalten finanziert werden. Ein programmbasierter oder sektoraler CDM könnte deshalb auch einen entscheidenden Beitrag zur Verringerung der Energiearmut leisten.

Die Weiterführung des CDM nur in LDC müsste allerdings mit deutlich ambitionierteren Reduktionszielen der Annex-I-Länder sowie Reformen bei der Anrechenbarkeit von Emissionsgutschriften, z.B. aus HFC-23-Projekten, einhergehen. Zur Förderung der Transformation in weniger armen Entwicklungsländern sowie in Schwellenländern sollte kein Mechanismus herangezogen werden, der auf der Anrechnung von dort

erzielten Minderungen auf Reduktionsziele der Industrieländer beruht. Solange diese Staaten keine verbindlichen Emissionsobergrenzen besitzen, die es ermöglichen würden, sie in einen Emissionshandel einzubeziehen, empfiehlt der WBGU, sich auf Finanztransfers zu beschränken. Finanztransfers für die Umsetzung von NAMAs im oben beschriebenen Sinne sollten den CDM insbesondere in Schwellenländern ablösen.

7.3.8.4
Säule 4: Neue Geschäftsmodelle fördern

Die Belastungen aus hohen Anfangsinvestitionen können für einzelne Investoren dadurch reduziert werden, dass die Investitionsbeträge „auf mehrere Schultern verteilt" werden. Dies kann erreicht werden, wenn klassische Käufer-Verkäufer-Modelle in neue Geschäftsmodelle mit neuen Finanzierungs- und Eigentümer-Strukturen überführt werden, welche die Investitionsbarrieren reduzieren und die Anreizstrukturen verändern. Je weiter sich solche Geschäftsmodelle am Markt durchsetzen können und in je mehr Ländern sie etabliert sind, desto größer ist die transformative Wirkung.

Effizienzgewinne ausschöpfen und dabei Anfangsinvestitionen reduzieren

Entsprechende Modelle zeichnen sich beispielsweise dadurch aus, dass den Kunden in verschiedenen Bereichen (u.a. Mobilität, Wohnen, Produktion, Konsum) kombinierte Sach- und Dienstleistungspakete anstelle von reinen Sachleistungen angeboten werden. Die Eigentumsrechte an den Gütern verbleiben beim Anbieter, der sich für eine effiziente Ressourcennutzung und Rückführung der Güter in den Recyclingkreislauf einsetzt. Bereits etabliert haben sich Konzepte wie das Car Sharing im Bereich Mobilität und das Energie-Contracting durch sogenannte Energy Service Companies (ESCO) im Bereich der Energiebereitstellung und Energieeffizienz (Kap. 4.3). Hier bleibt das Eigentum an Sachwerten (z.B. Auto, Heizungsanlage, Energierohstoff) beim Anbieter und die zur Bedürfnisdeckung notwendigen Sachgüter werden von den Nutzern nur gemietet oder geleast oder es findet eine Gemeinschaftsnutzung mit anderen Kunden statt. Kosten entstehen für Kunden vor allem für die tatsächlich genutzte Mobilitäts- oder Energiedienstleistung und nicht für das Vorhalten eines größeren „Pakets" potenziell nutzbarer Dienstleistungen.

Derartige Dienstleistungen bzw. integrierte Produkt-Service Systeme sollten im Zuge der Transformation verstärkt bekannt gemacht und gefördert werden, beispielsweise durch steuerliche Begünstigung. Für die breite Nutzung solcher ergebnis- statt konsumgutorientierten Geschäftsmodelle bei potenziellen Nutzern bedarf es sowohl bei Privatkunden als auch in der Geschäftswelt eines grundlegenden Wertewandels (u.a. in Bezug auf den Statuswert von Konsumgütern).

Genossenschaftliche Finanzierung verstärkt nutzen

Ein weiteres wichtiges Geschäfts- und Finanzierungsmodell für die Transformation ist die genossenschaftliche Finanzierung, die insbesondere zur Installation von Anlagen zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien genutzt werden kann. In Deutschland gibt es dazu bereits Beispiele. Die Finanzierung solcher gemeinsam getragener Anlagen erfolgt über Eigen- und Fremdkapital, zu dem die Genossenschaft eher Zugang hat als Einzelpersonen. In vielen Fällen beteiligen sich auch Genossenschaftsbanken an den Investitionen. Über Einspeisevergütungen können sich solche Energiegenossenschaften refinanzieren. Energiegenossenschaften stellen auch ein Modell für Entwicklungsländer für die Elektrifizierung des ländlichen Raums mit Hilfe erneuerbarer Energien dar. Grundsätzlich kann das genossenschaftliche Finanzierungsmodell auch auf andere Investitionen in klimaverträgliche Technologien angewendet werden.

Um eine durchschlagende Transformationswirkung zu erreichen, müssten solche Geschäftsmodelle aus ihrer Nische heraustreten und sich auf breiter Basis durchsetzen. Dazu sollten die Rahmenbedingungen (z.B. Infrastruktur für Car Sharing) so optimiert werden, dass das Angebot bezüglich Flexibilität, Kosten und Informationsaufwand für sehr viele potenzielle Nutzer hinreichend attraktiv ist. Zudem sollte ein öffentlicher Dialog über Wege in eine klimaverträgliche Gesellschaft, beispielsweise ergänzt durch Ideenwettbewerbe und thematische Foren, ins Leben gerufen werden. So würden Unternehmen und Individuen Anstöße zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle erhalten, welche den Weg in eine klimaverträgliche Zukunft ebnen.

7.3.9
Bündel 9: Internationale Klima- und Energiepolitik stärken

Aufgrund der Langlebigkeit von Infrastrukturen für Energieerzeugung, Transport und Produktion muss deren Um- und Ausbau bereits jetzt weltweit klimaverträglich gestaltet werden, d.h. Klima- und Energiepolitik sollten systematisch verknüpft werden. Der überwiegende Teil des Zubaus an Energieinfrastruktur wird in Entwicklungs- und Schwellenländern erwartet. Ein geographisch auf wohlhabendere Länder begrenzter Klimaschutz kann das Problem daher nicht lösen. Eine globale Kooperation, die die notwendigen Investitionen in eine klimaverträgliche Entwicklung auch in ärmeren

Ländern ermöglicht und die Verfügbarkeit von Klimaschutztechnologien und dem entsprechenden Wissen in allen Ländern gewährleistet, ist also unerlässlich.

Die internationale Klima- und Energiepolitik ist das Forum, um ein globales Einvernehmen über Ziele und Ambition der Transformation zu erzielen. Auch für Verhandlungen über einen globalen Gerechtigkeitsausgleich ist die UN-Ebene alternativlos. Operative Ziele wie die Verbreitung von Wissen und Technologien zum Klimaschutz können zwar teilweise auf subglobaler Ebene vorangetrieben werden, eine Stärkung und Institutionalisierung der fragmentierten internationalen Energiepolitik sowie ihre Verknüpfung mit der Klimapolitik sollten aber systematisch verfolgt werden, um den technologischen Wandel zu beschleunigen.

7.3.9.1 Internationale Klimapolitik nach Kopenhagen und Cancún

Die internationale Klimapolitik, wie sie sich insbesondere seit dem Erdgipfel von Rio de Janeiro 1992 unter dem Dach der Vereinten Nationen entwickelt hat, bildet heute den wesentlichen normativen Rahmen für eine Transformation in eine klimaverträgliche Weltgesellschaft.

Anspruch und Wirklichkeit der internationalen Klimapolitik klaffen jedoch zunehmend auseinander. In den Beschlüssen der 16. Vertragsstaatenkonferenz in Cancún wird die Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung gegenüber dem vorindustriellen Niveau unterhalb von 2 °C als langfristiges Ziel genannt. Desweiteren wird dringender Handlungsbedarf identifiziert sowie ein Überprüfungsprozess initiiert, der sogar die Möglichkeit einer Herabsenkung der Temperaturgrenze auf 1,5 °C beinhaltet (UNFCCC, 2010). Ein effektives Regime mit international bindenden Verpflichtungen zur Emissionsbegrenzung scheint dagegen in weite Ferne gerückt. Selbst das Überleben des Kioto-Protokolls, das derzeit noch knapp 30 % der globalen Treibhausgasemissionen (ohne Landnutzungsänderungen) reguliert, ist alles andere als gesichert. Der Klimaschutz ist derzeit angewiesen auf freiwillige Angebote der Staaten, ihre Emissionen zu begrenzen – verbindlich ist lediglich die internationale Überprüfung der gemeldeten Emissionen (Pledge-and-review-Verfahren). Die gegenwärtig bis zum Jahr 2020 angebotenen Emissionsbegrenzungen reichen aber nicht aus, um die globalen Emissionen auf einen Pfad zu bringen, der eine Einhaltung der 2 °C-Leitplanke erlauben könnte (UNEP, 2010a).

Niedriges Ambitionsniveau: Anspruchsvolle unilaterale Angebote im Rahmen eines Pledge-and-review-Systems

Als absolutes Minimum der zu erreichenden Erfolge in der internationalen Klimapolitik lässt sich die Verschärfung der innerhalb eines Pledge-and-review-Systems von den Staaten angebotenen Emissionsbegrenzungen bis zum Jahr 2020 auf ein Niveau nennen, das mit der Einhaltung der 2 °C-Leitplanke kompatibel ist. Nach UNEP (2010a) wäre eine Begrenzung der globalen Emissionen auf maximal 39–44 Gt CO_2eq im Jahr 2020 notwendig, um die 2 °C-Leitplanke („likely“, d. h. mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als zwei Dritteln) einzuhalten, die derzeit angebotenen Begrenzungen lassen Emissionen von 49–53 Gt CO_2eq erwarten.

Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, dafür Sorge zu tragen, dass die von Deutschland und der EU in einem Pledge-and-review-System unilateral angebotenen Minderungen sowie Zugeständnisse im Bereich der Finanz- und Technologietransfers sich an einem Gerechtigkeitsschema ausrichten. Orientiert man sich grob am vom WBGU vorgeschlagenen Budgetansatz (WBGU, 2009b), könnte man argumentieren, dass jedem Staat im Jahr 2020 der Anteil an den erlaubten Emissionen zustünde, der seinem Anteil an der Weltbevölkerung im Jahr 2010 entspricht. Deutschland mit 1,2 % der Weltbevölkerung im Jahr 2010 stünden also beispielsweise 0,53 Gt CO_2eq von insgesamt 44 Gt CO_2eq zu. Deutschland müsste also theoretisch seine Emissionen gegenüber 1990 (damals lagen seine Emissionen bei 1,2 Gt CO_2eq) um 56 % senken, um innerhalb dieses Schemas seinen gerechten Anteil an der Minderung zu erbringen. Dies könnte sich etwa zusammensetzen aus Emissionsminderungen von 40 % im Inland (inklusive offsets bzw. CDM) sowie Zusagen im Bereich des Finanz- und Technologietransfers, die zusätzlich Minderungen von jährlich 0,2 Gt CO_2eq in anderen Ländern erlauben könnten. Bei angenommenen Minderungskosten von 20–40 € pro t CO_2eq müsste Deutschland im Jahr 2020 dann also Finanz- und Technologietransfers für den Bereich Mitigation im Gegenwert von mindestens 4–8 Mrd. € jährlich leisten, etwa über den Green Climate Fund.

Für die EU mit 7,2 % der Weltbevölkerung wäre der theoretisch gerechte Anteil an den Emissionen von 44 Gt CO_2eq im Jahr 2020 3,2 Gt CO_2eq, was einer Reduktion der Emissionen um ca. 40 % gegenüber 1990 (da lagen die Emissionen bei 5,37 Gt CO_2eq) bedeuten würde. Dies könnte etwa als Emissionsminderung um 30 % innerhalb der EU zuzüglich jährlicher Finanz- und Technologietransfers im Gegenwert von 11–22 Mrd. € für Mitigation interpretiert werden. Die genannten Summen beziehen sich allein auf das Thema Mitigation. Deutschland und die EU wären damit aus Sicht des

WBGU noch nicht von ihrer Pflicht entbunden, auch einen Beitrag im Sinne von Finanz- und Technologietransfers für Anpassung (und möglicherweise Kompensation für Klimaschäden) zu leisten.

Um das Globalziel nicht zu gefährden, müssten im Gegenzug die Länder mit noch niedrigen Emissionen, die sich aber auf einem Wachstumspfad befinden, d.h. derzeit massiv in den Ausbau der Energieinfrastruktur investieren müssen, einen emissionsintensiven Ausbaupfad vermeiden. Vor allem bedeutet dies, dass diese Länder bereits bis 2020 Entwicklungspfade anstreben müssen, deren Emissionen deutlich unterhalb derer liegt, die sich aus einer Pro-Kopf-Verteilung der oben genannten 44 Gt CO_2eq im Jahr 2020 ergeben würde. Dies sollte durch die Finanz- und Technologietransfers der Hochemissionsländer unterstützt werden.

Die in den Ländern physisch durchgeführten Emissionsminderungen sollten sich grundsätzlich an den Minderungspotenzialen ausrichten: Um in einem fragmentierten Minderungsregime, wie es sich bei einem Pledge-and-review-Verfahren ergibt, dennoch die global notwendigen Minderungen zu erreichen ohne die global aggregierten Minderungskosten zu stark in die Höhe zu treiben, ist es notwendig, dass alle Staaten Rahmenbedingungen schaffen, die das Erschließen ihrer Minderungspotenziale erlauben. Hierzu ist insbesondere die Entwicklung von Dekarbonisierungsfahrplänen geeignet: Solche Pläne sollten Bedingung für den Zugang zu Mitteln für Mitigation aus dem Green Climate Fund sein.

Von hoher Bedeutung ist, dass keine Doppelzählungen vorgenommen werden: Minderungen, die etwa von einem Industrieland bezahlt aber in einem Entwicklungsland erbracht werden, dürfen natürlich nur einem der Länder zugerechnet werden, da sonst ein Vergleich zwischen den von einzelnen Ländern angebotenen Emissionsbegrenzungen und den global notwendigen Begrenzungen nicht möglich ist. Ein weiteres Problem könnte entstehen, wenn Staaten, die unter dem Kioto-Protokoll Minderungsverpflichtungen hatten und dieses übererfüllt haben, diese nicht genutzten Emissionsrechte ihren angebotenen Emissionsbegrenzungen hinzurechnen. Das Ausmaß der Anrechnung solcher Surplus-Emissionsberechtigungen auf die nationalen Minderungsangebote muss beim Abgleich mit dem globalen Ambitionsniveau berücksichtigt werden, gleiches gilt für die Anrechnung von Minderungen aus dem Landnutzungsbereich (UNEP, 2010a).

Unbedingt notwendig ist auch die Ausarbeitung eines längerfristigen globalen Emissionsziels. Die Erarbeitung eines solchen Ziels für 2050 wurde in Cancún beschlossen. Deutschland und die EU sollten sich hier aktiv beteiligen und sich dafür einsetzen, dass die Erarbeitung dieses Ziels auf Grundlage neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt.

Ein solches Regime wäre aufgrund der fehlenden internationalen Verbindlichkeit fragil in Bezug auf die Erreichung des 2 °C-Ziels, und es wäre fraglich, ob etwa die USA ihr unzureichendes Ambitionsniveau bei der nationalen Emissionsminderung durch ausreichend hohe Zusagen beim Finanz- und Technologietransfer ergänzen würden. Dennoch sollten Deutschland und die EU voranschreiten und Minderungen sowie Finanz- und Technologietransfers anbieten, die dem oben aufgezeigten Ambitionsniveau entsprechen.

Mittleres Ambitionsniveau: Vorreiterkoalitionen für verbindlichen Klimaschutz eingehen

Nicht zuletzt der Cartagena Dialogue for Progressive Action, bei dem sich eine Gruppe progressiver Staaten über Möglichkeiten eines international ambitionierten und verbindlichen Klimaschutzes austauscht, zeigt die Bereitschaft vieler Staaten, im internationalen Klimaschutz über ein Pledge-and-review-Verfahren hinauszugehen. Diese Dynamik sollte genutzt werden, um ambitioniertere Teilabkommen zum Klimaschutz zu schließen. Die EU sollte hier eine aktive Rolle spielen, und Koalitionen sowohl im Rahmen des UN-Verhandlungsprozesses als auch außerhalb vorantreiben. Eine wichtige Rolle können bi- und plurilaterale Vorreiterallianzen etwa beim Thema Waldschutz einnehmen (Kap. 7.3.7; WBGU, 2010), beim Aufbau klimaverträglicher Infrastrukturen (Kap. 7.3.4) sowie bei der Etablierung von Emissionshandelssystemen (Kap. 7.3.2). Der WBGU geht davon aus, dass solche Vorreiterallianzen eine transformative Dynamik entfalten, die sich auch positiv auf den UN-Prozess auswirkt. Sie können die Bereitschaft der Staaten zu verbindlichen multilateralen Zusagen erhöhen, da sie die Umsetzbarkeit von Emissionsminderungen demonstrieren und für die Staaten berechenbarer machen. Zudem können Erfahrungsaustausch und Kooperation bei der Erarbeitung nationaler Dekarbonisierungsstrategien eine solche katalytische Wirkung entfalten.

Die EU sollte über diese Allianzen hinaus aber auch verstärkt Koalitionen für ein verbindliches Abkommen im Rahmen der UNFCCC suchen. Neben der unkonditionierten Verschärfung der eigenen Minderungsziele sollte sie auch ein deutliches Bekenntnis für eine Weiterführung des Kioto-Protokolls abgeben, nicht ohne jedoch eine Weiterentwicklung und das Schließen von Schlupflöchern zur Bedingung zu machen. Eine Weiterführung des CDM für Schwellenländer hält der WBGU für nicht zielführend. Vielmehr sollte eine Vereinbarung gesucht werden, bei der Finanz- und Technologietransfers für Schwellenländer an die verbindliche Ausarbeitung umfassender Strategien zur klimaverträglichen Entwicklung gekoppelt sind. Die EU sollte ver-

stärkt den Dialog mit progressiven Schwellenländern suchen, um in diesem Punkt eine möglichst große Verbindlichkeit zu erreichen. Eine besondere Rolle könnte dabei Südafrika als Gastgeber des nächsten Klimagipfels im Dezember 2011 spielen sowie Brasilien, das die Rio+20-Konferenz im Mai 2012 beherbergen wird.

Hohes Ambitionsniveau: Umfassendes internationales Klimaschutzregime anstreben

Fluchtpunkt der internationalen Klimapolitik sollte ein umfassendes, bindendes Abkommen zur globalen Emissionsbegrenzung sein. Für Kohlendioxid aus fossilen Quellen, dem im Klimaschutz die langfristig entscheidende Rolle zukommt, sollte ein mit der 2 °C-Leitplanke kompatibles maximales globales Emissionsbudget festgelegt werden, sowie Meilensteine eines globalen Emissionspfads, der die Einhaltung dieses Budgets erlaubt (WBGU, 2009b). Der WBGU hat eine Lastenteilung vorgeschlagen, die sich an einer gleichen Pro-Kopf-Aufteilung der noch zulässigen Emissionen orientiert. Die Staaten sollten sich verpflichten, international überprüfbare Dekarbonisierungsfahrpläne vorzulegen, die den geplanten nationalen Emissionspfad bis 2050 darlegen. Idealerweise sollte die Umsetzung unter Verwendung flexibler Mechanismen erfolgen, um Möglichkeiten der Kostenoptimierung zu nutzen (Kap. 7.3.2). Da aber bis 2050 global schon eine weitgehende Dekarbonisierung der Energiesysteme erfolgt sein sollte (Kap. 4), reduzieren sich die Möglichkeiten der Aufrechnung (offsetting) bzw. der Substitution eigener Minderungsanstrengungen durch Zukauf von Emissionsrechten im Verlauf der Zeit immer weiter. Spätestens ein global dekarbonisiertes Energiesystem erfordert, dass auch in jedem einzelnen Land das Energiesystem dekarbonisiert ist. Da ein Umbau von Energiesystemen aber Zeit erfordert (UNEP, 2010a), sind nationale Dekarbonisierungsfahrpläne, die auf Pfadabhängigkeiten in Infrastrukturentscheidungen Rücksicht nehmen, von hoher Bedeutung. Insbesondere der Ausbau erneuerbarer Energien ist auch auf staatliche Planung angewiesen, etwa beim Ausbau transkontinentaler Netze und Systeme zum Fluktuationsausgleich (Kap. 4).

Für andere Treibhausgase sowie für CO_2 aus nicht fossilen Quellen könnten separate Regelungen zielführender sein. Die mit der terrestrischen Biosphäre verbundene CO_2-Dynamik unterscheidet sich in vielen grundlegenden Aspekten – etwa Messbarkeit, Reversibilität, langfristige Kontrollierbarkeit, zwischenjährliche Schwankungen – erheblich von den CO_2-Flüssen in Verbindung mit der Nutzung von Kohle, Erdöl oder Erdgas (WBGU, 2009a). Deshalb schlägt der WBGU seit vielen Jahren vor, ein separates völkerrechtliches Abkommen zum Schutz terrestrischer Kohlenstoffspeicher zu schaffen (WBGU, 2003). Hier sollten rasch greifende Maßnahmen, die den Stopp der Entwaldung in Entwicklungsländern zum Ziel haben, Priorität genießen. Die bisher im Kioto-Protokoll geregelten fluorierten Treibhausgase könnten in einer Sondervereinbarung nach dem Vorbild des Montreal-Protokolls behandelt werden, was ihre Minderung einfacher und schneller bewirken könnte (WBGU, 2009b). Für bisher nicht im Kioto-Protokoll geregelte kurzlebige klimawirksame Stoffe, etwa Rußpartikel und ozonbildende Gase, könnten gesonderte Vereinbarungen mit Bezug zu nationalen Luftreinhaltemaßnahmen getroffen werden.

Ein solches global verpflichtendes Minderungsregime wird allerdings nur dann durchsetzbar sein, wenn es sich an den grundlegenden Gerechtigkeitsprinzipien der UNFCCC orientiert, und auch der Anpassung an den unvermeidlichen Klimawandel eine hohe Bedeutung eingeräumt wird.

7.3.9.2 Internationale Energie- und Technologiepolitik

Die wichtigsten Säulen der globalen Transformation der Energienutzung in Richtung Klimaverträglichkeit sind erstens die Begrenzung der Energienachfrage bei gleichzeitiger Gewährleistung des Zugangs zu Energie für alle Menschen, zweitens die Dekarbonisierung der Energieversorgung, insbesondere der Stromerzeugung, sowie drittens die Einführung neuer klimaverträglicher Technologien im Transportsektor, in der Gebäudetechnologie und in der Industrie. Alle drei Bereiche sollten durch internationale Kooperation entscheidend vorangetrieben werden. Ein wichtiger Ansatzpunkt für internationale Energie- und Technologiepolitik ist die Normen- und Standardsetzung. Internationale Kooperation kann darüber hinaus die Technologieentwicklung beschleunigen: Viele Schlüsseltechnologien befinden sich noch in der Entwicklungs- und Erprobungsphase, z. B. im Bereich der Elektromobilität oder CCS. Schließlich spielt Kooperation auch eine wichtige Rolle bei der Beseitigung von Hemmnissen für eine globale Diffusion von Technologien für eine klimafreundliche Entwicklung. Bestandteil solcher Kooperationen sind nicht nur rein technologisches Wissen, sondern auch das viel breitere Wissen über die Schaffung der Rahmenbedingungen und Vorraussetzungen, die eine Diffusion klimaverträglicher Technologien erst möglich machen.

Die Vorraussetzungen einer effektiven globalen Energiepolitik zur Transformation sind derzeit nicht vorhanden, es mangelt an rechtlichen und institutionellen Grundlagen. Der WBGU empfiehlt, bestehende Organisationen zu nutzen, um eine globale nachhaltige Energie-Governance schrittweise zu institutionalisieren.

Niedriges Ambitionsniveau: IEA öffnen, IRENA konsolidieren und stärken

Mit der Internationalen Energieagentur (IEA) gibt es eine einflussreiche internationale Energieinstitution. Deren Mitgliedschaft, Rolle und energiepolitische Zielsetzung in Richtung einer nachhaltigen Energiepolitik waren jedoch bisher begrenzt. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass die inhaltliche Ausrichtung der IEA in Richtung nachhaltiger Energieformen und -systeme verstärkt, Methoden transparenter gemacht und der Öffnungsprozess in Richtung Nicht-OECD-Länder weiterverfolgt und intensiviert wird. 2009 wurde mit der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) eine neue Organisation zur Förderung erneuerbarer Energien in Industrie- und Entwicklungsländern gegründet. IRENA kann zukünftig eine wichtige Aufgabe zur Förderung und Verbreitung erneuerbarer Energien und entsprechender Industrien erfüllen. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, den Aufbau der Organisation weiter engagiert zu unterstützen und sich intensiv dafür einsetzen, dass IRENA weltweit eine hohe Bedeutung in Energiefragen zukommt, um auf Augenhöhe und in Kooperation mit bestehenden Organisationen und der Zivilgesellschaft den Ausbau erneuerbarer Energien voranzubringen.

Mittleres Ambitionsniveau: UN-Energy aufwerten

Die Verbindung von Energiepolitik und entwicklungspolitischen Zielen wurde auf globaler Ebene lange vernachlässigt. Mit bestehenden Programmen und Organisationen der UN konnten bislang nur schwache nachhaltige energiepolitische Akzente gesetzt werden. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung, sich für eine Stärkung von UN-Energy als koordinierende Plattform (inter-agency mechanism) im UN-System einzusetzen und die Organisation auf die Ebene eines Programms zu heben. Das von der UN-Vollversammlung für 2012 beschlossene „Internationale Jahr für nachhaltige Energie für alle Menschen" sollte von der Staatengemeinschaft zum Anlass genommen werden, das Ziel eines Zugangs aller Menschen zu modernen Energiedienstleistungen bis 2030 als zusätzliches Millenniumsentwicklungsziel festzulegen (Kap. 7.3.5).

Hohes Ambitionsniveau: IRENA zur zentralen Organisation für globale nachhaltige Energiepolitik aufbauen

Um die globale Transformation der Energiesysteme voranzutreiben, bedarf es einer starken internationalen Energiebehörde. Das Mandat von IRENA sollte dahingehend erweitert werden, dass es die Gesamtheit der Energiesysteme und klimaverträglichen Energieoptionen einschließlich Fragen der Systemintegration sowie die Energieeffizienz auf der Nachfrageseite umfasst. Schrittweise könnte IRENA dann in Richtung einer, vom WBGU (2003) angeregten, Internationalen Organisation für nachhaltige Energie entwickelt werden. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung sich intensiv dafür einsetzen, dass IRENA langfristig zu einer der zentralen Organisationen im Bereich der internationalen nachhaltigen Energiepolitik wird.

Hohes Ambitionsniveau: G20 als Motor nachhaltiger Energie- und Klimapolitik nutzen

Angesichts der Dringlichkeit der globalen Energiewende muss erheblich mehr politische Handlungsbereitschaft und Führungskraft mobilisiert werden. Der G20 kommt als Allianz der wirtschaftlich und politisch führenden Industrie- und Schwellenländer und ihrer Relevanz für den globalen Klimaschutz (G20 ist für ca. 80 % des globalen Treibhausgasausstoßes verantwortlich) eine herausragende Rolle zu. Die Bundesregierung sollte sich als wichtiges Mitglied dieses Forums dafür stark machen, dass die G20 offensiv eine nachhaltige energiepolitische Agenda vorantreibt und die institutionellen Grundlagen für eine effektive globale Kooperation schafft.

7.3.10 Bündel 10: Internationale Kooperationsrevolution anstreben

Die theoretischen wie normativen Erfordernisse an Global Governance sind bereits bekannt (Kap. 5). Auf der Grundlage der im vorliegenden Gutachten untermauerten Einsichten und mit einem klaren Bekenntnis zu mehr internationaler Kooperation empfiehlt der WBGU folgende Punkte:

1. Die Chance der UN-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung (UNCSD, Rio+20-Konferenz) sollte genutzt werden, um die Weichen der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik in Richtung verbesserter Kooperation und Klimaverträglichkeit zu stellen (Kap. 7.3.10.1).
2. Es sollte der Weg für eine umfassende kooperative Global-Governance-Architektur bereitet werden, ohne die eine weltweite Transformation zur Nachhaltigkeit nicht gelingen kann (Kap. 7.3.10.2).

7.3.10.1 Internationale Umwelt- und Entwicklungspolitik im Kontext der Rio+20-Konferenz

Die für 2012 einberufene Rio+20-Konferenz bietet eine auf absehbare Zeit einmalige Gelegenheit zur Weiterentwicklung der internationalen Umwelt- und Entwicklungspolitik. Vor dem Hintergrund der beiden

für die Konferenz von den UN-Mitgliedstaaten einvernehmlich benannten Schwerpunktthemen „Green Economy in the Context of Sustainable Development and Poverty Eradication“ und „Institutional Framework for Sustainable Development“ empfiehlt der WBGU mit steigendem Ambitionsniveau:

1. Die Verabschiedung einer übergreifenden „Green Economy Roadmap“ und einschneidende institutionelle Reformen im Rahmen der Vereinten Nationen,
2. eine grundlegende Ausrichtung der multilateralen Umwelt- und Entwicklungspolitik auf die Transformation,
3. eine Runderneuerung der Vereinten Nationen („Vereinte Nationen 2.0“).

Niedriges Ambitionsniveau: Green Economy Roadmap und institutionelle Reformen verabschieden

In Reaktion auf die globale Finanz- und Wirtschaftskrise hat das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) einen „Global Green New Deal“ angeregt und im Rahmen der Vereinten Nationen eine Green Economy Initiative angestoßen. Mit dem „Green Economy Report“ legte das UNEP (2011) der Rio+20-Konferenz nun umfassende Empfehlungen zu einer „grünen“ Neuorientierung der Weltwirtschaft im Sinne umwelt- und klimaverträglichen Wirtschaftens und insbesondere einer Dekarbonisierung der weltweiten Energiesysteme vor. Die internationale Staatengemeinschaft verfügt damit in Rio über eine angemessene und zeitgerechte Beratungs- und Entscheidungsgrundlage.

Der WBGU warnt in diesem Zusammenhang davor, die Fehler des Rio-Gipfels von 1992 und der nachfolgenden Debatten um die Interpretation von „Nachhaltiger Entwicklung“ zu wiederholen: Die internationale Diskussion um Konzept und Definition von „Green Economy“ darf nicht in politischen Eskapismus münden, der hinter das in der Agenda 21 verankerte dreidimensionale Verständnis nachhaltiger Entwicklung zurückfällt. Im Gegenteil sollte der Gipfel die „Green Economy“-Programmatik unverzüglich in verbindliche Beschlüsse über konkrete Zielvorgaben übersetzen und so das 1992 bereits geleistete Bekenntnis der Staatenwelt zu nachhaltiger Entwicklung wiederbeleben und verstärken.

Die Staaten sollten daher in Rio eine verbindliche „UN Green Economy Roadmap“ mit spezifischen inhaltlichen wie zeitlichen Zielvorgaben beschließen, die bis 2030 im Rahmen nationaler Green Economy Strategien mit überprüfbaren Indikatoren umzusetzen ist. Diese sollten neben einem transformationsfreundlichen Policy-Mix insbesondere auch Strategien zur Bepreisung von CO_2 enthalten (Kap. 5.2, 7.3.2). Die nationalen Einzelstrategien sollten sich dabei am Prinzip der „gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten“ orientieren und Ressourcenausstattung und Kapazitäten angemessen berücksichtigen. Konkrete, quantifizierbare Ziele und Unterziele, wie sie sich für die Millenniumsentwicklungsziele (MDG) bewährt haben, sollten dabei prioritär für den Umbau der Energiesysteme sowie Fragen der Stadtentwicklung und der nachhaltigen Landnutzung definiert werden.

Die dazu auf nationaler Ebene erforderlichen Rahmenbedingungen werden in vielen Staaten nicht ohne die Bereitstellung erheblicher finanzieller Mittel und technischer Expertise zu schaffen sein. Dies ist bei Verabschiedung einer solchen Roadmap angemessen zu berücksichtigen. Den Staaten, die sich schließlich zur Umsetzung der Roadmap und ihr entsprechender nationaler Strategien und Aktionspläne bekennen, sollten die Vereinten Nationen in Kooperation mit der Weltbank, den regionalen Entwicklungsbanken und den Akteuren der bilateralen Entwicklungszusammenarbeit länderspezifisch maßgeschneiderte Beratungs- und Unterstützungsleistungen anbieten.

Flankierend sollten die internationale Agenda zur Armutsbekämpfung und speziell die weitere Umsetzung der MDG so mit der übergeordneten Green Economy Roadmap verzahnt werden, dass ihre einzelnen Ziele und Unterziele explizit an den Erfordernissen einer umwelt- und klimaverträglichen Zielerreichung ausgerichtet werden können. Eine Bekämpfung der Energiearmut durch erneuerbare Energien sowie eine verbesserte Ernährungssicherheit durch Produktionssteigerungen vermittels nachhaltiger Agrartechniken bieten hierfür zentrale Ansatzpunkte. Ein dauerhaftes Nebeneinander einer konventionellen Entwicklungsagenda mit einer ernst gemeinten Green Economy Roadmap müsste hingegen selbst auf niedrigem Ambitionsniveau als widersprüchlich gelten.

Die Umsetzung der UN Green Economy Roadmap und der regelmäßigen Überprüfung ihrer Zielerreichung sollten zudem durch überfällige institutionelle Reformen unterstützt werden. Die Rio+20-Konferenz bietet die auf lange Sicht einmalige Gelegenheit, das mangelhafte Ambitionsniveau der kleinteiligen bisherigen Reformbemühungen zu überwinden. Der WBGU erneuert diesbezüglich seine Empfehlung, das UNEP durch eine neu zu gründende Umweltsonderorganisation mit weit reichenden Befugnissen zu ersetzen oder das UNEP selbst zu einer handlungsfähigen Weltorganisation auszubauen und aufzuwerten.

Der entwicklungspolitischen Dimension internationaler Umweltpolitik muss dabei besonderes Augenmerk gelten. Die Implementierung des bereits 2005 verabschiedeten Bali-Strategieplans bietet hierzu gleichermaßen eine Messlatte für die Glaubwürdigkeit der Industrieländer und einen Hebel, um Reformwilligkeit

und Handlungsfähigkeit der Entwicklungsländer zu vergrößern (Kap. 5.4.4.4). Damit einhergehend bietet die Rio+20-Konferenz vor dem Hintergrund der Diskussion um Green Economy eine besondere Chance, auch grundsätzlichere Reformen der entwicklungspolitischen Architektur der Vereinten Nationen zu erörtern und entsprechende Entscheidungen vorzubereiten. Versäumten die Staaten die Chance, auf dem Gipfel konkrete Reformentscheidungen herbeizuführen, würde die ebenso explizite wie einvernehmliche Schwerpunktsetzung auf institutionelle Rahmenbedingungen vor den Augen der Weltöffentlichkeit ad absurdum geführt.

Mit einer organischeren Verzahnung umwelt- und entwicklungspolitischer Institutionen bietet sich zudem die Chance, der eindimensionalen Sicht auf die Vereinten Nationen als Dienstleister multilateraler Entwicklungszusammenarbeit eine breitere Perspektive entgegen zu setzen, die die transformationspolitischen Hebelpotenziale multilateraler Organisation betont. Der WBGU empfiehlt der Bundesregierung darauf hinzuwirken, dass die multilateralen Akteure der Entwicklungspolitik ihre operativen Strategien kohärent an den Erfordernissen umwelt- und klimaverträglicher Entwicklung ausrichten, ihre Ressourcen vor allem in den transformationsrelevanten Sektoren Energie, Stadtentwicklung und Landnutzung bündeln und entsprechende Zielvorgaben effizient umsetzen (Kap. 5.4.5).

Dabei sollte den entsprechenden multilateralen Organisationen angemessene politische und finanzielle Unterstützung gewährt sowie die Förderung konventioneller Entwicklungsprogramme, die den energie- und flächenintensiven Status quo konservieren, zurückgefahren und sukzessive eingestellt werden. Eine rasche und konsequente Ausrichtung der Entwicklungspolitiken der EU-Mitgliedstaaten und der EU-Kommission an diesem Zielsystem würde die klimapolitische Pionierrolle Europas deutlich stärken.

Mittleres Ambitionsniveau: Multilaterale Umwelt- und Entwicklungspolitik grundlegend reformieren

Das weiter reichende Ziel wäre eine umfassende Umgestaltung der Umwelt- und Entwicklungsarchitektur der Vereinten Nationen und weiterer multilateraler Entwicklungsorganisationen im Sinne einer transformationsfreundlichen Reorganisation. Die Rio+20-Konferenz böte der Bundesregierung und der EU die Möglichkeit, unverzüglich einen Prozess anzustoßen, der den Umbau und die Ausrichtung der großen operativen internationalen Entwicklungsagenturen (Weltbank, Regionalbanken, UNDP, UNIDO usw.) gemäß den Zielen der Transformation verfolgt.

Der WBGU schließt sich dabei im Grundsatz den 2006 vorgelegten Reformempfehlungen der unter UN-Generalsekretär Kofi Annan eingerichteten Hochrangigen Gruppe über systemweite Kohärenz auf dem Gebiet der Entwicklung, der Humanitären Hilfe und der Umwelt („Eine UNO") an, die bislang nur unzureichend umgesetzt wurden. Sie sollten konsequenter als bisher verfolgt und dabei explizit an den Erfordernissen der Green Economy Roadmap und einer umwelt- und klimaverträglichen Entwicklungspolitik ausgerichtet werden. Die Rio+20-Konferenz bietet hier die absehbar beste Gelegenheit, Partikularinteressen einzelner Sonderorganisationen und Programme mit jeweils gleicher oder zumindest sehr ähnlicher Mitgliederstruktur durch autoritative Entscheidungen des Gipfels auf höchster internationaler Ebene zu überwinden.

Systemweite Kohärenz im Sinne einer umwelt- und klimaverträglichen Transformation verlangt darüber hinaus, die offensichtlichen Governance-Lücken in den für die Transformation zentralen Politikfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung im Sinne effektiver Mehrebenenpolitik auch auf internationaler Ebene zu schließen und zugleich transformationshemmende und kostenträchtige Parallelstrukturen abzubauen (Kap. 5.4.5). Entsprechend sollten die in Rio versammelten Staaten die Verwaltungsorgane der einschlägigen multilateralen Organisationen beauftragen, konkrete Umstrukturierungspläne für ihren jeweiligen Apparat zu erarbeiten und den Mitgliedstaaten binnen zwei Jahren zur Entscheidung vorzulegen. Ein von den globalen Systemrisiken ausgehender Ansatz, wie ihn etwa die Palais-Royal-Initiative im Kontext der globalen Finanzkrise zur Reform des Weltwährungssystems vorgeschlagen hat, scheint hier eine geeignete Vorgehensweise (Kap. 5.4.4.2).

Handlungsleitender Maßstab der Umstrukturierungen sollte analog zu der für die nationale Handlungsebene vorgeschlagenen Klimagesetzgebung jeweils die 2 °C-Leitplanke der internationalen Klimapolitik sein. Multilaterale Entwicklungsorganisationen, die sich außer Stande sehen dem zu entsprechen, verlören dieser Reformlogik folgend ihre Daseinsberechtigung. Im Umkehrschluss wären gänzlich neue Organisationen zu schaffen, wenn der für die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke notwendige globale Kooperations- und Regelungsbedarf absehbar nicht im Rahmen der vorgeschlagenen Reorganisation bereits bestehender internationaler Organisationen zu erreichen wäre.

Der skizzierte Fahrplan erlaubte es, bis 2015 Armutsorientierung und Klimaverträglichkeit in der internationalen Entwicklungs-, Energie- und Umweltpolitik systematisch miteinander zu verzahnen. Derartige zwischenstaatliche Reformfahrpläne flankierend sollten die Mitgliedstaaten der betroffenen internationalen Organisationen, speziell die Hauptbeitragszahler unter ihnen, ihre nationalen Politiken und regionalen

Prozesse ändern und sich auf entsprechende Reformpläne zur Reorganisation ihrer bi- und multilateralen Entwicklungszusammenarbeit, ihrer Energiekooperation und ihrer Außenwirtschaftspolitik verpflichten.

Hohes Ambitionsniveau: Vereinte Nationen 2.0 anstreben

Gemessen an den dargestellten Herausforderungen der globalen Umwelt- und Entwicklungskrise spricht aus Sicht des WBGU vieles für einen noch sehr viel radikaleren Ansatz, der über die gegebene Organisation der Vereinten Nationen hinausreichen und diese grundlegend neu ordnen würde. Politisch erscheint dies gegenwärtig nicht darstellbar, da hierfür eine von Einsicht in globale Notwendigkeiten geleitete politische Führerschaft vorausgesetzt wäre, insbesondere seitens der ständigen Mitglieder des Weltsicherheitsrates sowie weiterer westlicher Industrieländer und der aufstrebenden Schwellenländer. Wäre dies der Fall, sollte eine Reform an den Grundlagen der UN-Charta ansetzen und auf eine runderneuerte Organisation der Vereinten Nationen hinwirken. Deren Ziel wäre es, die Berücksichtigung der planetarischen Leitplanken durchgängig zu einem handlungsleitenden Motiv zu erheben, dessen universelle Verfolgung Umwelt- und Klimaschutz zur Stabilisierung des Erdsystems ebenso gewährt wie Frieden, Sicherheit und Entwicklung.

Wenn die Rio+20-Konferenz sich zumindest zu einer derartigen Vision bekennen würde, könnte sie einen zwischenstaatlichen Beratungsprozess anstoßen, an dessen Ende eine substanzielle Ergänzung der UN-Charta von 1945 stünde, wie sie etwa einem Verfassungszusatz zum Klimaschutz auf nationaler Ebene entspräche. Es wäre dies die völkerrechtlich kodifizierte Entsprechung eines globalen Gesellschaftsvertrags, auf dessen Grundlage sich zeitgemäße Reformen der Hauptorgane der Vereinten Nationen – etwa die Schaffung eines dem Sicherheitsrat ebenbürtigen und die Staatenwelt des 21. Jahrhunderts reflektierenden UN-Rats für Nachhaltige Entwicklung – ableiten ließen und der dem normativen Bedarf nach einer globalen Wir-Identität formal Ausdruck verleihen würde. Die Koevolution des internationalen Menschenrechtsschutzes und der universellen Erklärung der Menschenrechte zeigen, dass derartige globale Visionen durchaus konkrete Veränderungen in der realen Welt zeitigen können.

7.3.10.2 Umfassende Global Governance als Meta-Hebel der Transformation

Die globale Transformation in eine umwelt- und klimaverträgliche Weltgesellschaft kann nicht gelingen, wenn sie sich auf die in einem engen Sinne definierten Politikfelder Umwelt und Entwicklung beschränkt. Vielmehr sind ein generell hohes Niveau an internationaler Kooperation, globaler Koordination und politischer Steuerung zentrale Erfolgsbedingungen für die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft. Ohne umfassende, langfristig orientierte und auf eine gerechte Weltordnung zielende zwischenstaatliche Kooperation wird die notwendige Trendumkehr im Sinne der Transformation daher nicht zu erreichen sein. Der WBGU skizziert nachfolgend mit steigendem Ambitionsniveau drei Schritte auf dem Weg zu der erforderlichen globalen Kooperationsrevolution.

Niedriges Ambitionsniveau: Multilateralismus wiederbeleben

Mangelnde Kooperation in zentralen Fragen des globalen Umwelt- und Klimawandels muss nahezu zwangsläufig zu einer Zuspitzung der dadurch berührten Verteilungs- und Interessenkonflikte führen, was wiederum die konstruktive Bearbeitung jedweder grenzüberschreitender Probleme zusätzlich erschwert. Die Schlüsselakteure der Weltpolitik, namentlich die USA, die EU und China sowie ein im wesentlichen der G20 entsprechender erweiterter Kreis von Staaten, sollten daher kurzfristig zu einem Modus internationaler Diplomatie finden, der es ihnen zumindest erlaubt, die Zuspitzung offenkundiger Interessenkonflikte zu verhindern.

Aus Sicht des WBGU bieten die G20 grundsätzlich eine geeignete Akteurskonstellation, um im Sinne eines konstruktiven Multilateralismus überkommene und verkrustete Strukturen internationaler Kooperation zu überwinden und über die globale Wirtschafts- und Finanzpolitik hinaus aktiv zu werden. Als handlungsmächtiger Mikrokosmos der Weltregionen können sie den inklusiveren UN in transformationsrelevanten Politikfeldern wie speziell der Energiepolitik, der globalen Landnutzung sowie der weltweiten Urbanisierung zeitgerecht angemessene Ziele vorschlagen und handlungsleitende Impulse geben. Die in der G20 versammelte Ländergruppe trägt zudem nicht nur eine hohe klimapolitische Verantwortung, sondern verfügt auch über entsprechend große Transformationspotenziale.

Der WBGU empfiehlt daher, im Rahmen der G20 oder einer vergleichbaren subglobalen Konstellation einen Fahrplan zu beschließen, der globale Weichen in Richtung einer klimaverträglichen Transformation stellt. Um Glaubwürdigkeit und Output-Legitimität zu demonstrieren, müsste ein solcher Fahrplan noch in dieser Dekade erarbeitet und umgesetzt werden. Er sollte die G20 kurzfristig zu konkreten Beschlüssen führen, die eine dezidiert globale Problemsicht reflektieren und deren Maßstab mindestens das G20-Krisenmanagement angesichts der globalen Finanzkrise sein sollte. Um schließlich die gesamte internationale Staa-

tengemeinschaft in diesem Sinne anleiten, motivieren und mobilisieren zu können, müssten die führenden Staaten dabei zwingend auch die Interessen kleiner und armer Entwicklungsländer glaubwürdig berücksichtigen und diese nicht bevormunden. Die Bundesregierung und die EU sollten diesbezüglich gleichermaßen auf ein hohes Ambitionsniveau in der Sache und ein verbindliches und vermittelndes Auftreten gegenüber dem „Rest der Welt" hinwirken. Gelingt dies, könnten die G20 sogar zum Motor einer zeitgemäßen Modernisierung des UN-Systems insgesamt werden.

Mittleres Ambitionsniveau: Global Governance für transformative globale Infrastrukturentwicklung verbessern

Klimaverträgliche Entwicklungsprozesse müssen weltweit in einer Vielzahl von Wirtschaftssektoren beschleunigt werden. Wie die vorliegende Studie zeigt, sind dabei drei grundlegende „Infrastrukturen" zentral: Energiesysteme, urbane Räume und Landnutzungssysteme. Die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke ist nur möglich, wenn bis 2020 in diesen drei Basisstrukturen der globalen Ökonomie die Weichen in eine klimaverträgliche Richtung gestellt werden. Energiepolitik, Landnutzungsmanagement und Stadtentwicklung finden einerseits primär auf nationaler Ebene statt, andererseits ist ein weltweiter klimaverträglicher Umbau dieser drei Kernsektoren der Weltwirtschaft in sehr kurzer Zeit ohne internationale Abstimmungsprozesse nicht darstellbar.

Dies ist eine völlig neue Herausforderung für die internationale Gemeinschaft, denn Global-Governance-Mechanismen zur weltweiten Ausrichtung der Infrastrukturen in den drei Transformationsfeldern existieren bisher nicht. In allen drei Feldern geht es also darum, globale und nationale Transformationsziele festzulegen bzw. nationale und globale Transformationskorridore zu entwickeln und Indikatoren zu bestimmen, auf deren Grundlage Entwicklungsfortschritte überprüft, entsprechende Überwachungsverfahren etabliert und positive Anreize zur Zielerreichung gesetzt werden können (z. B. Entwicklungszusammenarbeit, Technologietransfer).

Derartige Global-Governance-Mechanismen können nur von leistungsfähigen internationalen Organisationen umgesetzt werden. Im Transformationsfeld Energie sollte die Bundesregierung entsprechend darauf hinwirken, das Zielsystem der IEA in Richtung nachhaltige Energiepolitik zu verschieben und die Organisation zudem konsequent für Entwicklungsländer zu öffnen, IRENA als Motor der internationalen Verbreitung regenerativer Energien zu stärken und die Rolle von UN-Energy aufzuwerten (Kap. 5.4.5.1). Zur Stärkung des Themas nachhaltiger Stadtentwicklung empfiehlt der WBGU als Alternative zur vorgeschlagenen Aufwertung von UN-Habitat (niedriges Ambitionsniveau; Kap. 7.3.6.1) direkt auf eine tiefer greifende institutionelle Reform hinzuarbeiten. Auf mittlerem Ambitionsniveau werden die Einrichtung einer „Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung" sowie einer „Globalen Kommission zur nachhaltigen Landnutzung" empfohlen.

Beide Kommissionen könnten etwa durch die Rio+20-Konferenz eingesetzt und mandatiert werden und sollten dann bis 2015 umfassende, der Komplexität ihres jeweiligen Transformationsfelds angemessene Berichte vorlegen. Auf dem Bericht der Globalen Kommission zur nachhaltigen Landnutzung aufbauend, sollte schließlich die FAO ein geeignetes Instrumentarium entwickeln, um nationale und globale Landnutzungspfade klimaverträglich ausrichten zu können. Zur Operationalisierung der Ergebnisse der Weltkommission für klimaverträgliche Stadtentwicklung schlägt der WBGU zudem die Gründung einer ambitioniert mandatierten Sonderorganisation für Nachhaltige Urbanisierung vor. Das angesichts des Problemdrucks nicht angemessen aufgestellte UN-Habitat könnte dann darin aufgehen.

Hohes Ambitionsniveau: Global Governance für eine gerechte neue Weltordnung

Ultimative Stoßrichtung zukünftiger Global Governance muss die Schaffung einer gerechten neuen Weltordnung sein, deren Institutionen die internationale Staatengemeinschaft noch in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts in die Lage versetzen, die komplexen Interdependenzen der Weltgesellschaft im Rahmen der planetarischen Leitplanken überhaupt begreifen und ebenso rechtzeitig wie angemessen darauf reagieren zu können. Um nachhaltig erfolgreich zu sein, darf sich eine solche Weltordnung nicht auf handlungsfähige „Inseln" der heute besser gestellten Teile der Menschheit beschränken, sondern muss auch die gegenwärtig und absehbar noch ausgeschlossene „unterste Milliarde" erfassen.

Dies aber stellt Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vor fundamentale politische wie intellektuelle Herausforderungen: Politisch erfordert es die historisch ungekannte Überwindung tradierter Souveränitätsvorstellungen und rein machtgeleiteter Weltpolitik zu Gunsten der dauerhaften Bereitstellung globaler Allgemeingüter. Intellektuell bedarf es tragfähiger Strategien und Konzepte, die eine nachhaltige globale Entwicklung in grenzüberschreitenden demokratischen Strukturen verankern, Antworten auf die globalen Gerechtigkeits- und Verteilungsfragen des 21. Jahrhunderts formulieren und dabei nicht zuletzt weltweit Legitimität für sich beanspruchen können.

Beides ist nicht gleichbedeutend mit der utopischen Forderung nach einer Weltregierung oder einem Weltstaat. Vielmehr müssen die Suchprozesse von Global-Governance-Theoretikern, Kosmopoliten, Transnationalisten, Gerechtigkeitsphilosophen u.a. auf legitim operationalisierbare Normen, Regeln und Verfahren fokussiert und auf die Grundlage eines ideellen globalen Gesellschaftsvertrags gestellt werden. Ein solcher Prozess käme einem Zivilisationssprung gleich, vergleichbar dem Übergang von der Feudalherrschaft zu Demokratie und Rechtsstaatlichkeit im 17. und 18. sowie der Einbettung der Märkte durch wohlfahrtstaatliche Institutionen im 19. Jahrhundert.

Nach Auffassung des WBGU ist dies im globalen Maßstab nur über die Verständigung auf universelle Ziele zu erreichen. Die universelle Deklaration der Menschenrechte drängt sich deshalb als ebenso unvollkommenes wie ermutigendes Beispiel auf: Wenn auch der Menschenrechtsschutz empirisch viel zu wünschen übrig lässt, so ist doch die Würde des Menschen und ihr besonderer Schutz universell anerkannt. Ein vergleichbarer Konsens sollte grundsätzlich auch für die Überlebensfähigkeit der Menschheit in den naturgegebenen Grenzen des Planeten Erde erreichbar sein.

Eine dahin führende globale Transformation setzt notwendigerweise eine weitreichende „globale Aufklärung" voraus, die darauf zielen muss, kooperatives Verhalten zu fördern und die Ausbildung entsprechender weltgesellschaftlicher Normen und Diskurse voranzutreiben. Neben der politischen Verantwortung von Staaten und Regierungen, transformative Politik in den einschlägigen Wirtschafts- und Infrastruktursektoren voranzutreiben, ist auch die Weltzivilgesellschaft gefordert, das Wissen um die Trends und Treiber globalen Wandels im Sinne der Aufklärung zu transportieren (Kap. 2, 6).

Die bevorstehende Rio+20-Konferenz bietet eine zeitnahe und konkrete historische Chance, einem solchen Aufklärungsprozess als Referenzrahmen und Bezugspunkt zu dienen und somit einen langfristig wirksamen Paradigmenwechsel anzustoßen. Wie diese Chance genutzt werden kann und welche konkreten Strategien und Taten daraus abgeleitet werden müssen, damit auf ihrem Fundament eine gerechte neue Weltordnung entstehen kann, darauf gibt es bislang weder in der Wissenschaft noch in der Politik klare Vorstellungen oder gar befriedigende Antworten. Es erwächst daraus aber ein organischer Suchprozess, dessen vordringlichste, dezidiert handlungsorientierte Forschungsfragen der WBGU nachfolgend skizziert (Kap. 8).

7.4 Synthese: Die Komposition von Maßnahmenbündeln

Dimensionen für Transformationsstrategien

Das Gelingen der Transformation erfordert eine geschickte Komposition von Maßnahmen, die Elemente der zehn strategischen Bündel aufnehmen und dabei in einen neuen globalen Gesellschaftsvertrag eingebettet sind. Dieser Kontrakt baut auf ein sich entwickelndes kosmopolitisches Verständnis der Menschen als Erdenbürger auf, das Verantwortungsübernahme im globalen Maßstab ermöglicht – ja einfordert – und den Weg für eine neue Qualität der internationalen Kooperation in inhaltlicher und institutioneller Sicht bereitet. Der neue globale Gesellschaftsvertrag orientiert sich an den realen Herausforderungen zur Stabilisierung des Klima- und Erdsystems, die der WBGU in der vorliegenden Studie analysiert. Auf diesem Weg muss die Weltgesellschaft bestehende Blockaden überwinden, Pfadabhängigkeiten korrigieren und Initiativen für den raschen Aufbau klimaverträglicher Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen voranbringen.

Angesichts der anstehenden Herausforderung ist es für die Politik wesentlich sich nicht in Eskapismus zu üben und statt dessen in den nächsten zehn Jahren durch Weichenstellungen, Beschleunigung und Verbreiterung des Transformationsprozesses die auch derzeit noch visionären Schritte mit dem höchsten Ambitionsniveau vorzubereiten. Maßnahmen dieser Reichweite werden jedoch letztlich erforderlich sein, um die planetarischen Leitplanken einzuhalten und die Transformation zur Nachhaltigkeit rechtzeitig zu ermöglichen.

Es gibt nicht nur einen, sondern viele Transformationspfade. Um die zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten strategischer Maßnahmen zu priorisieren und daraus politische Strategien für die jeweiligen Transformationen in konkreten Ländern und Regionen zu erarbeiten und zu evaluieren, bieten sich für politische Entscheidungsträger vier Dimensionen an:

1. *Zeitliche Wirksamkeit:* Kurz- und mittelfristig geht es dabei vor allem um die Beschleunigung der Transformation, um die Chancen auf das Einhalten globaler Leitplanken zu wahren (Kap. 1.1). Für die rasche Dekarbonisierung der Energiesysteme sind deutliche CO_2-Preissignale für Investitions- und Konsumentscheidungen von entscheidender Bedeutung. Initiativen zur Nachhaltigkeitsforschung und -bildung wirken demgegenüber eher kumulativ und sichern in mittel- bis langfristiger Perspektive den Erfolg der Transformation.

2. *Geographische Reichweite:* Die Transformationspolitik kann keinen Erfolg haben, wenn sie nur in Teilen der Welt umgesetzt wird. Letztlich geht es um Reformkoalitionen, die eine Trendumkehr zur Nachhaltigkeit in der Weltwirtschaft ermöglichen.
3. *Überwindung von Blockaden:* Bestehende Pfadabhängigkeiten im noch immer fossil basierten Weltwirtschaftssystem wirken als Blockaden der Transformation. Diese drohen den Status quo zu zementieren bzw. erhöhen die Kosten der Transformation und müssen überwunden werden.
4. *Unterstützung von Pionieren des Wandels:* Auf allen Ebenen von Wirtschaft und Gesellschaft finden sich Pioniere des Wandels, deren Unterstützung und Vernetzung eine „kritische Masse" erzeugen kann, um Transformationspolitik zu gestalten.

Während die ersten beiden Dimensionen auf die Dringlichkeit raschen, möglichst globalen Handelns für die Transformation beziehen, lenken die letztgenannten Kriterien den Blick auf Vetospieler und Akteurskonstellationen. Hier geht es vor allem darum, die Transformation nicht länger zu verhindern.

Kompositionsmöglichkeiten

Die Kompositionsmöglichkeiten verschiedener Maßnahmen auf unterschiedlichen Ambitionsniveaus beschreiben ein Kontinuum zwischen Bottom-up-Ansätzen mit zunächst begrenzter Reichweite und der Schaffung umfassender globaler Strukturen für die Transformation zur klimaverträgliche Gesellschaft, die auch auf einem neuen Verständnis des Wertes und der Grenzen nationalstaatlicher Souveränität basieren. Gemeinsames globales Handeln würde sich in einem umfassenden und verbindlichen Klimavertrag ausdrücken, der eine globale Emissionsobergrenze sowie Instrumente für einen globalen Emissionshandel etabliert und Global-governance-Mechanismen zur klimaverträglichen Transformation der Energiesysteme, der Urbanisierung und der Landnutzung auf den Weg bringt.

Auf diesem Kontinuum gibt es jedoch eine Vielzahl von Ansatzpunkten, die unterhalb der globalen Ebene und in ihrer Kombination durchaus Dynamik für weiter reichende Schritte anstoßen können. Um solche polyzentrischen Transformationsstrategien glaubwürdig anstoßen zu können, sollte die EU im Bereich der Emissionsminderungen die Anhebung des eigenen Reduktionsziels auf wenigstens 30% für das Jahr 2020 beschließen, ergänzt durch substanzielle, gesetzlich verankerte Finanzierungszusagen für den internationalen Klimaschutz.

Darauf aufbauend kann sich eine ambitionierte, polyzentrische Transformationspolitik auf unterschiedlichen Pfaden darum bemühen, klimaverträgliche Dynamiken auszulösen.

Geopolitik: subglobale Pionierallianzen aufbauen

Ein wichtiger Pfad zur Beschleunigung der Transformation besteht in der Entwicklung einer geopolitischen Strategie zum Aufbau von Klimapionierallianzen, um Fortschritte in den Transformationsfeldern zu erzielen. Für Deutschland und die EU sind hier insbesondere die großen Schwellenländer China, Indien und Brasilien von hoher Bedeutung. Einerseits werden diese Länder weiter an geostrategischer Bedeutung gewinnen, andererseits sind in diesen Ländern die höchsten absoluten Emissionszuwächse zu erwarten, verbunden mit dem Risiko neuer und weitreichender fossiler Pfadabhängigkeiten wie sie in den Industrieländern bereits bestehen. Eine ambitionierte und zielgerichtete Transformationsstrategie könnte sich beispielsweise in den Bereichen der Förderung erneuerbarer Energien sowie des Emissionshandels entfalten, bei denen Pionierallianzen gemeinsame Standards setzen und Strukturen schaffen, die dann sukzessive „globalisiert" werden können. Eine solche Initiative könnte die zeitlich angemessene Kurskorrekturen bei den wichtigsten Akteuren in der nötigen Größenordnung kaum herbeiführen, ohne auch eine Diskussion über eine faire Lastenteilung der Dekarbonisierungsanstrengungen zu führen.

Anreizstrukturen für dynamische Akteure in Transformationsfeldern schaffen

In den Transformationsfeldern können positive Anreizstrukturen für dynamische Akteure den Umbruch zur Klimaverträglichkeit beschleunigen. So könnten mit signifikanten Mitteln ausgestattete Programme der Weltbank und der regionalen Entwicklungsbanken für klimaverträgliche Investitionsprojekte, etwa in den Bereichen nachhaltige Energiedienstleistungen und Urbanisierung, wichtige Anreize setzen den fossilen Entwicklungspfad zu verlassen. Großzügige Kreditprogramme für einen Wettbewerb zur Identifizierung der weltweit 10–20 ambitioniertesten Modelle zum Aufbau klimaverträglicher Städte in Entwicklungs- bzw. Schwellenländern könnten entsprechende Suchprozesse initiieren oder beschleunigen. Solche Strategien wären auch dann wirksam, wenn Fortschritte bei geopolitischen Allianzen noch auf sich warten lassen sollten.

Politische Konzentration auf Transformationsblockaden

Um Transformationsblockaden zu durchbrechen könnte beispielsweise eine politisch unterstützte Allianz von Pionieren des Wandels in Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft zum Abbau direkter und indirekter

Subventionen für fossile Energieträger transformative Wirkung entfalten. Bestehende eklatante Marktverzerrungen, die durch jährliche Subventionen im hohen dreistelligen Milliardenbereich weltweit aufrecht erhalten werden, könnten so wenigstens zum Teil korrigiert werden. Die Skizze polyzentrischer Transformationsstrategien verdeutlicht den großen Möglichkeitsraum für innovative Wege zur Klimaverträglichkeit. Die vom WBGU entwickelten zehn Transformationsbündel stellen das Repertoire dar, aus dem die Kompositionen gestaltet werden können. Die 2 °C-Leitplanke definiert das Anspruchniveau, an dem sich die Maßnahmen messen lassen müssen.

Die Wissenschaft im Transformationsprozess – Empfehlungen für Forschung und Bildung

8

Im Rahmen der Transformation zur klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft kommen Forschung und Bildung zentrale Rollen zu, denn die Einsicht in die Notwendigkeit des Umbaus der Weltwirtschaft ist primär wissenschaftlich begründet. Trotz ihres klaren Ziels und der bereits verfügbaren klimaverträglichen Technologien ist die Transformation ein gesellschaftlicher Suchprozess. Wissenschaft hat die Aufgabe, in Kooperation mit Politik und Gesellschaft klimaverträgliche Gesellschaftsvisionen aufzuzeigen, unterschiedliche Entwicklungspfade zu beschreiben sowie klimaverträgliche und kostengünstige technologische und soziale Innovationen zu entwickeln. Technologische Innovationen sind von großer Bedeutung, um klimaverträgliche Alternativen zu bestehenden Produktions- und Gebrauchstechnologien zu entwickeln. Soziale Innovationen sind notwendig, um die Verbreitung klimaverträglicher Technologien zu ermöglichen und individuelle klimaverträgliche Verhaltensweisen zu unterstützen.

Forschung sollte sowohl systemisches, reflexives als auch antizipatives Wissen generieren. Zusätzlich bedarf es weitreichender partizipativer Elemente, in der gesellschaftlichen Umsetzung ebenso wie im Forschungsprozess selbst, denn Partizipation am Transformationsprozess bildet eine Grundlage für dessen Legitimierung und Akzeptanz. Nur breit legitimierte Politik kann zu nachhaltigen Lösungen führen und Transformation demokratisch gestalten.

Im Hinblick auf die langfristige Transformation gibt es noch viele offene Fragen, deren Beantwortung für die Ausgestaltung der nächsten Schritte der Transformation zentral ist. Forschung hilft einerseits, das Leitbild der Transformation genauer zu entwickeln und zu beschreiben, andererseits ermöglicht sie durch technische und soziale Innovationen die nächsten Schritte der Transformation. Im Idealfall führt sie auch zu zündenden Innovationen, die mit ausreichender Geschwindigkeit und in einer Reihe von gesellschaftlichen Subsystemen Wirkung entfalten und weitere Innovationen nach sich ziehen.

Bildung sollte Menschen in die Lage versetzen, Problembewusstsein zu entwickeln und verantwortlich sowie angemessen zu handeln. Damit Bildung die Transformation unterstützen kann, müssen wissenschaftliche Erkenntnisse verständlich und zugänglich gemacht werden. Relevantes Wissen sollte durch Bildung in allen Bereichen und für alle Lebensalter vermittelt werden, vom Kindergarten über die Schule, Berufsausbildung oder universitärer Ausbildung bis zum berufsbegleitenden lebenslangen Lernen. Bildungseinrichtungen sollten verstärkt Orientierungswissen vermitteln sowie befähigen, lebenslang lernen zu lernen und systemisch zu denken. Neben neuen Curricula sowie neuen Studiengängen und -modulen könnten auch ganz neue Berufsbilder erforderlich werden. Bildung kann auch durch aktive Beteiligung am Forschungsprozess vermittelt werden und trägt darüber hinaus zur Wissensgenerierung und Legitimierung der Forschung bei.

Somit sind Forschung und Bildung notwendige Bedingungen zur Erfüllung des vom WBGU vorgeschlagenen neuen Gesellschaftsvertrags für die Transformation in Richtung einer klimaverträglichen Gesellschaft. Forschung und Wissenschaft haben eine gesellschaftliche Verantwortung, aktiv zum Gelingen der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft beizutragen. Die Förderung von Forschung und Bildung zur Unterstützung der Transformation sind damit zentrale Aufgaben des gestaltenden Staates (Kap. 5.4.1).

Eine Reform von Forschung und Bildung eröffnet Zukunftschancen für diejenigen, die sich daran beteiligen. Bildungseinrichtungen sollten hierzu verstärkt nachhaltigkeitsorientiertes Wissen vermitteln sowie befähigen, lebenslanges Lernen zu lernen und systemisch zu denken. Dazu gehört auch ein besseres Verständnis des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit seinen Möglichkeiten und Grenzen. Dies dient mittel- und langfristig der gesamten Gesellschaft, die dann gezielter am Transformationsprozess partizipieren und diesen befördern kann.

Junge Wissenschaftler können sich als „Forschungspioniere“ am Transformationsprozess beteiligen, indem sie die eigene Forschung innovativ auf die Erfordernisse des Transformationsprozesses ausrichten und damit die Transformation beschleunigen. Dazu gehört es, syste-

misch und inter- sowie transdisziplinär zu forschen.

Die deutsche Wissenschafts- und Forschungspolitik könnte damit international Vorbildcharakter entwickeln, wenn sie den in Teilen bereits eingeschlagenen Weg zur systemischen, transformationsrelevanten Forschung weiter ausbaut und damit den wesentlichen Weg zu einer wissensbasierten, die Transformation aktiv unterstützenden Gesellschaft ebnet.

Ein neuer Vertrag zwischen Gesellschaft und Wissenschaft

Vor dem Hintergrund des raschen Wandels des Erdsystems (Kap. 1.1) und der sich daraus ergebenden Notwendigkeit zur Transformation sollte auch die Forschung sich stärker Fragen der Transformation annehmen.

Dies erfordert, dass Forschungsstrukturen und -inhalte auf ihre aktuellen und möglichen Beiträge zur Transformation überprüft und zielgerichtet gebündelt werden. Eine produktive, umfassende Ausrichtung von Wissenschaft und Forschung an den Erfordernissen der Großen Transformation könnte durch einen neuen Vertrag zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft erreicht werden.

Bereits 2007 wurde auf dem Potsdamer Nobelpreisträgersymposium mit dem „Potsdam Memorandum" eine Neuordnung der Nachhaltigkeitsforschung im Rahmen eines „globalen Vertrages zwischen Wissenschaft und Gesellschaft" angeregt (PIK, 2007). Ein solcher Vertrag hätte eine stärkere Verzahnung zwischen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und dem gesellschaftlich formulierten Bedarf an Wissen für eine Transformation in Richtung klimaverträgliche Gesellschaft zur Folge.

Innerhalb eines solchen Kontrakts würde sich die Gesellschaft verpflichten, relevante Probleme zu identifizieren, zu priorisieren und der Forschung zu vermitteln. Die Gesellschaft würde sich ebenfalls verpflichten, ausreichende Mittel zur Erforschung der identifizierten Probleme zur Verfügung zu stellen.

Im Gegenzug würde sich ein stetig zunehmender Teil der Wissenschaft sowie der Wirtschaft verpflichten, sich verstärkt an gesellschaftlichen Zielen im Rahmen der Großen Transformation zu orientieren. Zusätzlich müsste sich Forschung nicht nur an den Beurteilungen durch die eigene Fachdisziplin messen, sondern auch relevante und glaubwürdige Lösungen für die identifizierten Probleme entwickeln. Für die Politik würde dies nicht nur die Erhöhung der Forschungsausgaben bedeuten, sondern auch die Aufgabe, gesellschaftliche Dialoge über die Ziele, die die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten leiten sollen, anzustoßen.

8.1 Forschung für die Transformation

Gesellschaftliche Transformationen entstehen durch aufeinander bezogene Veränderungen von Technologien, gesellschaftlichen Institutionen und individuellen Verhaltensweisen in einer Reihe von gesellschaftlichen Subsystemen. Technologische und soziale Innovationen gehen mit Veränderungen im sozialen Kontext einher, die oft Voraussetzung für eine weitere Verbreitung dieser Innovationen sind und sich somit gegenseitig bedingen.

Allerdings lassen sich ex ante keine offensichtlichen Wende- oder Kipppunkte identifizieren, an denen sich das Vor- und Nachher einer Transformation klar festmachen ließen. Transformationen zeichnen sich vielmehr durch Häufigkeitsverdichtungen von Veränderungen aus, die teilweise mittelbar oder unmittelbar miteinander in Beziehung stehen und bislang erst historisch identifizierbar sind (Kap. 3).

Bisherige Transformationen waren überwiegend koevolutionäre Prozesse, die zu tiefen und langfristigen Veränderungen führten. Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ist ein umfassender, alle Gesellschaftsbereiche einschließender Prozess, in dem spezifische Akteure und Akteurskoalitionen eine wichtige Rolle spielen. Im Unterschied zu früheren Transformationen besteht jetzt ein Ziel: die klimaverträgliche, nachhaltige Gesellschaft (Kap. 1). Dieser Übergang macht Veränderungen in praktisch allen Industriesektoren und Gesellschaftsbereichen notwendig. Forschung für die Transformation sollte daher breit angelegt sein und möglichst viele technologische, ökonomische und soziale Aspekte umfassen.

Die Forschung sollte sich der – auf den ersten Blick widersprüchlich erscheinenden – Herausforderung stellen, die Wahrscheinlichkeit nicht determinierbarer Prozesse, nämlich die Gestaltung und Beschleunigung der Transformation, zu erhöhen, indem sie potenziell dazu beitragende Alternativen findet. Einige Wege, wie z.B. die Schaffung von Experimentierräumen (Kasten 5.4-1) oder die Einbindung von Erfahrungswissen gesellschaftlicher Stakeholder in der transdisziplinären Forschung, sind bereits bekannt. Diese sollten ausgebaut werden. Zusätzlich bedarf es der systemisch ausgerichteten Erforschung weiterer Wege, um zu neuen Lösungen zu kommen. Konzeptionell bedeutet dies die Unterscheidung in Transformationsforschung und transformative Forschung. Transformationsforschung hat zum Ziel, Transformationsprozesse besser zu verstehen, ihr Forschungsgegenstand sind somit die Transformationsprozesse als solche. Transformative Forschung unterstützt Transformationsprozesse konkret durch

die Entwicklung von Lösungen sowie technischen und sozialen Innovationen; dies schließt Verbreitungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Möglichkeiten zu deren Beschleunigung ein und erfordert zumindest in Teilen systemische Betrachtungsweisen, inter- und transdisziplinäre Vorgehensweisen, inklusive der Beteiligung von Stakeholdern (Kap. 8.1.4.9). Die Trennung in Transformations- und transformative Forschung dient der besseren Veranschaulichung und Systematisierung; sie beinhaltet jedoch Übergänge und Überlappungsbereiche und lässt sich somit in der Realität nicht stringent einhalten.

8.1.1 Ziele, Anforderungen und Anknüpfungspunkte

8.1.1.1 Ziele

Die vom WBGU beschriebene Transformation soll zu einer klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft führen. Um für einzelne Forschungsstrategien und Forschungsprogramme handhabbar zu werden, sollte das Rahmenziel Klimaverträglichkeit auf die verschiedenen gesellschaftlichen Teilbereiche und Handlungsfelder der Transformation konkretisiert werden. Diese Ziele können dann in Forschungsstrategien und -programmen integriert und operationalisiert werden. Diese Operationalisierung sollte einen reflexiven Prozess zur Bestimmung von Teilzielen und zur Ableitung von Maßnahmenvorschlägen aus Forschungsergebnissen vorsehen sowie die Möglichkeit zur Nachjustierung beinhalten.

8.1.1.2 Strukturelle Anforderungen

Da die Herausforderungen und Probleme beim Übergang zur klimaverträglichen Gesellschaft sich nicht als rein technische oder rein gesellschaftliche Probleme stellen, sollte Forschung zur Unterstützung der Transformation dem sozio-technischen „Mischcharakter" von Transformationen durch Interdisziplinarität Rechnung tragen.

Interdisziplinarität bezeichnet die Kooperation mehrerer unabhängiger Einzelwissenschaften, die eine gemeinsame wissenschaftliche Frage mit ihren eigenen Methoden zu beantworten versuchen. Dabei werden Methoden zwischen den Disziplinen vermittelt und verschiedene Teilaspekte zusammengeführt, was im Idealfall zu neuen Lösungsstrategien führt; ein reines Nebeneinander der fachdisziplinären Vorgehensweisen reicht nicht aus. Fragen zur Transformation von Systemen können nur sinnvoll bearbeitet werden, wenn ökologische, technologische und sozioökonomische Aspekte verbunden werden, um den verschiedenen Dimensionen des zu transformierenden Systems gerecht zu werden. Daher sollten die Natur- und Ingenieurwissenschaften mit den Sozial- und Geisteswissenschaften intensiv zusammenarbeiten.

Die sozial-, gesellschafts- und kulturwissenschaftliche Forschung ist hier besonders gefordert und sollte entsprechend gestärkt werden, da die Organisation der Entwicklung, der Bewertung, der Anwendung und der Verbreitung von klimaverträglichen Technologien und Verhaltensweisen ebenso stark an gesellschaftliche wie an technologische Bedingungen geknüpft ist. Dies gilt ebenso für die Ablösung von klimaschädlichen Technologien und Verhaltensweisen wie für die Notwendigkeit tiefgreifender Veränderungen in Produktion, Konsum und Lebensstilen.

Große Bedeutung kommt auch der Transdisziplinarität durch die Einbindung relevanter Stakeholder in den Forschungsprozess zu. Transdisziplinarität umfasst verschiedene Aspekte. Sie umfasst erstens die Erhöhung der gesellschaftlichen Relevanz von Forschungsfragen durch die Integration von Stakeholdern bei der Festlegung von Forschungszielen. Sie umfasst zweitens auch die Integration von Stakeholdern in den Forschungsprozess und somit die Verbindung von wissenschaftlichem und praktischem Wissen (z. B. lokales, traditionelles oder indigenes Wissen). Zur Erreichung und Bewahrung gesamtgesellschaftlicher Akzeptanz und Legitimation als unerlässlichem Faktor für die Transformation sollte Forschung unter Beteiligung relevanter Stakeholder geschehen. Hierbei kommt der Kooperation – und vor allem der Investitionstätigkeit – der Unternehmen in Forschung und Entwicklung eine besondere Bedeutung zu. Unternehmen spielen zum Beispiel bei der Entwicklung von Prototypen und bei Demonstrationsprojekten von Innovationen eine wichtige Rolle, da dies von staatlichen Forschungseinrichtungen oft nicht zu leisten ist. Die Integration von Unternehmen in staatlich geförderte Forschung schmälert allerdings nicht die Notwendigkeit staatlicher Forschungsförderung. Denn auf privater Basis werden Investitionen in Forschung und Entwicklung aufgrund fehlender Märkte, fehlender Infrastruktur oder mangelnder Interessenkongruenz zwischen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen oft nur unzureichend getätigt.

Forschung für die Transformation sollte im Rahmen von Such- und Vernetzungsprozessen bestehendes und neu zu schaffendes Wissen kombinieren und weiterentwickeln, sowohl zwischen Disziplinen als auch zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung. Dies könnte z. B. geschehen, indem die Ergebnisse der Grundlagenforschung in der Breite auf transformatorische Innovationschancen durchsucht und diese mit der anwendungsorientierten Forschung zur technologischen bzw. sozialen Umsetzung transformativen

Handelns verbunden werden.

Voraussetzung für die Große Transformation sind Beschleunigung und Globalität. Die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft muss zu großen Teilen in 40 Jahren abgeschlossen sein und sich vor allem global vollziehen. Diesen Aspekten sollte die Forschung(sförderung) in ihrer Prioritätensetzung sowohl inhaltlich sowie in der Höhe der Mittelzuwendung als auch strukturell begegnen, etwa indem Forschungsprogramme mit internationaler Reichweite, auch in Kooperation mit Nicht-OECD-Ländern, gefördert werden.

Forschungsförderung für die Transformation sollte langfristig angelegt sein, weil sich viele Innovationen im Anfangsstadium befinden und noch über einen langen Zeitraum entwickelt, verbessert und angepasst werden müssen. Diese Langfristigkeit sollte sich sowohl in der inhaltlichen Ausrichtung von Forschungsförderstrategien, -programmen und -projekten niederschlagen als auch in der langfristigen Aufrechterhaltung von Forschungskapazitäten sowie der entsprechenden Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses (Arrow et al., 2009).

8.1.1.3 Inhaltliche Anforderungen

Soll Forschung die Transformation effektiv unterstützen, so umfassen die Ergebnisse im Idealfall drei notwendige Komponenten: (1) Die Entwicklung und Bewertung von klimaverträglichen Alternativen in Form von technologischen und sozialen Innovationen, (2) die Bestimmung der gesellschaftlichen Voraussetzungen für die Verbreitung dieser Innovationen sowie (3) die Entwicklung politischer Strategien und Instrumente zur Gestaltung der Transformation. Die drei genannten Dimensionen stehen in Beziehung zueinander und entwickeln somit Wechselwirkungen. So hat etwa die Weiterentwicklung einer Technologie Auswirkungen auf die Voraussetzungen für ihre Verbreitung. Gleichzeitig hat die Änderung der gesellschaftlichen Rahmenbedingungen Auswirkungen auf die Entwicklung von Alternativen.

Klimaverträgliche Alternativen entwickeln und bewerten

Mit Alternativen sind klimaverträgliche technische und soziale Innovationen gemeint, also zum Beispiel emissionsarme Techniken und Technologien, neue Organisationsformen und Vorschläge für umweltverträgliche Konsummuster und Lebensstile. Es bedarf sowohl der Entwicklung klimaverträglicher Produktionstechnologien als auch klimaverträglicher Produkte und deren Nutzung.

Alternativen sollten auf ihre systemischen Wechselwirkungen hin untersucht werden, und zwar sowohl im Hinblick auf die Klimaverträglichkeit, die Nutzung natürlicher Ressourcen und anderer Umwelteffekte als auch auf globale ökonomische und soziale Effekte. Liegen für Teilbereiche der Transformation keine nachhaltigen Alternativen vor, sollten diese entwickelt werden. Letztlich sollte – neben den Forschungsergebnissen, die für den Transformationsprozess als solchen nutzbar sind – mithilfe der Forschung ein systemisches Verständnis davon geschaffen werden, wie fundamentale Dienstleistungen durch die Kombination technologischer und sozialer Lösungen mit den geringsten negativen Auswirkungen auf das Klima oder andere Nachhaltigkeitsaspekte erbracht werden können.

Auf privater Basis werden Forschungsinvestitionen in radikale Alternativen aufgrund fehlender Märkte und fehlender sozialer Anschlusspunkte (wie notwendige Infrastruktur) nur unzureichend getätigt (Watson, 2009). Daraus ergibt sich die hohe Bedeutung und Verantwortung des Staates für die zügige Erforschung von Alternativen. Diese sollte sich auch in der Höhe der dafür angesetzten Forschungsmittel niederschlagen.

Voraussetzungen für die Verbreitung von Innovationen bestimmen

Eng zu verknüpfen mit der Entwicklung klimaverträglicher Innovationen ist ihre Verbreitung – von der nationalen bis zur globalen Ebene.

Sowohl in Kapitel 3 als auch in Kapitel 6 ist darauf hingewiesen worden, dass die Verbreitung klimaverträglicher Innovationen unter Umständen beträchtliche Veränderungen in den bestehenden gesellschaftlichen Ordnungen und Rahmenbedingungen voraussetzt bzw. solche Veränderungen zur Folge hat. Die mögliche Bandbreite reicht hier vom Aufbau physischer Infrastrukturen über notwendige Verordnungen und Normungen für die Marktzulassung eines Produktes bis hin zur Änderung bestehender sozialer Normen und individueller Konsumpräferenzen. Forschung sollte somit neben der Entwicklung technischer Alternativen auch die Voraussetzungen für deren (globale) Verbreitung mitdenken.

Außerdem wird die Verbreitung stark von nationalen und regionalen Kontexten geprägt. Diese ergeben sich u. a. aus den unterschiedlichen Entwicklungsstufen verschiedener Länder sowie ihren unterschiedlichen soziokulturellen Werten, politischen Systemen, Machtverhältnissen und Konsumpräferenzen. Forschung sollte diese Dimensionen miteinbeziehen und die regionalen Unterschiedlichkeiten systemisch berücksichtigen oder bereits entwickelte Alternativen an lokale Kontexte anpassen.

Tabelle 8.1-1
Anforderungen an die Forschung für die Transformation.
Quelle: WBGU

Ziel	Struktur	Ergebniskomponenten
Globale Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft bis 2050	Systemisch Interdisziplinär Transdisziplinär	Klimaverträgliche Innovationen Verbreitungsbedingungen
Kontext globaler Nachhaltigkeit	International kooperierend Reflexiv Langfristig	Politische Strategien

Politische Strategien und Instrumente entwickeln

Historische Transformationen haben sich, auch wenn einzelne Teile politisch gesteuert wurden, in ihrer Gesamtheit ungesteuert und ohne einheitliches Ziel vollzogen. Die Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft muss politisch gestaltet werden (Kap. 5, 7). Forschung mit Bezug zur Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft sollte deshalb politische Gestaltbarkeit und Politikrelevanz berücksichtigen und adäquate Formen politischer Gestaltung vorschlagen. Im Rahmen der Forschung sollten politische Strategien und Instrumente zur Verbreitung technologischer und sozialer Innovationen entwickelt und der Politik als mögliche Handlungsoptionen präsentiert werden.

8.1.1.4 Gesamtanforderungen an die Forschung für die Transformation

Aus den oben genannten Zielen sowie den strukturellen und inhaltlichen Anforderungen an die Forschung für die Transformation ergeben sich eine Reihe von Kriterien (Tab. 8.1-1), nach denen existierende Forschung evaluiert und zukünftige Forschung ausgerichtet werden kann. Zentrale Aspekte sind einerseits die Integration des Ziels einer globalen Transformation zur Klimaverträglichkeit bis 2050 im Rahmen der Nachhaltigkeit sowie andererseits ein systemischer Forschungsansatz. Durch die Integration des Ziels wird die Richtung vorgegeben und die Notwendigkeit der Beschleunigung durch den immensen Zeitdruck deutlich. Eine systemische Perspektive zielt auf die Veränderung eines Systems, etwa des Energiesystems, und nicht allein auf die Entwicklung einer Technologie oder eines neuen Geschäftsmodells. Durch eine systemische Perspektive muss zwangsläufig neben der Entwicklung einer Innovation auch die Frage stehen, wie sich das relevante System (inklusive Nutzung der Innovation, rechtliche Rahmenbedingungen, konkurrierende Technologien usw.) verändern muss, um sie zu verbreiten. Dadurch ergeben sich Fragen, die letztlich nur inter- und transdiziplinär gelöst werden können.

Die Ausweitung transformationsrelevanter Forschung bedeutet nicht, dass herkömmliche sektorale Forschung an Bedeutung verliert oder dass jedes Forschungsprojekt alle genannten Ansprüche erfüllen muss, um einen Beitrag zur Transformation leisten zu können. Spezifische disziplinäre Forschung ohne Transformationsbezug muss natürlich auch in Zukunft wie bisher gefördert werden. In allen inhärent transformationsrelevanten, sektoralen und disziplinären Programmen sollten die Anforderungen allerdings standardmäßig zum Tragen kommen, um die systemische Forschung zu ermöglichen. So sollte es z.B. innerhalb eines Elektromobilitätsforschungsprogramms einen integralen Forschungsteil geben, der die Implikationen verschiedener Elektromobilitätsstrukturen und einer Transformation eines Transportwesens zu diesen Technologien untersucht.

Der WBGU betont ausdrücklich, dass die Freiheit der Forschung ein wesentlicher und wichtiger Bestandteil des Wissenschaftssystems und zentral für wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fortschritt ist. Auch die Grundlagenforschung wird und muss wichtige Beiträge zur Transformation leisten. Angesichts des vorliegenden Problemdrucks ist es nach Ansicht des WBGU allerdings erforderlich, die Förderung sowohl bei problemorientierter Grundlagenforschung als auch bei angewandter Forschung – sofern sie sich auf die Lösung eines der zahlreichen Teilprobleme auf dem Weg zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ausrichten – stärker als bisher an den in Tabelle 8.1-1 genannten Anforderungen auszurichten. Dann kann Forschung der Komplexität des Gegenstandes gerecht werden und wissenschaftlich fundierte Grundlagen für adäquates gesellschaftliches Handeln erzeugen.

8.1.2 Forschung für den Gesellschaftsvertrag

In Kapitel 7 hat der WBGU auf die anspruchsvolle Rolle des Staates bei der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft hingewiesen und eine Reihe von Anforderungen an staatliches Handeln sowie ent-

sprechende Maßnahmenbündel entwickelt. Dennoch ist in weiten Teilen nicht bekannt, wie sich der Weg dorthin konkret gestalten lässt. Aus diesem Grund hat der WBGU im Folgenden relevante Forschungsfragen zu den Grundlagen eines neuen Gesellschaftsvertrags skizziert und den Prototyp eines neuen Forschungsfeldes entworfen, der zu ihrer Beantwortung notwendig scheint.

8.1.2.1 Forschungsfragen für den Gesellschaftsvertrag

Um eine globale gesellschaftliche Transformation innerhalb der planetarischen Leitplanken bis 2050 herbeizuführen, bedarf es sowohl geeigneter gesellschaftlicher Rahmenbedingungen als auch der Klärung grundsätzlicher Herausforderungen und potenzieller Hemmnisse. Im Folgenden wird eine Reihe dafür zentraler Fragen genannt.

Zentrale Faktoren der Transformation

Bei der Analyse historischer Transformationsprozesse (Kap. 3) wurde deutlich, dass Erkenntnisse über einige zentrale Faktoren von Transformationen zwar vorhanden sind (Kasten 8.1-1), bisher aber nur ein fragmentarisches Wissen über die Interaktion zwischen diesen Faktoren existiert. Zur Entwicklung von Transformationsstrategien sollten die Interaktionen dieser zentralen Faktoren vertieft untersucht werden. Dies gilt auch für Widerstände und Barrieren bei der Implementierung nachhaltiger Entwicklung. Zu beantworten sind hierbei etwa Fragen wie: Welche Akteure widersetzen sich mit welchen Strategien der Transformation in Richtung Klimaverträglichkeit bzw. Nachhaltigkeit? Welche Strategien und Maßnahmen lassen sich identifizieren, mithilfe derer diese Widerstände, Barrieren und Gegenkräfte erfolgreich überwunden werden können?

Globale Kooperation

Um die Transformation global umsetzen zu können, müssen international vernetzt offene Fragen der Kooperationsbereitschaft und der Möglichkeiten und Grenzen von Global Governance erforscht werden. Die bestehende inkrementelle Forschung zur institutionellen Weiterentwicklung des internationalen Systems reicht hierzu nicht aus. Die stark politikwissenschaftlich geprägte Global-Governance-Forschung ist thematisch zu eng gefasst, um die Grundsatzfragen globaler Kooperation allein bearbeiten zu können. Auf der Makroebene bedürfen die Kontextbedingungen der „Grenzen des Erdsystems" zur Erforschung einer auf nachhaltige Entwicklung ausgerichteten Global Governance vielmehr einer engen Interaktion mit naturwissenschaftlichen und auch ingenieurwissenschaftlichen Forschungsdisziplinen.

Dies gilt umso mehr, wenn es um kooperative Mehrebenenpolitik in den drei für die Große Transformation besonders relevanten Handlungsfeldern – Energiesysteme, Urbanisierung und Landnutzung – geht (Kap. 5.4.5), in denen technische Potenziale und ingenieur- und wirtschaftswissenschaftliche Machbarkeitsanalysen in besonders deutlichem Kontrast zu dem sozialwissenschaftlichen Wissen über soziale und politische Umsetzungshindernisse und Handlungsblockaden stehen.

Auf der Mikroebene stellt die Frage nach der menschlichen Kooperationsfähigkeit an sich einen weiteren zentralen Faktor dar, der in der Global-Governance-Forschung bisher weitgehend ausgeblendet blieb. So ist weiterhin unklar, ob die intra- und intergesellschaftliche bzw. intra- und interkulturelle Kooperationsfähigkeit des Menschen natürlichen Grenzen unterliegt bzw. umgekehrt, ob der Mensch als „Tier das kooperiert" (Tomasello, 2009) grundsätzlich dazu in der Lage ist, globale „Wir-Identitäten" zu entwickeln, wie sie etwa in der Demokratietheorie als zentrale Voraussetzung für die Legitimität von Herrschaft und Entscheidungsprozessen gelten (Scharpf, 1999; Beisheim und Nuscheler, 2003). Bisher gilt die Hypothese, dass Kooperation das Aufbauen von Vertrauen und Reputation voraussetzt. Dies wird aber erwiesenermaßen mit zunehmender Distanz, Komplexität und Größe der Bezugsgruppe schwieriger (Dunbar, 1993; Ostrom, 2003).

Es muss also erforscht werden, ob und wie Menschen und menschliche Gesellschaften die enorme Komplexität einer globalisierten Weltwirtschaft gestalten und Stabilität, Sicherheit, Wohlstand und Fairness in einer eng vernetzten Weltgesellschaft in den Grenzen des Erdsystems organisieren können. Daher sollte Global-Governance-Forschung z. B. auch untersuchen, ob die dynamischen und sich vorwiegend internetbasiert entwickelnden neuen Kommunikationsmuster (z. B. soziale Netzwerke, virtuelle Welten) globale Kooperation beeinflussen. So bedarf es der empirischen Überprüfung, ob die Kommunikation in global vernetzten „virtuellen Welten" Empathie generiert, Solidaritäts- und Gerechtigkeitsempfindungen stärkt und somit hilft, die Akzeptanz für redistributive Politikentscheidungen durch globale „Wir-Identitäten" zu fördern.

Im gleichen Kontext gilt es ganz allgemein zu klären, ob es kognitive Komplexitätsgrenzen (cognitive boundaries) gibt, die Menschen und menschliche Gesellschaften grundsätzlich überfordern und wie diese gegebenenfalls überwunden werden können. Entsprechend sollte im Rahmen einer weit gefassten Global-Governance-Forschung überprüft werden, welches Grundlagenwissen dazu bereits in den Kognitionswissenschaften, der Psychologie, der Anthropologie, den Kulturwissenschaften und der Soziologie vorliegt und wie es

gegebenenfalls die Erforschung internationaler Kooperation befruchten kann.

Im Sinne eines globalen Transformationsprozesses darf dabei die Anwendungsorientierung der Forschung nicht aus den Augen verloren werden. Im Gegenteil sollte eine entsprechende Global-Governance-Forschung auch auf die Entwicklung politischer, ökonomischer und sozialer Strategien ausgerichtet werden, die Grenzen menschlicher Kooperationsfähigkeiten identifizieren und dadurch überwinden helfen. Grundlegende kulturelle Unterschiede in den handlungsleitenden Demokratie- und Gerechtigkeitstheorien einzelner Kulturkreise sind dabei notwendigerweise zu berücksichtigen.

Politische Organisation und Legitimität

Der Nationalstaat nimmt bei der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft eine Schlüsselrolle ein. Er ist der Motor der Transformation und sollte die zentralen Weichenstellungen auf nationaler, supranationaler und internationaler Ebene vornehmen. Insofern bedarf es interdisziplinärer Forschung zu einem neuen Staatsverständnis, das der Legitimität, die für eine gelungene Gestaltung der Transformation unabdingbar ist, gerecht wird. In den Blick zu nehmen sind hierbei OECD ebenso wie Nicht-OECD-Staaten. Näher zu untersuchen sind Fragen zu folgenden Themenkomplexen:

- *Langfristigkeit in der Politik:* Wie können Langfristorientierungen in Institutionen nationaler und internationaler Politikgestaltung verankert werden, die berücksichtigen, dass menschliches Handeln das Erdsystem – kulturell bedingt – auf unterschiedlichen Zeitskalen beeinflusst und so Auswirkungen auf zukünftige Generationen besitzt? Dementsprechend sollte geklärt werden, wie staatliche Organisationen, z. B. Ministerien und Verwaltungen, ausgestaltet sein müssen, um die Große Transformation verwirklichen zu können.
- *Legitimation und Partizipation:* Zur Umsetzung der Großen Transformation sollte sowohl auf nationaler Ebene als auch international vergleichend und differenzierend erforscht werden, wie eine demokratische Beteiligung – lokal, national, supranational oder international – die Akzeptanz und Legitimation politischer Maßnahmen der Transformation fördern und beschleunigen kann. Fallstudien besonders engagierter Milieus und Pioniere des Wandels bieten sich dabei für die Analyse an. Hierbei sollten Möglichkeiten identifiziert und entwickelt werden, wie das Beteiligungsbedürfnis unterschiedlicher Akteure aktiv in staatliche Transformationsbemühungen eingebunden werden kann. Grundsätzlich ist ein Mangel an Analysen zu Demokratieperformanz und Demokratie-Audits festzustellen.
- *Einbeziehung von Wissen:* Studien sollten identifizieren, wie (globale) Wissensregime (z. B. IPCC), lokale Expertise (z. B. Klimaanpassung in Küstenregionen) und Beratungsinstanzen parlamentarischer Demokratie effektiv und effizient zu verbinden sind. Die notwendige Transformation von Wirtschaft, Gesellschaft, Politik und Recht ist auf die Einspeisung von sich ständig in der Entwicklung befindendem Wissen angewiesen. Insofern sollte untersucht werden, wie der aktuelle Stand der Forschung (global) generiert und in den politisch-rechtlichen Prozess der Entscheidungsfindung derart einfließen kann, dass sachgerechte Ergebnisse erzielt werden.

Mobilisierung von Finanzkapital

Die Beschleunigung der Transformation – und damit ihre Erfolgsaussichten im Hinblick auf die Einhaltung der globalen Leitplanken – ist eng mit dem Investitionsvolumen in Forschung, Innovation und Diffusion technologischer, sozialer und organisatorischer Alternativen verbunden (Kap. 4, 5). Neben den in Kapitel 7 gemachten Handlungsempfehlungen zur Finanzierung der Transformation gilt es auch diesbezüglich noch offene Forschungsfragen zu beleuchten. In diesem Zusammenhang sollte geklärt werden, welche Akteure (Staat, Banken, Unternehmen, Privathaushalte, Stiftungen, internationale Organisationen) auf welchen Wegen die notwendigen finanziellen Mittel zur Verfügung stellen können. Hierbei gilt es vor allem, aktiv neue Investitionsmodelle zu entwickeln. Dies würde es politischen Entscheidungsträgern ermöglichen, Maßnahmen zur Steuerung und Finanzierung der Transformation zielgenauer auszuwählen und zeitnah umzusetzen.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Im Bereich der Rechtswissenschaften existiert bislang keine ausreichende Forschung, wie transformatives Recht gestaltet werden muss, um den Herausforderungen der Transformation angemessen zu begegnen.

Die seit den 1970er Jahren erforschten Gebiete des Rechts der Technikfolgenabschätzung und des Risikorechts nehmen einen einseitigen Blickwinkel auf den technologischen Wandel ein, indem ihr Ausgangspunkt die staatliche Vorsorge zum Schutz individueller und/oder überindividueller Interessen ist. Das Recht der Technikfolgenabschätzung untersucht, inwiefern erkennbare Fortschrittsfolgen systematisch und umfassend bei der Rechtsetzung, insbesondere im Rechtsetzungsverfahren, berücksichtigt werden können. Die rechtswissenschaftliche Risikoforschung analysiert, wie mit dem Unwissen über Risiken für die menschliche Gesundheit und Umwelt, das typischerweise beim Einsatz neuer Technologien oder Verfahrensweisen vorhanden ist (Gentechnik, Nanotechnologie), rechtlich

umzugehen ist. Dabei geht es u.a. um den Ausgleich konfligierender Interessen zwischen den von den Risiken Betroffenen und Allgemeinwohlbelangen (z.B. Umweltschutz) sowie den Technologieanwendern (z.B. Unternehmen). Die noch junge rechtswissenschaftliche Innovationsforschung geht zwar darüber hinaus, indem sie die Rolle des Rechts bei innovativen Entwicklungen untersucht; sie klärt ab, welches Recht für Innovationen hinderlich bzw. förderlich ist und analysiert, ob das Recht dazu beiträgt, Gemeinwohlziele auch bei Innovationsprozessen zu realisieren und unerwünschte Nebenfolgen zu vermeiden und – auch in der Transformation – angestrebte Ziele zu erreichen.

Für die in Kapitel 4, 5 und 6 aufgezeigten technologischen, politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen greifen diese Forschungsansätze zu kurz. Erforderlich ist zu untersuchen, welche Gestaltung von Recht geeignet und in der Lage ist, die aufgezeigten Ziele der Transformation auf den unterschiedlichen Rechtsebenen zu erreichen oder zumindest zu befördern, wie die verschiedenen Rechtsebenen miteinander verzahnt werden müssen und welche Funktion, vor allem im Hinblick auf die legitimatorische Wirkung, dem nationalen und europäischen sowie dem Völkerrecht zukommt. Mit anderen Worten geht es nicht um eine Begleitung technologischer Innovationen durch die Rechtswissenschaft, sondern um die Frage, wie der rechtliche Rahmen einer Transformation gesellschaftlicher, politischer und wirtschaftlicher Systeme ausgestaltet werden sollte. Diese Aufgabe der Rechtswissenschaften soll mit dem hier vorgeschlagenen Begriff „transformatives Recht" gekennzeichnet werden.

Hierbei wird es erstens darum gehen, auf einer sogenannten Metaebene eine Theorie transformativen Rechts zu entwickeln. Sie sollte Fragen nach der Sinnhaftigkeit transformativer Innovationen, der Ausgestaltung transformativer Prozesse unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Individual- und überindividuellen Interessen (z.B. auch solche zukünftiger Generationen) und der Revisibilität und Revisionsoffenheit von Recht beantworten. Zugleich sollte eine Theorie transformativen Rechts die Charakteristika dieser Rechtsgattung identifizieren und fortentwickeln.

Grundlegend stellen sich drei Fragen:

1. Kann Transformation zu einer klimaverträglichen und nachhaltigen Weltwirtschaftsordnung als Leitprinzip sämtliche Rechtsebenen prägen?
2. Welche legitimatorische Funktion kommt einem derartigen Rechtsprinzip zu?
3. Können angesichts der internationalen Herausforderungen einer Transformation zu einer globalen nachhaltigen Gesellschaft aus dem Grundprinzip transformativen Rechts Formen, Verfahrensweisen und Instrumente abgeleitet werden, die ein Modell einer global nachhaltigen Gesellschafts-, Wirtschafts- und politischen Ordnung prägen?

Bei Letzterem ist vor allem zu berücksichtigen, dass zentrale Rechtsmechanismen auf der globalen Ebene – wie etwa das Völkerrecht – aktuell in Frage gestellt sind, sei es durch die Erfolglosigkeit des Völkervertragsrechts oder durch Angriffe auf die Staatensouveränität durch neuartige technologische Entwicklungen (virtuelle Welten).

Zweitens gilt es, anhand spezifischer Sektoren (Energierecht, Recht der Landnutzung bzw. Raumordnung, Städtebaurecht) aufzuzeigen, welcher Bestand an für eine Transformation relevanter Vorschriften vorhanden ist und welche Ausgestaltung diese Felder – unter Berücksichtigung der verfassungs-, unions- und völkerrechtlichen Koordinaten – im Sinne der Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft benötigen.

Drittens bedarf es einer Analyse und Bewertung der transformativen Wirkung der drei Gewalten, mithin der Gesetzgebung, der Rechtsprechung und der Recht vollziehenden Verwaltung. Die Rolle der jeweiligen staatlichen und suprastaatlichen (internationale Gerichtshöfe usw.) Gewalten ist bislang hinsichtlich ihrer transformativen Wirkung nicht untersucht und sollte theoretisch und empirisch erfolgen.

Rechtswissenschaftlich bedarf es also

- der Entwicklung einer Theorie transformativen Rechts (Rechtsprinzip, legitimatorische Funktion, Formen, Verfahren, Instrumente),
- der Analyse und Bewertung transformativer Sektoren (Energierecht, Recht der Landnutzung bzw. Raumordnung, Städtebaurecht) und Entwicklung von sektorspezifischen transformationsspezifischen Zielen, Instrumenten und Verfahrensweisen,
- der Analyse und Bewertung der transformativen Wirkungen von Gesetzgebung, Rechtsprechung und Verwaltung.

Um die genannten Fragestellungen bearbeiten zu können, bedarf es einer intradisziplinären (Öffentliches Recht, Zivilrecht und Strafrecht) und interdisziplinären Ausrichtung (etwa Sozial-, Politik-, Geschichts-, Wirtschaftswissenschaften) sowie der verstärkten internationalen Vernetzung der rechtswissenschaftlichen Forschung.

8.1.2.2 Nachhaltigkeitswissenschaft und Global-Change-Forschung

Die im Gutachten skizzierte Transformation versteht sich als Teil eines gesellschaftlich tiefgreifenden Übergangs zu einer nachhaltigen Gesellschaft (Kap. 1). Die oben formulierten Fragen (Kap. 8.1.2.1) betreffen den Umbau von Gesellschaften. Ihr Ziel ist es, die Vorausset-

zungen für den Übergang in eine Gesellschaft zu schaffen, die durch die Einhaltung der planetarischen Leitplanken ihre natürlichen Lebensgrundlagen bewahrt. Aus diesem Blickwinkel muss Forschung sich mit den Möglichkeiten tiefgreifender sozialer Veränderungen beschäftigen und Umbaumöglichkeiten vorschlagen, aber gleichzeitig mit den Wissenschaften, die Veränderungen in den natürlichen Lebensgrundlagen untersuchen, im Austausch stehen. Solch ein Versuch, gesellschaftlichen Wandel im Rahmen planetarischer Leitplanken zu begreifen und zu gestalten, wurde bereits mit dem Konzept der Nachhaltigkeitswissenschaften und ihrer Operationalisierung in Form der Global-Change-Forschung unternommen.

Nachhaltigkeitswissenschaft

Unter dem Stichwort Nachhaltigkeitswissenschaft (auch Wissenschaft für nachhaltige Entwicklung, Wissenschaft der Nachhaltigkeit, Sustainability Science) werden vielfältige Bemühungen gebündelt, Wissenschaft und Technik für den Übergang in eine nachhaltige Gesellschaft zu unterstützen. Nachhaltigkeitswissenschaft soll die Folgen menschlichen Handelns auf die Natur und damit verbundene Rückwirkungen auf Gesellschaften verstehen sowie Optionen zur Vermeidung und Minimierung negativer Effekte im Sinne nachhaltiger Entwicklung aufzeigen (ICSU et al., 2002). Darin eingeschlossen sind neben der Interdisziplinarität auch die Aspekte der systemischen Betrachtungsweise, der politischen Relevanz und der normativen Zielgerichtetheit. In Deutschland ist die Nachhaltigkeitswissenschaft, die primär Optionen zur Vermeidung schädlicher Effekte erforscht, u.a. unter dem Namen sozialökologische Forschung etabliert (Kap. 8.1.4.7).

Unter den Oberbegriff Nachhaltigkeitswissenschaft fallen auch die Forschungsaktivitäten der Forschung zum globalen Wandel (Global Change). Die Forschung zum globalen Wandel hat sich seit den 1980er Jahren entwickelt und erforscht schwerpunktmäßig physikalische und biogeochemische Umweltveränderungen, die sich natürlich oder durch den Menschen verursacht ergeben. Dabei wird die Erde als Erdsystem mit physikalischen, chemischen, biologischen und sozialen Teilsystemen verstanden, wobei deren jeweilige Prozesse und Interaktionen den Zustand sowie die Entwicklungsdynamik des Erdsystems bestimmen.

Internationale Forschung zum globalen Wandel

International ist Forschung zum globalen Wandel seit 2001 in Form des Programms Earth System Science Partnership (ESSP) institutionalisiert. Das ESSP umfasst vier Programme: Diversitas (ein internationales Programm für Biodiversitätswissenschaft), das International Geosphere-Biosphere Programme, das World Climate Research Progamme und das International Human Dimensions Programme on Environmental Change. Die drei ersten Programme erforschen im Sinne der Nachhaltigkeitsforschung in erster Linie die Veränderungen im Erdsystem, die Rolle menschlichen Verhaltens auf die beobachteten Änderungen sowie die Wirkungen der Änderungen auf Gesellschaften.

Auch innerhalb des International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change lag der Fokus auf der Analyse der Schnittstelle zwischen den natürlichen Subsystemen und dem sozialen Subsystem des Erdsystems: Welchen Einfluss hat der Mensch auf die Biogeosphäre, die Biodiversität oder die Atmosphäre und wie wirken deren Veränderungen auf den Menschen bzw. die Gesellschaften zurück (Clark et al., 2005; Leemans et al., 2009). Ausnahmen sind das fast abgeschlossene Industrial Transformation Project sowie das Earth System Governance Project. Ziel des Industrial Transformation Programms war ein besseres Verständnis über die Möglichkeiten, ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung mit der Reduzierung von schädlichen Umwelteinflüssen zu verbinden. In den einzelnen Teilprojekten werden eine Reihe transformationsrelevanter Aspekte erforscht.

Das Earth System Governance Project ist kein zielgerichtetes Forschungsprojekt, sondern ein Netzwerk, das existierende, internationale Forschungsaktivitäten über Governancesysteme zur Vermeidung und Minimierung negativer Effekte auf das Erdsystem als Folge menschlichen Handelns vernetzt.

Eine Reihe von Reviews des ESSP kommen zu dem Schluss, dass das Programm zentrale Beiträge zum Verständnis der Komplexität und der Verletzlichkeit des Erdsystems geleistet hat und zukünftig auch fortführen soll. Allerdings betonen die Reviews auch, dass zukünftig der Entwicklung gesellschaftlicher Strategien zur Erreichung einer nachhaltigen Gesellschaft größere Bedeutung innerhalb der Global-Change-Forschung zukommen muss. Bereits zu Beginn der globalen Diskussion zur Global-Change-Forschung betonten Wissenschaftler die Bedeutung der Interdisziplinarität im Sinne einer stärkeren Verschränkung von Natur- und Sozialwissenschaften. Allerdings hat diese Verschränkung bislang nur unzureichend stattgefunden. Deswegen soll zukünftig verstärkt untersucht werden, wie gesellschaftliche Institutionen und Ökonomien ausgestaltet werden sollten, um Verhaltensänderungen zu induzieren und so eine globale Nachhaltigkeit zu erzielen. Dazu gehören auch technologische und soziale Innovationen inklusive gesellschaftlicher Akzeptanz der Innovationen, um globale Nachhaltigkeit zu erreichen (Reid et al., 2010; ICSU, 2010).

Deutsche Forschung zum Globalen Wandel

In der Bundesrepublik fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) eine Reihe von Forschungsprojekten zum globalen Wandel. Wie beim ESSP lag der Schwerpunkt auch hier bislang auf dem Verständnis des Erdsystems und dem Einfluss menschlichen Verhaltens (etwa durch anthropogene Emissionen) auf das Erdsystem. Fragen des gesellschaftlichen Wandels zum Übergang in eine nachhaltige Gesellschaft sollten allerdings zukünftig auch im Rahmen der nationalen Global-Change-Forschung an Bedeutung gewinnen (NKGCF, 2008).

8.1.2.3 Ein neues Forschungsfeld: Transformationsforschung

Die Notwendigkeit zur beschleunigten Verbreitung von Innovationen und die Integration systemischer Betrachtungsweisen in angewandter Forschung setzen Wissen und Verständnis von Transformationsprozessen voraus. Beides existiert bereits in Ansätzen, z.B. im Rahmen der Global-Change-Forschung oder den in Kapitel 3 diskutierten Forschungsansätzen, sollte aber auf die Herausforderung der Großen Transformation zugeschnitten werden. Zusätzlich bedarf es nach Ansicht des WBGU zur Begleitung, Unterstützung und Beschleunigung des Suchprozesses sowie der globalen Verbreitung der Transformation zusätzlich der Einrichtung eines neuen, über die derzeitige Global-Change-Forschung hinausgehenden Forschungsfeldes.

Besseres Verständnis globaler Transformationsprozesse

Der Gegenstand des neuen, reflexiven Forschungsfeldes „Transformationsforschung" soll die globale Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft sein, welche die Leitplanken für die Nachhaltigkeit und den gegebenen Zeitdruck (Dekarbonisierung der Energiessysteme bis 2050) berücksichtigt. Während die Global-Change-Forschung basierend auf einem systemischen Verständnis als Output Notwendigkeiten zu Verhaltensänderungen und Neugestaltung erarbeitet, ist dieser Output gleichzeitig Input für die Transformationsforschung. Ziel dieser Forschungsaktivitäten ist also ein besseres Verständnis globaler Transformationsprozesse, ihrer Dynamik, ihrer Gestaltbarkeit und ihrer Beschleunigung. Der WBGU empfiehlt, das neue Forschungsfeld auf folgende Schwerpunkte auszurichten:

Schwerpunkt 1: Gesellschaftliche Transformationsprozesse und Transformationsfähigkeit

Im Vordergrund von Schwerpunkt 1 stehen Analysen historischer und gegenwärtiger Transformations- und Umbruchprozesse mit dem Ziel der Identifikation zentraler Treiber und Rahmenbedingungen. Zu diesem Zweck kann an bereits bestehende Forschungsansätze wie den Transition-Management-Ansatz (Kap. 3), die historische Transformationsforschung oder die Innovationsforschung angeknüpft werden.

Neben dem Verständnis von Transformationsprozessen sollte auch ein Verständnis darüber hergestellt werden, welche Voraussetzungen zu deren politischer Gestaltung existieren müssen und inwieweit Gesellschaften diese bereits erfüllen.

Schwerpunkt 2: Transformationspfade

Eine weitere Aufgabe des neuen Forschungsfeldes sollte es sein zu erforschen und anschaulich zu beschreiben, wie zukünftig Gesellschaften aussehen können, wenn sie die planetarischen Leitplanken nicht überschreiten. Hier gilt es, disziplinenübergreifend und unter Berücksichtigung der künftigen Grenzen, mögliche gesellschaftliche Entwicklungspfade und deren jeweilige Implikationen auf andere Teilbereiche der Bio- und Soziosphäre zu beschreiben, wie dies exemplarisch in Kasten 8.1-2 gezeigt wird.

Für diese Forschung bedarf es insbesondere einer Integration, Ausweitung und Neuausrichtung der Zukunftsforschung und deren enger Kooperation mit diversen disziplinären Forschungsrichtungen sowie der modellgestützten Szenarioentwicklung, um über modifizierte oder weiterentwickelte Modellierung mögliche neue Pfade zu einer nachhaltigen Weltgesellschaft zu bestimmen. Möglicherweise könnte hier auch an die Foresight-Prozesse des BMBF angeknüpft werden. Umgekehrt sollten in diesem neuen Forschungsfeld auch die Folgen verschiedener gesellschaftlicher Entwicklungspfade auf die natürlichen Lebensgrundlagen sowie die Gesellschaften insgesamt abgeschätzt werden.

Weitere Themen des neuen Forschungsfeldes betreffen Monitoring, Evaluierung und reflexive Nachjustierung der Transformationsprozesse, abhängig von ihren Fortschritten. Bei diesem Aspekt geht es u.a. um die Entwicklung eines (Transformations)Indikators oder eines entsprechenden Indikatorensets.

Schwerpunkt 3: Beschleunigungsmöglichkeiten

Neben der Beschreibung der gesellschaftlichen Voraussetzungen zur erfolgreichen Gestaltung bzw. Beeinflussbarkeit von Transformationsprozessen sollte auch untersucht werden, welche Optionen bestehen, um einen solchen Prozess zu beschleunigen. Dabei sollte besonderes Augenmerk auf die Untersuchung gesellschaftlicher Kipppunkte und zentrale Ansatzpunkte gelegt werden, wie sie in Schwerpunkt 1 identifiziert werden. Über ein historisches Verständnis hinaus ist

hier technische Expertise ebenso relevant wie Einsichten in interkulturelle Prozesse auch im Hinblick auf globale Reichweite und Legitimität.

Schwerpunkt 4: Globale Kooperation und Globale Transformationen

Die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ist notwendigerweise ein globaler Prozess, der durch adäquate Institutionen und Mechanismen der Global Governance unterstützt werden muss. Die zu entwickelnde Transformationsforschung muss in diesem Zusammenhang untersuchen, ob und wie Gobal Governance die in den Schwerpunkten 1 bis 3 untersuchten Prozesse unterstützen kann. Dies bedeutet, dass die Transformationsforschung die Rolle von Global Governance und globaler Kooperation in historischen Transformations- und Umbruchprozessen untersuchen sollte, um aus der Vergangenheit für die Zukunftsgestaltung zu lernen. Zusätzlich sollte sie fragen, ob und in welcher Form Global Governance die Gestaltung zukünftiger Entwicklungspfade zur Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit unterstützen kann. Außerdem müsste Transformationsforschung untersuchen, wie Global-Governance-Prozesse, die aufgrund der Vielzahl beteiligter Akteure und der Komplexität von Interessenstrukturen zeitintensiv sind, beschleunigt werden können.

Problemanalyse, Problembewältigung und Problemkommunikation

Zusätzlich zu den genannten inhaltlichen Schwerpunkten sollte das neue Forschungsfeld eine Reihe spezifischer Charakteristika aufweisen. Im Hinblick auf die Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Transformation zu einer globalen klimaverträglichen Gesellschaft kann die Forschung auf einen großen Fundus an Wissen aus den etablierten Forschungstraditionen zu Teilaspekten des Transformationsprozesses zurückgreifen. Dieses Wissen sollte auf transformationsrelevante Fragestellungen durchgesehen und zur Verfügung gestellt werden.

Bisherige sozialwissenschaftliche Transformationsforschung liefert wichtige Hinweise und Analysen über die Gestaltbarkeit und gesellschaftliche Einbettung von Transformationsprozessen (Kap. 3). So kann das neue Forschungsfeld die Methoden und Theorieströme einer Reihe bestehender Forschungsrichtungen zusammenführen und neu kombinieren. Dazu gehören u.a. die sozialwissenschaftliche Forschung zur Transformation politischer Systeme, die systemisch orientierte Innovationsforschung, die historische Forschung sowie neuere Ansätze, z.B. Transition Management (Kap. 3), ebenso die Ansätze der Zukunftsforschung sowie die eher qualitativ arbeitende Modell- und Szenarienforschung. Wichtig ist hier auch die Einbeziehung ingenieurwissenschaftlicher Expertise, die eine fundierte Abschätzung jeweiliger technologischer Potenziale und Implikationen abgeben kann, sowie die Beteiligung der Naturwissenschaften, welche Wechselwirkungen gesellschaftlicher Entwicklungspfade mit der Biosphäre zu analysieren helfen.

Notwendig ist das neue Forschungsfeld „Transformationsforschung", weil die bestehenden Forschungsansätze auf die integrierte Erforschung von (globalen) Transformationsprozessen unter den Vorzeichen von Nachhaltigkeit und begrenzten natürlichen Ressourcen ausgeweitet werden sollten. Inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze, die sich die Bewältigung gesellschaftlicher Probleme zur Aufgabe gemacht haben, stehen erst am Anfang. Sie müssen aber auch und gerade für die vorgeschlagene übergreifende Perspektive weiter entwickelt werden. Das Wissen über entscheidende Faktoren für Transformationen ist zwar in Ansätzen vorhanden, aber über die Interaktion der Einflussfaktoren, vor allem unter den Bedingungen einer globalisierten Welt, ist wenig bekannt. Das neue Forschungsfeld sollte zudem eine globale, kulturvergleichende Perspektive haben und gleichzeitig lokalen Merkmalen Rechnung tragen. Zentral ist hier, wie bei der gesamten Forschung für die Transformation, die Kommunikation und Vermittlung der Forschungsergebnisse an die Politik, die Entscheidungen zur Gestaltung der Transformation treffen muss, und an die Gesellschaft, die diese Entscheidungen im Transformationsprozess letztlich umzusetzen hilft.

8.1.3 Forschungsfragen für die Transformationsfelder

In diesem Abschnitt werden für das Gelingen der Transformation in den zentralen Transformationsfeldern zur Klimaverträglichkeit in besonderem Maße relevante transformative (also die Transformation fördernde) Forschungsfragen beschrieben. Erste Schritte und Maßnahmen zur Gestaltung der Transformation wurden in dem vorliegenden Gutachten bereits aufgezeigt (Kap. 5, 7). Der politische Handlungsimperativ gründet sich dabei auf das aktuelle Wissen über zukünftige Umweltveränderungen als Konsequenz menschlichen Handelns und daraus resultierenden Gefahren für die natürlichen Lebensgrundlagen. Nach Ansicht des WBGU ist dieses Wissen hinreichend, um politische Interventionen zur Beschleunigung der Transformation zu begründen.

Selbstverständlich wird die Weiterentwicklung und der Ausbau des Wissens zu Umweltveränderungen weiterhin, auch für die Transformation, relevant sein. Die Erdsystemforschung untersucht u.a., wie rasch poten-

Kasten 8.1-1

Illustration komplexer kausaler Verbindungen am Beispiel der Industriellen Revolution

Das „Kausalgeflecht" zündender Innovationen

Ziel der Transformationsforschung sollte es u.a. sein, aus historischen Analysen die Stellschrauben und Schlüsselfaktoren für sich beschleunigende und selbst verstärkende Innovationsprozesse zu identifizieren, um diese für zukünftige Entwicklungen nutzbar zu machen.

Solche Beschleunigungsprozesse lassen sich am Beispiel der Industriellen Revolution illustrieren (Kasten 3.2-1). Unter geeigneten Rahmenbedingungen, wie sie in Kasten 3.2-1 beschrieben wurden, entstanden Innovationen, die als die wichtigsten Treiber der Industriellen Revolution auszumachen sind. Abbildung 8.1-1 illustriert, stark vereinfacht, Schlüsseltechnologien, die zur Industriellen Revolution führten, eingebettet in ein Netzwerk der wesentlichen Einflussgrößen ihrer Beschleunigung.

Zu lesen ist die Skizze startend bei „Textilmaschinen" folgendermaßen: Mit der Mechanisierung des Webstuhls, die in mehreren Etappen aufeinander aufbauender Innovationen, teilweise angestoßen durch ausgeschriebene Preisgelder, erfolgt war, konnte mit der Entwicklung einer durch Wasser angetriebenen Spinnmaschine („Waterframe") 1772 erstmals menschliche oder tierische Arbeit durch Wasserkraft ersetzt werden. Die resultierende höhere Produktivität im Textilsektor trug zur Deckung der gestiegenen Nachfrage im Bekleidungssektor bei. Gleichzeitig bewirkte sie eine erhöhte Nachfrage nach Baumwolle. Dank der ausgeprägten Schifffahrt, dem Handel mit Übersee und der Sklaverei konnte der gestiegene Bedarf aus den Kolonien gedeckt werden.

Der Ausbau der Schiffsflotte hatte – neben dem Bedarf an Feuerholz – allerdings dazu geführt, dass Holz als Ressource knapp geworden war. Kohle wurde als Alternative bereits eingesetzt. Ihr Abbau erwies sich jedoch als schwierig, nicht zuletzt weil die Gruben bei Erreichen der Grundwasserlinie regelmäßig fluteten. Anfänglich wurden die Schächte durch menschliche und tierische Arbeitskraft trocken gehalten. Mit der Konstruktion der ersten in größerem Maßstab verwendbaren Dampfmaschine durch Thomas Newcomen konnte 1712 die begrenzte Körperkraft schließlich erstmals durch Dampfkraft substituiert werden. Dampfmaschinen wurden in unmittelbarer Nähe der Abbaugebiete errichtet und mit der vor Ort verfügbaren Ressource Kohle betrieben. So war eine positive Rückkopplung entstanden und der Kohleabbau wurde lukrativer (Sieferle et al., 2006). Jedoch war der Wirkungsgrad der Newcomen´schen Dampfmaschine mit einem Wert von 0,5% stark begrenzt, was anschließend durch James Watt erheblich verbessert wurde. Dessen Partner, Matthew Boulton, hatte das Potenzial eines alternativen Antriebs angesichts der mittlerweile hohen Verbreitung von mit Menschen- oder Wasserkraft angetriebenen Webstühlen erkannt und investierte erheblich in die Entwicklung der Dampfmaschine.

Um 1785 schließlich gelang es dem Engländer Edmond Cartwright, die erste automatische Textilmaschine zu konstruieren, die durch Dampfkraft angetrieben war. Mit dem Wechsel der Energiebasis von Wasserkraft zu Kohle war nun erstmalig eine Kleidungsproduktion in industrieller Größenordnung möglich und eine rapide Beschleunigung bereits existierender Prozesse setzte ein. Eine wachsende Nachfrage nach Dampfmaschinen ließ auch die Nachfrage nach Eisenerz und Kohle steigen, wobei die Nachfrage nach letzterer zusätzlich verstärkt wurde, da sie nunmehr auch in der Eisenverhüttung das Holz ersetzte. Die Erfindung der Eisenbahn im frühen 19. Jahrhundert brachte den Stein endgültig ins Rollen: Die Nachfrage nach Ressourcen stieg ebenso an wie die Verbreitungsmöglichkeiten sowohl der Textilprodukte als auch der Kohle und schloss somit eine sich stets weiter selbst verstärkende Schleife einzelner Schlüsselfaktoren.

Die obige Skizze ist weder erschöpfend noch wird sie der Komplexität des Gesamtbildes gerecht. Jede Entwicklung hatte soziale Implikationen und baute auf bestimmten sozialen und politischen Bedingungen auf, welche in diesem kurzen Abriss keine Erwähnung finden können. Dennoch soll dieser Exkurs einen kursorischen Eindruck für die Notwen-

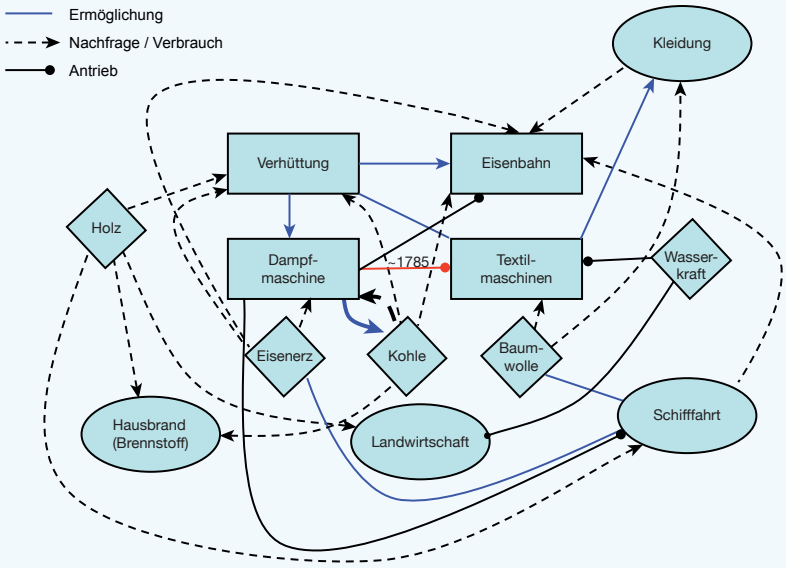


Abbildung 8.1-1
Illustration zu den treibenden, interdependenten Faktoren der Beschleunigung der Industriellen Revolution.
Quelle: WBGU

digkeit einer systemischen Betrachtungsweise liefern, mit der die Bedingungen, Schlüsselfaktoren und deren Konstellationen identifiziert und analysiert werden sollten.

Für die Transformation zur Klimaverträglichkeit ist entscheidend, es nicht bei historischen Analysen zu belassen, sondern mit Hilfe von Forschung auf reale Möglichkeitsräume der Gegenwart und der Zukunft zu schließen, was eine enorme Anstrengung der Wissenschaft bedeutet. Gezielt sollten potenzielle Schlüsselfaktoren und Rahmenbedingungen identifiziert werden, die positive Rückkopplungen begünstigen und die Wahrscheinlichkeit einer beschleunigten Transformation somit deutlich erhöhen können.

ziell negative Auswirkungen im System eintreten und wann dabei möglicherweise kritische Schwellen überschritten werden (etwa für die Stabilität von Eisschilden oder die Lebensfähigkeit von Korallenriffen) und bietet so auch ein Monitoring für den Transformationsprozess. Denn diese Entwicklungen bestimmen den Handlungsdruck für die Transformation und müssen zur genaueren Abwägung von Handlungsoptionen erforscht werden (Kap. 1). Zudem sind diese Forschungsergebnisse ein essentielles Element eines reflexiven, systemischen Forschungsansatzes, der die Möglichkeit beinhaltet, den Fokus der Forschung entsprechend neuer Herausforderungen zu verschieben.

Im Folgenden beschränkt sich der WBGU hauptsächlich auf Forschungsfragen, die für die nächsten Schritte der Gestaltung der Transformation mit dem Ziel ihrer Beschleunigung prioritär sind (transformative Forschung). Es geht also darum, technologische, soziale und organisatorische Optionen zur Vermeidung und Minimierung klimaschädlicher Einflüsse auf das Erdsystem aufzuzeigen und Strategien zu deren globaler Verbreitung zu erarbeiten.

Dabei sei angemerkt, dass der folgende Fragenkatalog weder erschöpfend noch statisch ist. Eine Forschung, die als Teil der Transformation einen aktiven Suchprozess darstellt, sollte sich neu aufkommenden Themen und Teilaspekten, die sich sowohl aus der Verzahnung einzelner Bereiche als auch aus dem Fortschreiten der Transformation ergeben werden, zuwenden. Die vorliegenden Forschungsfragen wurden vielmehr ausgewählt, weil von ihnen ein maßgeblicher Beitrag zur Beschleunigung und zum reflexiven Verständnis der Transformation erwartet wird. Denn es wird davon ausgegangen, dass Wissenschaft, die sich den genannten Themen unter Berücksichtigung der in Kapitel 8.1.1 identifizierten Anforderungen zuwendet, maßgeblich zum Gelingen der globalen Transformation beitragen kann. Entscheidend ist dabei jedoch, dass die Bearbeitung einzelner Fragen stets systemisch in den Kontext der Nachhaltigkeit eingebettet ist.

Die folgenden Forschungsfragen werden, entsprechend den Analysen in Kapitel 4 bis 6, nach den drei Transformationsfeldern Energie, Urbanisierung und Landnutzung gegliedert.

8.1.3.1 Transformation des Energiesystems

Für die Effektivität der Energieforschung bei der Unterstützung der Transformation ist zentral, dass die in Kapitel 8.1.1 beschriebene systemische Perspektive auch hier eine zentrale Rolle einnimmt. So auch die Forderungen der drei Wissenschaftsakademien Leopoldina, acatech und Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Leopoldina, 2009). Daraus folgt, dass die bisher im Mittelpunkt stehende Technologieentwicklung nur einen Teilbereich der Forschung darstellen kann, der in systemische Forschung zum Bedarf menschlicher Gesellschaften an Energiedienstleistungen und klimaverträgliche und nachhaltige Bereitstellung von Energie eingebettet ist.

Aus der Analyse in Kapitel 4 leiten sich für die weitere Technologieentwicklung folgende Prioritäten ab:

- *Bereitstellung erneuerbarer und anderer emissionsfreier Energien:* Um die langfristige Umstellung auf ein vollständig auf emissionsfreien Energien basierendes Energiesystem möglichst rasch und kostengünstig zu erreichen, ist die weitere Erforschung der verschiedenen Technologien zur Umwandlung der erneuerbaren Energie aus Sonne, Wind, Biomasse, Wasser, Erdwärme und dem Meer dringend erforderlich. In allen diesen Bereichen hat Forschung das Potenzial, sowohl kurzfristig inkrementelle als auch mittel- und langfristig bahnbrechende Verbesserungen der Effizienzen und Kosten zu erschließen (FVEE, 2010).
- *Effiziente Nutzung von Energie in allen Sektoren:* ist eine Voraussetzung für die Transformation, die weder in den diskutierten Politikmaßnahmen noch in den gegenwärtig verwendeten Energiemodellen ausreichend berücksichtigt wird: Technologien zur effizienten Nutzung von Strom, Treibstoffen oder direkter Wärme aus erneuerbaren Energien müssen in allen Verbrauchssektoren (weiter)entwickelt werden. Nur durch die Eindämmung des Endenergiebedarfs lässt sich eine nachhaltige Bereitstellung der Energie bewerkstelligen. Erforschung von Verbesserungen der Endnutzungseffizienz müssen dabei auch neue Geschäftsmodelle für Energiedienstleistungen umfassen.

Kasten 8.1-2

Analyse möglicher Entwicklungspfade der Energieflächenproduktivität

Zukunftspfade der Energieflächenproduktivität

Die Entwicklung der Energieflächenproduktivität (die für die Beschaffung einer Pro-Kopf-Energiemenge benötigte Fläche) und die Analyse ihrer möglichen Zukunftspfade kann als ein Beispiel eines Forschungsinhaltes im Schwerpunkt 2 der Transformationsforschung gelten. Abbildung 8.1-2 illustriert den Sachverhalt: Dargestellt ist der Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-Energieflächenbedarf und Pro-Kopf-Jahresenergieumsatz, in der Vergangenheit bis heute und für zwei alternative Zukunftsszenarien. Die Energieflächenproduktivität hat sich seit den Jäger-und-Sammler-Kulturen bis hin zur Industriegesellschaft insbesondere wegen zunehmender Nutzung fossiler Energiequellen drastisch verbessert.

Die Gesellschaft steht nunmehr an einem Scheideweg (Industriegesellschaft), an dem die Forschung Optionen für zukünftige Entwicklungen identifizieren und die jeweiligen Implikationen aufzeigen sollte. Der rote Pfad zur „Hyperenergiegesellschaft" könnte beispielsweise über die Kernfusion eingeschlagen werden. Diese würde rein physisch nahezu keine Fläche mehr benötigen, hätte jedoch erhebliche anderweitige Implikationen. Da die Fusionstechnologien bis 2050 keinen nennenswerten Beitrag zur globalen Energieversorgung leisten können werden, müsste bei der Verfolgung des roten Pfades bis dahin weiterhin fossile Energie in enormen Mengen verbraucht werden, was eine Klimastabilisierung unmöglich machen würde. Gleichzeitig beruht eine Verfolgung dieses Pfades auf der Illusion, dass das bisherige Entwicklungsmodell einfach fortgeführt werden kann. Aber selbst falls kohlenstofffreie Energie in ausreichendem Maße zur Verfügung stünde, würden mittelfristig andere planetarische Leitplanken durchbrochen, wenn 9 Mrd. Menschen einen westlichen Lebensstil mit ähnlich hohen Stoffflüssen führten.

Eine Entwicklung entlang des grünen Pfades zur „Nachhaltigkeitskultur" über den Einsatz erneuerbarer Energien und das Ausschöpfen von Effizienzpotenzialen hingegen läuft auf eine Dezentralisierung und damit wieder verstärkte Flächennutzung hinaus. Deren Implikationen, wie beispielsweise Konflikte um Landnutzung und mit der lokalen Bevölkerung sowie bei der Entwicklung und Implementierung von Technologien (Kap. 5.4.5.3), sollten berücksichtigt und minimiert (etwa durch Gemeinschaftsnutzung) werden.

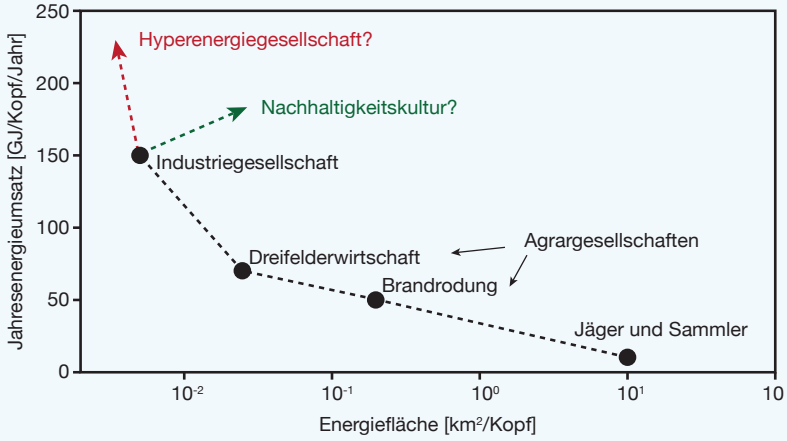


Abbildung 8.1-2
Entwicklung der Energieflächenproduktivität. Dargestellt ist der Pro-Kopf-Energieflächenbedarf über dem Pro-Kopf-Jahresenergieumsatz in der Vergangenheit bis heute (schwarz) und für zwei alternative Zukunftsszenarien (rot und grün). Quelle: WBGU, eigene Darstellung nach Datenquellen in Tabelle 2.2 aus Sieferle et al., 2006

- *Klimaverträgliche Mobilitätslösungen:* Besonders große Anstrengungen sind dabei für den Verkehrssektor aufzuwenden, der mangels moderner Technologien weiterhin auf fossile flüssige Treibstoffe angewiesen ist. Für den Personenlangstreckenverkehr sollte dafür – neben der Verwendung von alternativen Energieträgern wie z. B. erneuerbaren Gasen, die auch für den Güterverkehr benötigt werden – auch die Magnetschwebetechnologie weiter erforscht werden. Insbesondere für die Mobilität auf Kurz- und Mittelstrecken wird deutlich, dass nachhaltige Verkehrssysteme neben der technologischen Entwicklung auch vernetzte Forschungsanstrengungen unter Berücksichtigung der Aspekte Gesundheit, Umweltschutz und Urbanität verlangen.
- *Urbaner Energieverbrauch:* Die spezifische Bedeutung von urbanen Räumen als Zentren der Nachfrage von Energie, Gütern und Dienstleistungen, von Gebäudeflächen und Mobilität wird unzureichend verstanden und ist in Energiemodellen oft nur indirekt abgebildet. Gerade wegen der Langlebigkeit dieser Infrastrukturelemente bestehen hier große Pfadabhängigkeiten. Gleichzeitig eröffnen sich Optionen des Klimaschutzes, wenn Stadtentwicklung sich entschlossen am Primat der Treibhausgaseffizienz ausrichtet, insbesondere wenn dabei die Energieeffizienzpotenziale verwirklicht werden.

In Kapitel 4 wurde deutlich, dass die Umstellung auf erneuerbare Energien nur mit großen Veränderungen des Energieverteilungssystems zu erreichen ist. Daraus ergeben sich die folgenden technischen, ökonomischen

und sozialwissenschaftlichen Forschungsfragen zum Energiesystem:

- *Europäisches Stromnetz der Zukunft:* Der rasche Ausbau transkontinentaler Stromnetze (Super-Grids) in den Regionen mit bereits hoher Energienachfrage sind in hohem Maße transformationsrelevant, da die Umstellung auf eine klimaverträgliche Energieversorgung am günstigsten in einem integrierten Energiemarkt zu erreichen ist. Möglichst früh sollten daher in Modellen die Stabilität und Versorgungssicherheit eines kontinentalen Super-Grid erforscht werden. Zudem müssen die Kosten verschiedener Ausbauvarianten ermittelt und alternative Finanzierungskonzepte für den Ausbau erforscht werden. In Europa besteht bereits eine hohe Dichte an Übertragungsleitungen, die aber modernisiert und zwischenstaatlich verknüpft werden muss. Auch müssen die Orte hoher Ressourcenpotenziale (Nordsee/Atlantikküste: Wind; Südeuropa: Solar usw.) stärker ausgebaut werden. Für all diese Schritte müssen notwendige rechtliche Rahmenbedingungen geklärt sowie robuste partizipative Verfahren zur Planung der Leitungslegung entwickelt werden.
- *Speichertechnologien:* Sowohl in kontinentalen Supernetzen, wie sie für Europa vorgesehen sind, als auch für dezentrale Mininetze, wie sie für Gebiete, die noch keinen Elektrizitätszugang haben, zur Überwindung von Energiearmut erwogen werden, sind bei hohen Anteilen schwankender erneuerbarer Energien Kurz- und Langzeitspeicher nötig. Daher sollte in Zukunft die Erforschung diverser Speichertechnologien und deren optimierte Integration in die Energienetze intensiviert werden. Aus erneuerbarem, zeitweise überschüssigem Strom hergestellte Energiegase, wie z. B. Wasserstoff oder Methan, bieten eine nachhaltige Energieressource für Treibstoffe über die Elektromobilitätspotenziale hinaus und können gleichzeitig zu einer weitgehenden Vernetzung eines integrierten Energiesystems über die Grenzen Strom-Wärme-Treibstoff hinweg führen.
- *Strommarkt der Zukunft:* Derzeit wird diskutiert, ob bei steigendem Anteil fluktuierender erneuerbarer Energie aus Wind und Solarenergie der derzeitige grenzkostenbasierte Strommarkt weiterhin genügend Anreize für Investitionen in Erzeugungskapazitäten bietet, um die Versorgungssicherheit auf dem Elektrizitätsmarkt zu gewährleisten. In der aktuellen Debatte werden daher, analog zur Leistungsvergütung am Regelleistungsmarkt, Vorschläge wie die Einführung von Kapazitätsmärkten für konventionelle Spitzenlastkraftwerke diskutiert. Die erzeugte Energie (und damit der erwirtschaftete Gewinn am derzeitigen Markt) der konventionellen Kraftwerke sinkt mit zunehmendem Anteil von Wind und Photovoltaik. Ihre Reserveleistung wird jedoch noch benötigt, bis andere Optionen wie Speicher oder Ausgleich durch ein europäisches Supernetz zur Verfügung stehen. Für fluktuierende erneuerbare Energien ist zu erforschen, mit welchem Marktdesign diese Anlagen nach Erreichen der Wettbewerbsfähigkeit und dem Auslaufen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) finanziert werden können. Dabei sollten Anreize zur effizienten räumlichen und zeitlichen Aufteilung der Erzeugungskapazitäten gesetzt werden.
- *Hemmnisse und Blockaden für supranationale Energiepolitik:* Geeignete rechtliche Rahmenbedingungen sind die Basis für einen auf wissenschaftlicher Einsicht gestützten Transformationsprozess, da heute, anders als bei früheren Umwälzungen (Kap. 3), nicht zuletzt durch staatliche Eingriffe die Anreize für nachhaltiges Wirtschaften und Leben gesetzt werden müssen (Kap. 5). Hier bestehen noch erhebliche Forschungslücken: So setzt die in Kapitel 4 vorgeschlagene Umsteuerung der globalen und supranationalen Energieversorgung einen Rechtsrahmen voraus, der bislang nicht existiert. Bisher verfügt auch die Europäische Union nicht über die Zuständigkeit, die Energieversorgung der Unionsbürgerinnen und -bürger umfassend rechtlich zu steuern. Bereits die Errichtung eines transeuropäischen Super-Grids würde eine (bislang nicht vorhandene) Rechtsetzungskompetenz der EU voraussetzen. Eine solche Kompetenzerweiterung der EU muss mit existierenden Regelungen, insbesondere des EU-Verfassungsrechts, vereinbar sein. Inwieweit Restriktionen bestehen und ob gegebenenfalls auch die vorhandenen Kompetenzgrundlagen ausreichen, bedarf der rechtswissenschaftlichen Untersuchung.

Zusätzlich sind auch übergreifende Fragen zur Energienutzung zu erforschen, anhand derer sich in besonderer Weise die Notwendigkeit interdisziplinären Arbeitens und eines systemischen Ansatzes erkennen lässt:

- *Klimaneutrale Stadt:* Sowohl für bestehende als auch für gegenwärtig neu entstehende urbane Räume sind spezifische Forschungsansätze nötig, um kosteneffektive Pfade zur Klimaneutralität zu ermitteln. Gegenwärtig stattfindende klimaschonende Stadtentwicklungsprojekte sollten durch sozialwissenschaftliche Forschung flankiert werden. Sowohl für Pilotanlagen von Neustädten wie Masdar City als auch für Sanierungskonzepte wie Bottrop müssen u. a. auch „Businesskonzepte" entwickelt werden, die auch die Wirtschaftlichkeit und mögliche komparative Vorteile solcher Siedlungen untersuchen.
- *Technologieportfolio:* Es sollte untersucht werden, inwieweit ein nachhaltiges globales Energiesystem aus einem breiten Portfolio von Technologien beste-

hen muss oder mit wenigen ausgewählten Technologien auskommen kann. Neue Modellierungsansätze verfolgen dabei evolutionäre Modellstrategien alternativer Technologiebäume und agentenbasierte Modelle evolutionärer Entwicklungen.

- *Ausschöpfung von Energieeffizienzpotenzialen:* Die Analyse von Blockaden bei der Ausschöpfung von Energieeffizienzpotenzialen und die Entwicklung von Strategien zu deren Überwindung ist eine wichtige Forschungsfrage, die zentral für die Mobilisierung notwendiger Investitionen ist. Nach wie vor ist weitgehend unklar, warum bestimmte, bereits ohne CO_2-Bepreisung rentable Effizienzpotenziale nicht ausgeschöpft werden. Hier sollte z.B. anhand der Prinzipal-Agent-Theorie weiter untersucht werden, welche Barrieren dieser Tatsache auf individueller Ebene sowie auf der Ebene von Unternehmen zugrunde liegen und welche Rolle asymmetrische Information, unvollständige Verträge und das Diskontieren von in der Zukunft liegenden Rückflüssen dabei spielen.
- *Vollzug bestehender Gesetze:* Sowohl Deutschland als auch die EU haben zahlreiche rechtliche Maßnahmen ergriffen, um die Energieeffizienz zu steigern, z.B. das Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG) und die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (EnEV). Neuere Studien haben für Deutschland gezeigt, dass die angestrebte Energieeffizienz aufgrund mangelnder Umsetzung durch die Länder und mangelnden Vollzug durch die verantwortlichen Landesbehörden nicht annähernd verwirklicht wird (Ziehm, 2010). Es bedarf daher einer intensiven empirischen Forschung im Bereich des Vollzugs von Effizienz- respektive Klimaschutzgesetzen, um vorhandene Defizite zeitnah aufzudecken und zu beheben.
- *Effektive Finanzierungsmodelle für Energieeffizienz:* Die grundsätzliche Frage der Finanzierung von Energieeffizienzinvestitionen im privaten wie industriellen Bereich sollte noch besser beleuchtet werden. Zum Beispiel sollte die mögliche Rolle von Energieeffizienzanleihen als einem Finanzierungsinstrument untersucht werden, das Kapital von Sparern bzw. institutionellen Investoren zu einer attraktiven Verzinsung in Effizienzinvestitionen lenken würde. Die Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Verbreitung und Wirksamkeit relativ neuer gekoppelter Geschäfts- und Finanzierungsmodelle, wie z.B. Energy Service Companies (ESCO) oder Power Purchasing Agreements (PPA), sollten in diesem Zusammenhang stärker beleuchtet werden.
- *Einfluss des Verbraucherverhaltens:* Neben den Unsicherheiten zur technischen Innovation auf der Angebotsseite ist das von Lebensstilen geprägte Konsumentenverhalten auf der Nachfrageseite die größte Quelle für Unsicherheiten bei der Erstellung von Energieszenarien. Sozialwissenschaftliche Forschungsarbeiten sollten daher klären, welche Veränderungen in der Nachfrage möglich und erwartbar sind. Auch sollte der sogenannte Rebound-Effekt, der eine Verbrauchserhöhung als ungewollte Konsequenz von Effizienzverbesserungen beschreibt, besser verstanden werden. Diese Erkenntnisse sollten in Integrated-Assessment-Modellen integriert und bei der Erarbeitung von Energieszenarien berücksichtigt werden. Zudem bieten sie die Grundlage für weitere Forschungen, die wirksame Einflussmöglichkeiten auf das Konsumentenverhalten identifizieren. Dazu sollte auch geklärt werden, wie für Verbraucher die Auswirkungen ihres Verhaltens am Besten transparent gemacht werden können, so dass diese in der Lage sind, die effektivsten Emissionsreduktionen durchzuführen. Unvollständig verstanden sind z.B. die Bedeutung indirekter Treibhausgasemissionen (Hertwich, 2005; Peters und Hertwich, 2008a, b; Hertwich und Peters, 2009), ein Konzept, das weitere räumliche Disaggregationsebenen (z.B. urbane Ebene) betrachtet und an Bedeutung gewinnt.
- *Neue Technologien wie CCS oder Geoengineering* bedürfen einer gesamtgesellschaftlichen Risikoabwägung und -steuerung. Es bedarf einer Entscheidung über das „Ob", das „unter welchen Umständen", die „Höhe der in Kauf genommenen Risiken" und das „Wie" des Einsatzes dieser Technologien. Ein Rechtsrahmen zur Erforschung und zum Einsatz derartiger Technologien steht weitgehend aus. Insoweit ist fraglich, ob es spezieller Forschungs- und Erprobungsgesetze bedarf, die nur für einen bestimmten Zeitraum gelten und anschließend evaluiert werden. Die gesellschaftliche Akzeptanz durch Teilhabe bei Rechtsetzungsprozessen in diesem Bereich ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche großskalige Erprobung und Entwicklung von neuen Technologien, die von der Bevölkerung auch getragen werden. Daher sollte auch wissenschaftlich untersucht werden, welche Rolle frühzeitige Bürgerbeteiligung bei der Erarbeitung neuer Rechtsgrundlagen und transparente Kommunikationsstrategien in Gesetzgebungsprozessen übernehmen können (Kap. 7.4.3).

Wie im Kapitel 8.1.1 ausgeführt, ist entscheidend, dass diese Fragen nicht unabhängig voneinander, sondern inter- und transdisziplinär behandelt werden und insbesondere auch die technologieorientierte Forschung an die Erkenntnisse der übergreifenden Forschung rückgekoppelt wird.

8.1.3.2 Transformation im Bereich Urbanisierung

Städtische Infrastruktur ist durch ihre Langlebigkeit gekennzeichnet. Hier werden Weichenstellungen vorgenommen, die über Dekaden und Jahrhunderte hinweg wirksam sind und die Konsummuster und Handlungsmöglichkeiten (z.B. beim Transportbedarf und im Gebäudesektor) fundamental zementieren. Angesichts der Dringlichkeit, Emissionstrends rasch zu revidieren, um den globalen Temperaturanstieg auf maximal 2 °C begrenzen zu können, und des gegenwärtig beschleunigten Urbanisierungsprozesses ist dieser Sektor von größter Bedeutung für die Transformation (Kap. 1). Wissenschaft sollte hier Wege aufzeigen, wie die global fortschreitende Urbanisierung in klimaverträgliche Bahnen gelenkt werden kann, ohne dabei die planetarischen Leitplanken zu überschreiten. Dafür sind wichtig:

- Gestaltungsfragen und Anreizstrukturen für klimaverträgliche urbane Transformationsprozesse,
- Anforderungen an internationale Kooperation,
- notwendige Forschungsfragen und -gemeinschaften für die Urbanisierungsdynamik und ihre vielfältigen Nachhaltigkeitsimplikationen,
- Curricula-Entwicklung zur Nachhaltigen Urbanisierung.

Dazu sollten Pfade identifiziert werden, wie klimaverträgliche Städte im Jahr 2030 in unterschiedlichen Kontexten aussehen könnten (wuchernde Städte in Afrika; schrumpfende Städte in Europa; Reißbrettstädte und wachsende Metropolen in Asien; zusammenwachsende urbane Regionen in Europa, Asien, Amerika usw.). Städte sind durch enorme Komplexität und Heterogenität von Akteuren und Interessengruppen gekennzeichnet, was sie zu potenziellen Brennpunkten sozialer Konflikte, aber auch für Auswirkungen des Klimawandels macht. Hier sollte Forschung in allen Komponenten nachhaltiger Entwicklung (ökologisch, ökonomisch, sozial) aufzeigen, wie unterschiedliche Aspekte effektiv ineinander greifen können, um tragfähige Entwicklungspfade aufzuzeigen.

Daten über Urbanisierungstrends

Es bedarf globaler Datengrundlagen zu dem Phänomen der Urbanisierung selbst. Die vielfach verwendeten UN-Daten basieren auf den jeweils länderspezifischen Definitionen von Urbanisierung, die deutlich voneinander abweichen. Explizit gelistet werden auch nur Siedlungen mit mehr als 500.000 Einwohnern, die insgesamt weniger als 50 % der globalen urbanen Bevölkerung beherbergen. Methodisch einheitliche Daten auf globaler Ebene, wie z.B. die durch Fernerkundung aus Satellitendaten abgeleiteten Daten des Global Rural-Urban Mapping Project (CIESIN, 2005), sind nur für wenige separate historische Zeitpunkte verfügbar, die methodisch unterschiedlich erhoben wurden. Projektionen der zukünftigen räumlichen Verteilung von Bevölkerung und sozioökonomischer Aktivität sind auf globaler Ebene auf wenige akademische Studien beschränkt (Grübler et al., 2007).

Benötigt würden darüber hinaus ergänzende Daten über Infrastrukturausstattung und Ressourcenverbrauch auf urbaner Ebene. Aktuelle Arbeiten dazu sind weitgehend auf Sammlungen einzelner Fallbeispiele begrenzt. Wiederum dominieren dabei Hauptstädte in OECD-Ländern, die nur eingeschränkt repräsentativ für das globale Städtesystem sind (GEA, 2011).

Derzeit wachsen der Flächen- und Energieverbrauch der Städte in den meisten Fällen deutlich schneller als die Stadtbevölkerung. Eine Identifizierung maßgebender Faktoren dieser Entwicklung ist die Voraussetzung dafür, regulierende Maßnahmen zu entwickeln. Es sind zusätzliche und methodisch vergleichbare Daten über neue Formen des urbanen Wohnens, Arbeitens und der Mobilität erforderlich, um Simulationen von integrierten technischen und sozialen Strukturen zu ermöglichen.

Stadtkultur und Lebensstil

Es gilt zu klären, wie klimaverträgliche Stadtkulturen und Lebensstile aussehen können. Hierzu sollten gegenwärtige Trends analysiert werden. Beispielsweise hat das Aufkommen der Billigflieger den Wochenendtourismus in europäischen Metropolen beflügelt und damit ein Wachstum des Flugverkehrs und der damit verbundenen Emissionen verursacht. Andererseits nimmt unter jüngeren Menschen in westlichen Städten die Rolle des Autos als Statussymbol ab, aber neue Kommunikationsmittel nehmen als Statussymbol zu. Somit ergibt sich die Frage, welche Auswirkungen diese Entwicklungen auf das Mobilitätsverhalten haben und ob sie sich aktiv beeinflussen lassen. Auch ist zu klären, wie sich großflächige, insbesondere energetische Renovierungs-, Sanierungs- und Modernisierungsprozesse in gewachsenen und neuen Wohnvierteln auf die Stadtentwicklung und Stadtkultur auswirken, um mögliche Fehlentwicklungen und Zielkonflikte frühzeitig identifizieren und zukünftig vermeiden zu können.

Partizipation in der Raum- und Stadtplanung

Um auf kommunaler Ebene möglichst effizient arbeiten zu können gilt es, die Bevölkerung systematisch mit einzubeziehen. Hierzu ist qualitative Forschung zu Nachbarschaftsverhältnissen, Wohnquartieren und Milieus – also sozialen Beziehungen, Netzwerken und Konflikten im Wohnumfeld – notwendig. Besonders wichtige Forschungsfragen betreffen die Formen von Mediation, von Expertise und lokalem Wissen, die bei Konfliktprävention und -bearbeitung effektiv helfen,

gesellschaftliche Widerstände bei infrastrukturellen Großprojekten zu vermindern. Deliberative Formen der Planung und Beratung sollten somit ausgestaltet werden, und es sollte erforscht werden, wie sich Bürgerbeteiligung in lokalen Politikprozessen und partizipative Begleitung und Gestaltung der oben genannten Wandlungsprozesse durch Bürgerversammlungen, kommunale Parlamente, Interessengemeinschaften und Vereine organisieren lassen. Wichtig ist auch hier die Generierung übertragbarer Daten.

Klimaverträgliche Raum- und Stadtplanung

Um die in Kapitel 4 beschriebene Transformation des Energiesystems und der urbanen Räume zu bewerkstelligen, bedarf es einer grenzüberschreitenden Raum- und Infrastrukturplanung (Kap. 5.4.5.3). Der rechtliche Rahmen hierfür existiert bislang nur eingeschränkt. Es bedarf somit auch der rechtswissenschaftlichen Forschung, um diesen in Zusammenhang mit raumplanerischen Erfahrungen und Erkenntnissen zu entwickeln, das vorhandene Instrumentarium zu analysieren und hieraus Schlussfolgerungen für eine Fortentwicklung zu ziehen.

8.1.3.3 Transformation der Landnutzung

Transdisziplinäre Forschung kann Optionen für erhebliche Minderungen von Emissionen aus einer nachhaltigen Landnutzung entwickeln und Wege aufzeigen, wie beispielsweise die erforderliche Steigerung der Nahrungsproduktion klimaverträglich gelingen kann. Forschungsanstrengungen hinsichtlich effizienter und gerechter Einbindung unterschiedlicher Interessen sowie der Entschärfung von Konflikten der Landnutzung sind von enormer Bedeutung für eine dauerhafte Transformation. Zudem sind die Ernährungsgewohnheiten der Verbraucher entscheidend. Im Folgenden werden die Prioritäten für die Forschung im Themenbereich Landnutzung diskutiert.

Globale Landnutzung: Monitoring, Modelle und Szenarien

Für die Erarbeitung politischer Strategien für den Transformationsprozess sind Modellierung und Szenarienentwicklung wichtige Instrumente, mit denen die Beurteilung der Potenziale der globalen Landnutzung insgesamt und in ihren verschiedenen Sektoren beurteilt werden können. Von zentraler Bedeutung für eine erkenntnisgetriebene Transformation ist daher eine kontinuierliche Verbesserung der Datenlage zur Landnutzung. Neben der Ausweitung und Verfeinerung des Landnutzungsmonitoring müssen die Methoden zur verlässlichen Quantifizierung von Emissionen aus Landnutzungsänderungen (Entwaldung, Landdegradation, Desertifikation, Bodenerosion) und agrar- und forstwirtschaftlicher Nutzung durch satelliten- und bodengestützte Observation weiterentwickelt werden. Zudem sollten Modelle zur zukünftigen Entwicklung von Landnutzung und dadurch verursachten Treibhausgasemissionen verbessert werden, um den Beitrag dieses Sektors auf die Gesamtemissionen genauer bestimmen zu können und die Effektivität verschiedener Vermeidungsstrategien, wie z. B. Biomassenutzung, präzise zu erfassen. Es gibt derzeit nur wenige Instrumente, mit denen globale Strategien und Szenarien der Landnutzung durchgespielt werden können. Insgesamt bilden diese Arbeiten wichtige Bausteine für die wissenschaftliche Grundlage einer globalen Vision der zukünftigen Landnutzung (Kap. 7.3.7).

Nachhaltigkeit und indirekte Landnutzungsänderungen

Entscheidungen über Landnutzung in Deutschland oder Europa können erhebliche Fernwirkungen auf die Nachhaltigkeit und insbesondere die Treibhausgasemissionen anderer Regionen haben. Risiken für die natürliche Umwelt entstehen dann, wenn durch den zusätzlichen Anbau von Pflanzen für die energetische oder stoffliche Nutzung von Biomasse direkte oder indirekte Landnutzungskonkurrenzen ausgelöst oder verschärft werden. Über den Weltmarkt für Agrargüter erhält diese Verschiebung eine internationale Dimension. Bislang sind diese Zusammenhänge schwer zu quantifizieren, spielen aber in Treibhausgasbilanzen eine entscheidende Rolle. Für die Transformation der Landnutzung müssen diese Zusammenhänge erforscht werden, weil die Biomassenutzung in ihren vielfältigen Formen zukünftig wachsen wird, auch im internationalen Handel. In den letzten Jahren ist Forschungsarbeit an entsprechenden Methoden bzw. Faktoren verstärkt geleistet worden, aber die Ergebnisse sollten noch vertieft werden, so dass sie für die verschiedenen Stakeholder einfacher anwendbar sind. Unter anderem sollte hierbei die regionale Ausdifferenzierung der Risiken für Emissionen aus Landnutzungsänderungen verbessert werden.

Im Zuge der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft könnte die klare Abgrenzung der Biomassenutzung für Nahrung, Futter, Energie und Industrie verschwimmen, da die Märkte sich zunehmend überlappen. Deshalb sollten die naturwissenschaftlich-technischen und umsetzungsorientierten Forschungsarbeiten zur generellen Nachhaltigkeitszertifizierung von Biomasse verstärkt werden.

Emissionen aus Entwaldung und Walddegradation

Im Waldbereich gilt es zu klären, wie eine Transformation des Waldsektors in den tropischen Waldländern

gestaltet werden kann. Analysen zu den Treibern des Waldverlustes und den Gründen des Scheiterns bisheriger Waldpolitiken und Pionieranstrengungen bilden dafür die Grundlage. Zudem ist die Entwicklung von Konzepten für eine nachhaltige Bewirtschaftung tropischer Wälder notwendig, insbesondere unter Berücksichtigung der Frage, welche Rolle hier Zahlungen für Ökosystemleistungen übernehmen können (Kap. 5.4.5.3). Angesichts einer weltweit schnell wachsenden und unkontrollierten Fülle von Initiativen und Projekten zu REDD-plus unter der Führung verschiedener internationaler und nationaler Organisationen und ihren unterschiedlichen Vorstellungen zur Finanzierung für REDD-plus sollte darüber hinaus untersucht werden, wie die erforderlichen sozialen und ökologischen Maßstäbe am besten zu berücksichtigen sind. Dabei sollten vielfältige Forschungsfragen, z.B. zu den nationalen und internationalen rechtlichen Rahmenbedingungen, geklärt werden, um beispielsweise die Partizipation und Rechte indigener Bevölkerungsgruppen und lokaler Gemeinden zu gewährleisten oder die Errichtung von ausgedehnten Plantagenwäldern auf ehemaligen Moorböden zu verhindern. Entscheidend ist auch zu prüfen, wie verschiedene Modelle und Anreize zur generellen Beteiligung an REDD-plus sowie zum Erreichen eines hohen Investitionsniveaus optimal ausgestaltet bzw. gesetzt werden können. Es ist darüber hinaus wichtig zu verstehen, wie eine gerechte und transparente Verteilung der finanziellen Vergütungen für REDD-plus auf nationaler bis hin zur Projektebene gestaltet werden kann und inwieweit dabei die Aspekte der „guten Regierungsführung" (Good Governance) und der Schutz der Biodiversität als positive Nebeneffekte integriert werden können.

Landwirtschaft und klimaverträgliche Ernährung

Für die Entwicklung und Umsetzung einer weltweiten klimaverträglichen Landwirtschaft und Ernährung als Ziel der Transformation sind die Wissensgrundlagen zu verbessern. Zu klären ist, wie sich Emissionen über den gesamten Lebenszyklus von Agrargütern minimieren lassen. Beim Anbau wird es vor allem darum gehen, durch verbessertes Bodenmanagement die Anteile an organischem Kohlenstoff in den Böden zu verbessern (Rekarbonisierung der Böden). Dabei geht es aber nur zum Teil um naturwissenschaftlich-technische Forschung; es sollte auch erforscht werden, warum die bestehenden und bekannten Potenziale der Emissionsminderung in den Agrartechniken nicht ausreichend umgesetzt werden. Auch ist zu erarbeiten, welche Wirkung Preisanreize, Subventionen und andere politische Instrumente in diesem Zusammenhang haben. Vielfache Innovationen und deren rasche Diffusion sind in der Landwirtschaft nötig, um ihre negativen Auswirkungen auf Böden, Klima und Biodiversität zu senken und gleichzeitig die Weichen für eine ausreichende Nahrungsmittelversorgung für 9 Mrd. Menschen zu stellen. Die Wissenschaft sollte hierfür einerseits klären, welche Formen tatsächlich nachhaltig und klimaverträglich sind. Ebenso wichtig ist es zu überprüfen, inwieweit ein Kriterienkatalog zur „guten fachlichen Praxis" für eine nachhaltige und klimaverträgliche Landwirtschaft in den unterschiedlichen Regionen entwickelt werden kann und welche Mittel und Instrumente auf internationaler, nationaler und subnationaler Ebene zur praktischen Umsetzung notwendig wären. Die Transformation des Landwirtschaftssektors zur Nachhaltigkeit bedingt erhebliche Investitionen. Hier ist zu klären, wie vorhandene und zusätzliche finanzielle Mittel mobilisiert werden können und Landwirte Zugang zum nötigen Kapital bekommen können.

Transdisziplinäre Forschung ist auch notwendig, um Strategien zur Vermeidung indirekter Emissionen nach der Ernte, z.B. durch Verderben oder Wegwerfen, zu erarbeiten. Ganz entscheidend sind die Fragen zu Ernährungsgewohnheiten: Welche Trends sind in den verschiedenen Teilen der Welt sichtbar? Wie lassen sich Instrumente entwickeln, die darauf Einfluss nehmen? Wie lassen sich Informationen über Nachhaltigkeit und Emissionen am besten an die Bauern und Verbraucher herantragen? Es sollte geklärt werden, inwiefern Konsumentenentscheidungen einen Beitrag zur Steigerung der Klimaverträglichkeit leisten können und durch welche Preisanreize, Aufklärungs- und Informationsstrategien Nahrungsgewohnheiten in diesem Sinne positiv beeinflusst werden können.

Bioenergienutzung

Die Notwendigkeit eines systemischen Forschungsansatzes wird bei keinem Thema deutlicher als beim Thema Bioenergie. Der WBGU hat hierzu in einem Gutachten bereits ausführlich Stellung genommen (WBGU, 2009a). Die komplexe, wechselseitige Abhängigkeit von technischen, sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Faktoren der Bioenergie wurde exemplarisch durch die Auswirkungen der verstärkten Bioenergienutzung auf die Lebensmittelproduktion deutlich; dies zeigt, dass die Ergebnisse isolierter Forschungsbetrachtungen nicht ausreichen, um die Nützlichkeit von einzelnen Vermeidungsstrategien zu beurteilen.

Auf technischer Seite sollte daher Bioenergienutzung der nächsten Generation erforscht werden, die einen geringeren Einfluss auf die Nahrungsmittelproduktion hat. Rechtlich und ökonomisch sind die Fragen zu klären, welche Aufteilung der Agrarproduktion für Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion ökonomisch sinnvoll ist und mit welchen rechtlichen Rahmenbedingungen erreicht werden kann, dass von

ökonomisch optimaler Nutzung gerade die Ärmsten profitieren.

8.1.4 Analyse ausgewählter Forschungsstrategien und -programme

Das folgende Unterkapitel analysiert, inwieweit ausgewählte Forschungsstrategien und -programme den Anforderungen an Forschung für die Transformation entsprechen und inwiefern sie die vom WBGU aufgeführten Forschungsfragen bereits adressieren. Hierfür wurden übergreifende und themenspezifische Strategien und Programme der Europäischen Union sowie der Bundesregierung ausgewählt, die sowohl politisch prominent als auch thematisch relevant sind. Die Diskussion versteht sich nicht als umfassende Evaluation. Vielmehr zeigt sie in schlaglichtartiger Weise den Status quo und Ansatzpunkte für Veränderungen auf und gibt Anregungen zur weiteren Entwicklung und Ausrichtung deutscher und internationaler Forschungspolitik.

Analyseleitfaden für Strategien und Programme

Zur Analyse und Diskussion der Forschungsstrategien und -programme wurden zum einen die Kriterien in Tabelle 8.1-1 herangezogen; diesen liegen die in Kapitel 8.1.1 aufgeführten Anforderungen an Forschung für die Transformation zugrunde. Zum anderen erfolgte ein Abgleich mit den im Kapitel 8.1.3 identifizierten Forschungsfragen für die Transformationsfelder.

Wie bereits oben ausgeführt, ist ein reflexiver und systemischer Ansatz bei der Forschung zentral. Er wird hier aber nicht als eigenes Kriterium abgefragt, sondern durch die Anforderungen Interdisziplinarität, Transdisziplinarität, internationale Reichweite und die Berücksichtigung von Verbreitungsbedingungen annäherungsweise abgebildet.

Die in der Tabelle 8.1-2 dargestellte Übersetzung der einzelnen Anforderungen in verschiedene Kriterien macht die Analyse transparent und erleichtert deren Diskussion. Die Ergebnisse der Analyse sind in die Analysebereiche „Ziele“, „Struktur“ und „Ergebnisse“ der Forschung gegliedert. Auch werden die Analyseergebnisse über mehrere Programme aggregiert präsentiert. Dies ermöglicht es, ein Schlaglicht auf die aktuelle Forschungsförderlandschaft zu werfen und generelle transformationsrelevante Gewichtungen und Trends auszumachen. Insgesamt beruht die Analyse auf Texten strategischer oder programmatischer Natur, so dass die folgenden Aussagen nicht notwendigerweise auf alle geförderten Einzelprojekte innerhalb der Fördermaßnahmen zutreffen.

8.1.4.1 Europäische Forschungspolitik

Das unmittelbare Ziel der EU-Forschungspolitik ist die Schaffung eines einheitlichen europäischen Forschungsraums bis zum Jahr 2020. Dieser soll die ungehinderte Zirkulation von Forschern, Wissen und Technologien innerhalb der EU-Mitgliedstaaten ermöglichen. Der Europäische Forschungsraum als solcher soll einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Union leisten.

Grundlegend für die weitere Entwicklung des europäischen Forschungsraums ist das Grünbuch 2007 zum Europäischen Forschungsraum (EU COM, 2007b). Ebenfalls analysiert wurden wichtige Instrumente der EU-Forschungspolitik, die konstitutiv für den Europäischen Forschungsraum sind: Das Kooperationsprogramm im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (EU COM, 2006a), das Instrument „Gemeinsame Planung der Forschungsprogramme“ (Joint Programming; EU COM, 2008a), das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (European Institute of Innovation and Technology, EIT; EU COM, 2008b) sowie die Joint-Technology Initiatives (EU COM, 2005, 2007a).

Als thematisch relevante Strategien wurden der europäische Strategieplan für Energietechnologien (Strategic Energy Technology Plan, SET Plan; EU COM, 2009a), die Roadmap der Public-Private-Partnership (PPP) für Forschung für energieeffiziente Gebäude (EU COM, 2010a) und die Wissens- und Innovationsgemeinschaft zum Thema Klima (Knowledge and Innovation Centers; Klima-KIC, 2011) im Rahmen des EIT berücksichtigt.

Ziele

Klimaverträglichkeit ist in den meisten Fällen als direktes oder indirektes Teilziel – über Integration in breitere Umweltziele oder unter dem allgemeineren Ziel, auf gesellschaftliche Herausforderungen zu reagieren – enthalten. Auch wenn die Klimaverträglichkeit, wie in der Roadmap für das PPP Energieeffiziente Gebäude oder dem SET Plan, direkt als Ziel genannt ist, steht sie jedoch fast immer gleichwertig neben den Zielen wirtschaftliche Entwicklung und Wettbewerbsfähigkeit. Im Rahmen der Joint Technology Initiative ist Klimaverträglichkeit kein Ziel. Im Rahmen des Joint Programming ist explizit genanntes Ziel, Forschung zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen zu finanzieren.

Von den drei großen Aspekten der nachhaltigen Entwicklung – Ökologie, Ökonomie, Soziales – werden direkt und prominent in den meisten betrachteten Strategien und Programmen die Aspekte wirtschaftliche Entwicklung und Umweltschutz angesprochen. Aspekte sozialer Entwicklung sind nur im Grünbuch

Tabelle 8.1-2
Kriterien zur Analyse von Strategien und Programmen der Forschungsförderung.
Quelle: WBGU

Analysebereich	Anforderungen	Kriterien
Ziele	Klimaverträglichkeit	Alleiniges Ziel, Teilziel, untergeordnet; Zielkonflikte
	Einbettung in den Kontext der Nachhaltigkeit	Reflektion der Wechselwirkungen des eigenen Forschungsgegenstands mit anderen Umweltproblemen, Effekten auf nachhaltiges Wachstum sowie globaler Verteilungsgerechtigkeit
Struktur	Interdisziplinarität	Kooperation zwischen Ingenieur- und Naturwissenschaften oder auch mit Sozialwissenschaften
	Gesellschaftliche Relevanz	Verbreitung von Forschungsergebnissen an Politik und Gesellschaft
	Transdisziplinarität	Kooperation mit Stakeholdern
	Beschleunigung	Politische Priorität, adäquate Mittelzuwendung
	Internationale Reichweite	Integration von Wissenschaftlern aus Nicht-OECD-Ländern
Ergebnisse	Technologische und soziale Innovationen	Generierung klimaverträglicher Alternativen zu bestehenden Technologien und sozialen Praktiken; Lösungsorientierung
	Verbreitungsbedingungen von Innovationen	Berücksichtigung von globaler Diffusion, Akzeptanz und von nationalen bzw. internationalen Rahmenbedingungen
	Politische Strategien	Erarbeitung und Diskussion politischer Maßnahmen zur Verbesserung der Verbreitungsbedingungen bzw. Umsetzung der Transformation

zur Entwicklung des Europäischen Forschungsraums genannt.

Struktur

Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist als mögliche Form der Zusammenarbeit in allen betrachteten Programmen und Strategien genannt. Die Strategie zur Schaffung eines einheitlichen Europäischen Forschungsraumes sieht auch die Förderung von Maßnahmen zur Unterstützung interdisziplinären Forschens vor. Allerdings wird Interdisziplinarität in keiner der betrachteten Strategien verbindlich gefordert noch werden die notwendig zu beteiligenden Disziplinen weiter qualifiziert. Lediglich in der Roadmap des PPP Energieeffiziente Gebäude lässt die Formulierung einiger Forschungsfragen den Schluss zu, dass Kooperationen zwischen Ingenieur- und Sozialwissenschaften notwendig sind. Die einzelnen Komponenten des Strategieplans für Energietechnologien sehen rein technische Forschungsvorhaben ohne Beteiligung der Sozialwissenschaften vor.

Kooperationen mit Stakeholdern sind im Rahmen aller betrachteten EU-Politiken möglich und in den meisten Fällen ausdrückliches Ziel. Im Prozess zur Schaffung des Europäischen Forschungsraumes sind öffentlich-private Kooperationen ausdrückliches Ziel. Allerdings werden die Kooperationen auf dieser strategischen Ebene nicht weiter beschrieben. Werden Kooperation weiter ausgeführt, sind in den allermeisten Fällen als beteiligte Stakeholder lediglich Unternehmen vorgesehen. Sie sind auch die einzigen Stakeholder, die direkt in den Forschungsprozess eingebunden werden sollen. Gesellschaft und Politik sind meist als Adressaten von Forschung genannt. Ausnahmen sind das EIT und die von ihm geförderte Klima-KIC sowie das Joint Programming.

Das EIT sieht vor, dass geförderte Forschung einen Dialog mit der Zivilgesellschaft führt. Im Rahmen der Klima-KIC sind auch Vertreter der Zivilgesellschaft als Forschungsförderer und Vertreter der Politik sowie Hochschulen zur Entwicklung von Studiengängen eingebunden. Im Joint Programming ist Beteiligung der Stakeholder bei der Durchführung der Forschung ausdrückliches Ziel. Die Beteiligung von Unternehmen ist möglich, Vorraussetzung für die Durchführung von Projekten ist allerdings die Zusammenarbeit verschiedener Regierungen (Public-Public, statt Private-Public). In der Roadmap PPP Energieeffiziente Gebäude sind keine direkten Hinweise auf die Integration von Stakeholdern enthalten.

Der Programmteil „Kooperation“ des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms hat ein Gesamtfördervolumen von etwa 32,4 Mrd. €. Davon entfallen 2,4 Mrd. €

auf die Energieforschung und 1,9 Mrd. € auf das Thema Umwelt inklusive Klimawandel (EU COM, 2011c). Die größten Posten sind 9,1 Mrd. € für Informations- und Kommunikationstechnologien sowie 6,1 Mrd. € für Gesundheit. Das Europäische Energieinstitut hat für den Zeitraum von 2008 bis 2013 einen Etat von 309 Mio. €, für die PPP Energieeffiziente Gebäude einen Etat von 1 Mrd. € (2009 bis 2013). Die Themen Energie und Umwelt- bzw. Klimawandel sind damit angesichts ihrer zentralen Relevanz für die Transformation in der europäischen Forschungsförderung deutlich untergewichtet.

Der SET Plan selbst fördert keine Forschung; allerdings schlägt er Summen vor, die im Rahmen von Europäischen Industrie-Initiativen (EII) in die einzelnen Technologiebereiche investiert werden sollten, um kostengünstige, klimaverträgliche Technologien zu entwickeln. Die von der EU-Kommission veranschlagte, über einen Zeitraum von zehn Jahren von Industrie, Mitgliedsländern und EU zu investierende Gesamtsumme beläuft sich auf 58,5–71,5 Mrd. €, wobei sich die Mittel wie in Tabelle 8.1-3 gezeigt verteilen (EU COM, 2009b).

Die Mittelaufteilung des SET-Plans zeigt deutlich die Prioritäten der EU-Kommission, die weiterhin fossiler und nuklearer Energie eine große Bedeutung beimisst. Nach Ansicht des WBGU müssten Wind- und Stromnetztechnologien deutlich stärker gewichtet sein. Zudem wäre zu erwägen, den SET-Plan von den angebotsseitigen auf die verbrauchsseitigen Energietechnologien auszuweiten, da auch die Energieeffizienz von hoher strategischer Bedeutung ist. Auf eine erforderliche Umgewichtung der Prioritäten deuten auch wissenschaftliche Untersuchungen zur Forschungsförderung hin (Grübler und Riahi, 2010; IEA, 2010b).

Im Vergleich zum 7. EU-Forschungsrahmenprogramm und zum SET-Plan fallen Initiativen, die zumindest in Ansätzen innovative Forschungskonzepte fördern, wie das Europäische Energieinstitut, vergleichsweise klein aus. Die PPP Energieeffiziente Gebäude zeigt, dass die EU in der Lage ist, in kurzer Zeit thematisch versierte Forschungsprogramme in mittlerer Höhe aufzulegen. Dies sollte für transformationsrelevante Forschungsthemen wie etwa die Magnetschwebetechnologie auch geschehen.

Die überwiegende Zahl der Strategien und Programme sieht zwar die Möglichkeit zur internationalen Kooperation vor, diese ist aber nur in Ausnahmefällen ausdrückliches Ziel. Auch ist die internationale Kooperation, sofern sie erwähnt wird, nicht in den Rahmen der nachhaltigen Entwicklung eingebettet. So soll etwa beim Europäischen Innovations- und Technologieinstitut internationale Kooperation lediglich der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft dienen. Im Strategieplan für Energietechnologien heißt es, dass internationale Kooperation mit Industrieländern in den Bereichen Sicherheit (safety) und gesellschaftliche Akzeptanz und auf Ebene der Grundlagenforschung stattfinden soll. Mit Schwellen- und Entwicklungsländern soll internationale Kooperation zur Erschließung neuer Märkte für in der EU produzierte Energietechnologien dienen. Lediglich die Roadmap PPP Energieeffiziente Gebäude nennt als Ziel der Kooperation mit Entwicklungsländern die Überwindung des Problems des Klimawandels.

Tabelle 8.1-3
Geschätzte Gesamtkosten der Europäischen Industrieinitiativen.
Quelle: EU COM, 2009b

Europäische Industrieinitiativen	Geschätzte Gesamtkosten für 10 Jahre [Mrd. €]
Wind	6
Solar (PV & CSP)	16
Bioenergie	9
CCS	10,5–16,5
Stromnetze	2
Nuklear	5–10
Smart Cities	10–12

Ergebnisse

Fast alle betrachteten Strategien und Programme unterstützen ausschließlich technologische und keine sozialen Innovationen. Werden technologische Innovationen unterstützt, ist ihre Klimaverträglichkeit jedoch nicht immer eindeutiges Ziel. Das 7. EU-Forschungsrahmenprogramm unterstützt beispielsweise Innovationen generell, was grundsätzlich auch potenziell klimaschädliche Innovationen einschließt. Als positives Beispiel kann das EIT hervorgehoben werden, das ausdrücklich die Entwicklungen von neuen Produkten und Dienstleistungen als Ziele nennt. Auch beim Joint Programming ist aufgrund des Zieles der Überwindung gesellschaftlicher Herausforderungen offensichtlich, dass soziale Innovationen auch Ziel sein können. Dagegen nennt der SET-Plan nur klimaverträgliche technische Innovationen ausdrücklich als Ziel.

In der Breite wird die Reflektion über Verbreitungsbedingungen durch die Beteiligung von Unternehmen berücksichtigt. Ihre Kooperation in Forschungsprojekten soll die Umsetzung der Forschung in marktfähige Produkte und deren Verbreitung über Märkte sicherstellen. Lediglich im Strategieplan für Energietechnologien sowie in der Roadmap für PPP Energieeffiziente Gebäude wird deutlich, dass neben Märkten weitere Diffusionsmechanismen für die anvisierten technolo-

gischen Innovationen notwendig sind. Es bleibt aber offen, ob die Bestimmung notwendiger Verbreitungsbedingungen auch Teil der einzelnen Forschungsprojekte sein soll.

Die betrachteten Strategien und Programme lassen nicht erkennen, dass politische Strategien zur Erreichung der Verbreitungsbedingungen entwickelt werden sollen. Dies ist sicher der Tatsache geschuldet, dass die Verbreitungsbedingungen nicht explizit reflektiert oder mit existierenden Märkten abgeglichen werden.

8.1.4.2 Deutsche Forschungspolitik

Bevor in den folgenden Abschnitten themenspezifische Forschungsförderungsprogramme analysiert werden, werden zunächst einige thematisch übergreifende Forschungsstrategien und –programme der Bundesregierung untersucht: die Hightech-Strategie (BMBF, 2010a), die Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 (BMBF, 2010b), das Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA; BMBF, 2009), die Sozial-ökologische Forschung (SÖF; PT-DLR, 2007) sowie der Pakt für Forschung und Innovation (BMBF, 2010g).

Ziele

In fast allen betrachteten Strategien und Programmen ist Klimaverträglichkeit neben anderen Umweltzielen und dem Ziel der Wettbewerbsfähigkeit genannt. In der Hightech-Strategie und im FONA-Rahmenprogramm ist der Klimaschutz eines der zentralen Aktionsfelder. Bei der BioÖkonomie und SÖF wird Klimaschutz genannt und findet sich unter den prioritären Zielen. Lediglich beim Pakt für Forschung und Innovation ist Klimaverträglichkeit als Ziel nicht genannt, da die Hauptziele in einer engeren Verzahnung der Forschung untereinander und mit der Wirtschaft bestehen.

Einen ausdrücklichen Bezug zur Nachhaltigkeit und zum Ziel der Gleichgewichtung der drei Aspekte der Nachhaltigkeit finden sich im FONA-Rahmenprogramm sowie in der Sozial-ökologischen Forschung. In den übrigen Strategien sowie in der BioÖkonomie-Strategie wird Nachhaltigkeit als Ziel genannt, die Gewichtung der drei Aspekte untereinander bleibt aber unklar. Der Pakt für Forschung und Innovation nimmt überhaupt keinen Bezug auf Nachhaltigkeit.

Struktur

Alle Programme ermöglichen Interdisziplinarität. Ausdrückliches Ziel ist sie im FONA-Rahmenprogramm, in der Sozial-ökologischen Forschung sowie im Pakt für Forschung und Innovation. Dabei unterstützen lediglich das FONA-Rahmenprogramm und die Sozial-ökologische Forschung sowie die Forschungsstrategie BioÖkonomie ausdrücklich die Kooperation von Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften. Innerhalb der Hightech-Strategie für Klimaschutz bleibt die sozioökonomische Forschung ein eigenständiger Programmteil, für den zumindest auf programmatischer Ebene keine Verbindung zu den stärker natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten Teilen verankert ist.

Die Beteiligung von Stakeholdern ist Ziel in allen Programmen. Allerdings sind mit Ausnahme von FONA und SÖF ausschließlich Unternehmen als Beteiligte an Forschungsprogrammen adressiert. Die Einbindung weiterer gesellschaftlicher Stakeholder fehlt. In der BioÖkonomie-Strategie ist Gesellschaft lediglich Adressat von Forschung, ist aber nicht an der Festlegung von Zielen und an der Durchführung beteiligt.

Internationale Kooperation ist Bestandteil aller Programme. Das FONA-Rahmenprogramm sowie die BioÖkonomie-Strategie haben den Aufbau wissenschaftlicher Kapazitäten in Entwicklungsländern sowie Kooperationen mit Einrichtungen der Spitzenforschung zum Ziel. Auch im Rahmen der Hightech-Strategie ist die Kooperation mit China und Indien explizit erwähnt. Lediglich der Pakt für Forschung und Innovation hat die globale Kooperation nicht zum Ziel.

Ergebnisse

Im Regelfall haben die untersuchten Programme klimaverträgliche Innovationen zum Ziel. Allerdings liegt der Schwerpunkt auf technologischen Innovationen. Soziale Innovationen werden nur im FONA-Rahmenprogramm sowie in der Sozial-ökologischen Forschung angesprochen. Insbesondere bei der Forschungsstrategie BioÖkonomie sollte die Suche nach sozialen Innovationen stärker in den Mittelpunkt rücken. Angesichts der erwarteten Nachfragesteigerungen im Bereich Landnutzung (Kap. 1.2) sollte nicht nur auf Produktivitätssteigerungen auf der Angebotsseite gesetzt werden. Forschung zu Strategien für nachfrageseitige Effizienz und Substitution vor allem flächen- bzw. emissionsintensiver Produkte sollte ein deutlich größeres Gewicht bekommen. Die Treiber der Nachfrage sollten besser analysiert und politische Strategien zur Einflussnahme untersucht werden. Ein wichtiger Treiber sind Ernährungsstile mit hohen Anteilen flächenintensiver tierischer Produkte, die kaum auf nachhaltige Weise globalisierbar sein dürften. Forschungsfragen zur Veränderung von Lebensstilen in Verbindung mit Ernährungsweisen sollten ergänzt und mit denen der Gesundheitsforschung verknüpft werden. Ein weiterer Treiber ist die Bioenergieentwicklung, die immense Nachfrageschübe auslösen kann. Ohne Steuerung bringt der Bioenergieausbau erhebliche Risiken für Nachhaltigkeit und Ernährungssicherung sowie für vermehrte Landnutzungskonflikte mit sich. Der WBGU hat daher

in seinem Bioenergiegutachten nicht nur Forschungsempfehlungen zu Technologien, sondern u. a. auch zur Gestaltung von Bioenergiepolitik (z. B. zur Standardsetzung) unterbreitet (WBGU, 2009a).

Verbreitungsbedingungen von Innovationen werden im FONA-Rahmenprogramm sowie in der Hightech-Strategie direkt angesprochen. In der Hightech-Strategie werden Verbreitungsbedingungen allerdings auf die Aspekte günstiges Innovationsklima und Planungssicherheit für Unternehmen verengt.

Politische Strategien werden explizit lediglich im FONA-Rahmenprogramm als Bestandteil der Forschung entwickelt. Da insgesamt soziale Innovationen vernachlässigt sind, werden auch politische Strategien zur Verbreitung derselben nur unzureichend untersucht. Insbesondere die Beeinflussung der Nachfrage nach materiellen Dienstleistungen, etwa durch Preise, sollte in der Forschungsstrategie BioÖkonomie behandelt werden.

8.1.4.3 Forschungsförderung im Bereich Energie

Die Forschungsförderung im Bereich Energie orientiert sich weiterhin am noch gültigen übergeordneten 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, welches im Frühjahr 2011 abgelöst werden soll. Um die strategische Ebene deutscher Energieforschungsförderung fundiert beurteilen zu können, werden neben diesem schon knapp sechs Jahre alten 5. Energieforschungsprogramm (5. EFP; BMWA, 2005) auch aktuellere Programmtexte zu Teilprogrammen in den Bereichen Energieeffizienz (BMWi, 2008a, 2010a), intelligente Netze (BMWi, 2008b, 2010b), Elektromobilität (Bundesregierung, 2010) sowie der Grundlagenforschung zur Energie (BMBF, 2008) und der Umweltforschung (BMU, 2009, 2010b, 2011) analysiert. Darüber hinaus werden, soweit möglich, die knappen Ausführungen des Energiekonzepts der Bundesregierung (BMWi und BMU, 2010) zur Energieforschung, die einige Details des 6. Energieforschungsprogramms vorwegnehmen, berücksichtigt.

Ziele

Im klassischen Zieldreieck der deutschen Energiepolitik ist die Klimaverträglichkeit als Teil der Umweltverträglichkeit fest etabliert, was sich in allen Programmtexten niederschlägt. Während jedoch das 5. EFP noch einen ausgewogenen „Energiemix unter Einschluss von Stein- und Braunkohle“ (BMWA, 2005) als Zielenergiesystem ausgibt, soll das 6. Energieforschungsprogramm laut Energiekonzept den „Übergang in das Zeitalter der erneuerbaren Energien“ ermöglichen. Damit ist die Bundesregierung einen Schritt in Richtung konsequente Konkretisierung der Klimaverträglichkeit in einem vollständig dekarbonisierten Energiesystem gegangen. Für den Text des 6. EFP wäre eine unmissverständliche Formulierung dahingehend als Orientierungsziel wünschenswert.

Die Bedeutung einer sicheren und allgemein preiswerten Energieversorgung für die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft wird jeweils betont, ohne jedoch mögliche nationale und internationale Verteilungseffekte sowie internationale Nachhaltigkeitseffekte unterschiedlicher Energiesysteme zu thematisieren. Umweltverträglichkeit ist als eine der drei Ecken des Zieldreiecks aufgeführt. Umweltrelevante Effekte der unterschiedlichen Energietechnologien jenseits ihrer Klimawirkung werden nur bei der ökologischen Begleitforschung des BMU im 5. EFP explizit angesprochen.

Struktur

Mit Blick auf die strukturellen Anforderungen können bei den Förderprogrammen der Energieforschung noch Defizite festgestellt werden. Interdisziplinarität wird zwar vereinzelt erwähnt, außer beim Teilprogramm „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (BMBF, 2008) aber nicht als zentrales Merkmal von zielgerichteter Energieforschung verstanden. Sozialwissenschaften sind nur bei der Forschung zu „Übergreifenden Forschungsthemen für Erneuerbare Energien“ des BMU (BMWA, 2005) und in einigen energiebezogenen Umweltforschungsplan-Projekten beteiligt und in keinem der Förderprogramme zentral in die Energieforschung eingebunden.

Direkte Beteiligung am Forschungsprozess wird mit der Wirtschaft angestrebt, die Kooperation mit Politik und Zivilgesellschaft bei der Forschung wird nicht erwähnt. Das Förderprogramm „Klimaschutz und Energieeffizienz“ (BMWi, 2008a) enthält mit dem BINE-Informationsdienst allerdings ein Projekt zur Verbreitung der Forschungsergebnisse, obwohl auch hier die primäre Zielgruppe die mittelständische Wirtschaft ist, neben Entscheidungsträgern, Investoren und Multiplikatoren im Bildungsbereich.

Der Umfang der Förderung für Energieforschung hat in den letzten fünf Jahren absolut zugenommen, von 450 Mio. € 2005 auf 691 Mio. € 2010 (BMBF, 2010c). Der relative Anteil der Energieforschung an den gesamten Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung war allerdings im Jahr 2010 mit 5,4 % (691 von 12.707 Mio. €; BMBF, 2010c) immer noch gering. Dieser Anteil war 1991 mit 7,1 % noch wesentlich höher als 2010; damals war sogar der absolute Wert der Förderung mit etwas über 700 Mio. € höher (BMWi, 2011). Für 2010 entfallen 25,6 % (177 Mio. €) auf nukleare Energieforschung, Beseitigung kerntechnischer Anlagen und Kernfusionsforschung. Die restlichen Aufwendungen in Höhe von 514 Mio. € entfallen auf

Forschung und Entwicklung für Kohle und andere fossile Energieträger, erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendung (BMBF, 2010c).

Während für das 5. EFP ursprünglich 1,7 Mrd. € für 4 Jahre vorgesehen waren (BMWA, 2005), soll das 6. EFP auch durch Mittel aus dem Energie- und Klimafonds besser ausgestattet werden (BMWi und BMU, 2010).

Die IEA geht davon aus, dass die derzeitige öffentliche Forschungsförderung für erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Smart-Grids von 5,5 Mrd. US-$ pro Jahr um einen Faktor von etwa 6–13 ausgeweitet werden müsste, um ambitionierten Klimaschutz umzusetzen (IEA, 2010b). Die Europäische Kommission schätzt, dass bis 2020 innerhalb der Europäischen Union 31 Mrd. € in Forschung und Entwicklung für Wind, Solar- und Bioenergie investiert werden müssen, um dem Klimawandel zu begegnen, Energiesicherheit herzustellen und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit sicher zu stellen (EU COM, 2009b). Im Lichte dessen sollte die Energieforschungsförderung des Bundes noch deutlich schneller als in den letzten Jahren mit deutlicher Fokussierung auf erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendung aufgestockt werden.

Die Fördersummen im Bereich der Kernfusionsforschung – 2010 waren mit 143 Mio. € ca. 21% der gesamten Energieforschungsförderung für diesen Bereich vorgesehen (BMBF, 2010c) – sind angesichts der Tatsache, dass bis 2050, also in dem Zeitraum, in dem die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft abgeschlossen sein sollte, Energie aus Fusionskraftwerken nicht zur Verfügung stehen wird, immer noch hoch und sollten der aktuellen Lage angepasst werden. Die potenziell möglichen Beiträge aus dieser Quelle für eine langfristige Energieversorgung sollten jedoch nicht ausgeschlossen werden; dies könnte durch eine zeitliche Streckung der Forschungsanstrengungen erreicht werden, um damit Mittel freizusetzen, die für Arbeiten mit höherer Priorität benötigt werden.

Internationale Kooperation in der Forschung ist Teil jedes größeren Programms. Dabei konzentriert sich die Zusammenarbeit aber explizit auf Länder der EU und der OECD sowie auf direkte Kooperationen mit EU und IEA. Auch wenn nur OECD-Länder Mitglied bei der IEA sind, werden von der IEA zumindest engere Kooperationen mit den wichtigen Ländern Russland, China und Indien angestrebt, wie das BMWi bemerkt (BMWi, 2008a).

Ergebnisse

Insgesamt ist die Forschung aus Sicht des WBGU noch zu weit auf technische Anwendungen ausgerichtet. Die Identifizierung der nötigen Verbreitungsbedingungen sowie möglicher unterstützender politischer Maßnahmen nimmt einen noch zu geringen, wenn auch zunehmenden Raum ein. Der überwiegende Teil der Forschung ist ingenieur- und naturwissenschaftlich ausgerichtet und so liegt das Hauptaugenmerk auf der Entwicklung technologischer Innovationen, die effizientere, günstigere und umweltfreundliche Energienutzung zum Ziel haben. Daneben gibt es aber durchaus auch Projekte, die auf die Entwicklung neuer Verhaltensmuster und Geschäftsmodelle im Bereich der Energienutzung abzielen, insbesondere im Förderprogramm E-Energy (BMWi, 2008b). Dieser Fokus sollte bei anderen Programmen, insbesondere solchen mit Bezug auf Energienachfrage und Effizienzverbesserungen, noch ausgebaut werden.

Erforschung von Energietechnologien wird in den meisten Fällen als Beitrag zur Verbesserung der Exportmöglichkeiten für deutsche Firmen verstanden, insofern wird die globale Diffusion berücksichtigt. Nationale Rahmenbedingungen zur flächendeckenden Implementierung der Innovationen werden teilweise berücksichtigt, z.B. beim Förderkonzept „Energieeffiziente Stadt“ (BMWi, 2008a). Auch wenn die Veränderung der Energiebasis ein entscheidendes Element jeder bisherigen großen Transformation war (Kap. 3) und trotz der Erkenntnis, dass ein systemischer Wechsel auf moderne erneuerbare Energien bevorsteht, gibt es kein Forschungsprogramm zur systematischen Analyse von Transformationsprozessen im Energiesystem. Im Rahmen mehrerer Programme werden jedoch Energiesystemmodelle und Integrated-Assessment-Modelle (Kap. 4.2) zur Entwicklung von Szenarien für die Entwicklung der Energienutzung in den nächsten Dekaden benutzt (BMWi, 2008a, 2010a; BMU, 2010b). Auf welchem Weg die Ergebnisse dieser Forschung bei der Festlegung der Forschungsprioritäten bei einzelnen Technologien berücksichtigt werden, ist nicht erkennbar.

Die Erarbeitung von politischen Maßnahmen zur Verbreitung der Innovationen ist kein prominenter Teil der Forschungsprogramme, derartige Fragen werden höchstens im Rahmen von Begleitforschung bearbeitet.

Inhaltlicher Abgleich

Die inhaltliche Ausrichtung der Forschungsförderung des Bundes im Bereich Energie wurde in den letzten Jahren deutlich auf die vom WBGU identifizierten Forschungsfragen zur Verwirklichung eines dekarbonisierten Energiesystems ausgerichtet.

Im 5. EFP von 2005 steht der Schwerpunkt „Moderne Kraftwerkstechnologien auf der Basis von Kohle und Gas“ noch an erster Stelle, gefolgt von Schwerpunkten zu verschiedenen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. Die Ausführungen des Energiekonzepts zum 6. EFP stellen hingegen ausschließlich die erneuerbaren

Energien, Energieeffizienz und die Fragen der Integration zu einem funktionsfähigen Energiesystem in den Mittelpunkt und decken sich somit mit den vom WBGU als prioritär identifizierten Forschungsbereichen mit Bezug zum Energiesystem (Kap. 8.1.3.1). Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, dass diesem Bekenntnis zur Priorität der erneuerbaren Energien für das zukünftige Energiesystem bei der genauen Ausarbeitung des 6. EFP auch eine weitere Verlagerung der finanziellen Schwerpunkte der Forschungsförderung zu diesen Themen folgt.

Begrüßenswert sind die inhaltlichen Schwerpunkte des Förderprogramms „E-Energy" (BMWi, 2008b) und des Förderkonzepts „Netze für die Stromversorgung der Zukunft" (BMWi, 2010c), die sich in vielen Fällen mit den Empfehlungen des WBGU zur Entwicklung eines intelligenten Stromnetzes decken (Kap. 4, 7). Der WBGU regt die thematische Ausweitung von Strom- auf Energienetze an, um von Anfang an systemische Lösungen für das Energiesystem im Blick zu haben.

Insgesamt sollten systemische und globale Themen noch eine größere Rolle in der Energieforschung einnehmen, denn die Forschung soll helfen, robuste Wege zum Erreichen der im Energiekonzept der Bundesregierung gesetzten Ziele zu identifizieren. Dafür sollte Forschung die Voraussetzungen für eine Beschleunigung des Veränderungsprozesses stärker systemisch untersuchen, wie z.B. gesellschaftliche Akzeptanz, die Mobilisierung hoher Investitionen und die Verzahnung der verschiedenen Elemente der Transformation (Kap. 8.1.3.1).

8.1.4.4 Forschungsförderung im Bereich Urbanisierung

In bilateraler Zusammenarbeit zwischen deutschen und internationalen Forschungseinrichtungen laufen zur Zeit mehrere deutsche Programme zur Urbanisierungsforschung. Dazu zählt auch das im Folgenden analysierte Programm „Future Megacities – Megastädte von morgen" des BMBF (2010d). Im Folgenden wird hier auch exemplarisch auf das Forschungsprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau" (ExWoSt) des BMVBS näher eingegangen, da hier mit dem Forschungsfeld „Urbane Strategien und Potenziale zum Klimawandel" (BMVBS, 2010b) ein expliziter Klimabezug gemacht wird.

Mit Blick auf die EU-Forschung zeigt sich, dass auch hier Forschung zur Urbanisierung gefördert wird. Laut Europäischer Kommission laufen zurzeit über 20 Projekte, die sich dem Thema widmen (EU COM, 2010g).

Ziele

Explizites Ziel des BMBF-Programms „Future Megacities" ist, „einen breit bestückten „Werkzeugkasten" mit anwendungsorientierten, erprobten und übertragbaren Lösungen für den Umgang mit den Herausforderungen Energieeffizienz, Ressourcenverbrauch und Klimaveränderungen zu erstellen" (BMBF, 2010d). Das Ziel der Klimaverträglichkeit ist folglich berücksichtigt. Programmatisch ist hier auch die Notwendigkeit, Weichen in Richtung des Transformationsprozesses zu stellen, erkannt worden. Das Forschungsfeld der ExWoSt fokussiert stärker auf die Anpassung an den Klimawandel, vor allem im Immobilienbereich. Grundsätzlich sind Programme im Rahmen der Urbanisierung oft stärker auf Aspekte der Anpassung als der Vermeidungspotenziale ausgerichtet. Dennoch wird hier über die Einsparpotenziale ein Bezug zur Klimaverträglichkeit hergestellt, da es um „die modellhafte Erprobung integrierter Handlungskonzepte speziell zum klimawandelgerechten Stadtumbau im Sinne der Bestandserneuerung" geht (BMVBS, 2010b). Die im Förderbereich „Socio-Economic Sciences and Humanities" (SSH) des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms laufenden Projekte mit Nachhaltigkeitsbezug zielen auf „post-carbon societies" ab und werden somit den transformationsrelevanten Fragestellungen gerecht.

Generell findet sich bei den international laufenden Programmen auch der Kontext der Nachhaltigkeit berücksichtigt. Explizit geschieht dies in dem Programm des BMBF „Future Megacities". Auf nationaler Ebene ist das unter BMVBS laufende Programm ExWoSt aufgrund seines spezifischeren Fokus auf Immobilien und Kommunen durch Modellvorhaben und Pilotprojekte etwas enger gestellt und berücksichtigt Wechselwirkungen mit anderen Aspekten der Nachhaltigkeit nicht explizit.

Struktur

Grundsätzlich sind alle genannten Programme interdisziplinär aufgestellt. Das Programm „Future Megacities" ist den thematischen Schwerpunkten seiner zehn bilateralen Projekte entsprechend breit aufgebaut und reicht von der Hydrologie (LIWA) über Zukunftsforschung (EnerKey), Kooperationswissenschaften (Sustainable Hyderabad) bis zu den Politikwissenschaften (Metrasys). Dennoch liegt die Gewichtung hier recht deutlich auf der Stadt- und Raumplanung und den Ingenieurwissenschaften. Unter dem Programm des BMVBS wird jedes der Modellvorhaben durch Begleitforschung unterstützt. Diese basiert vor Ort auf Bereichen wie denen von Stadtbauwesen und Stadtverkehr (Aachen), Stadtplanung und Städtebau (Essen), Geographie (Nürnberg), aber auch Ökologie und Kommunikation (Syke; BBSR, 2009a).

Ebenfalls auf Ebene der EU finden sich Verknüpfungen unterschiedlicher Disziplinen wie der „Science of Citizenship" und Metallurgie (PACT), Politikwissen-

schaften und Soziologie (GILDED).

Alle genannten Programme beziehen Stakeholder mit ein. Kooperationen werden auf unterschiedlichen Ebenen angestrebt: Lokale Autoritäten und die Zivilgesellschaft werden ebenso mit einbezogen wie Vertreter der Wirtschaft.

Eine Bündelung sollte auch hinsichtlich der Ziele stattfinden, um eine entsprechende Größenordnung in der Förderung zu erreichen. „Future Megacities" wird über einen Zeitraum von 9 Jahren (2005–2013) mit insgesamt 50 Mio. € aus dem Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA) gefördert, während im Rahmen des ExWoSt-Forschungsfeldes „Urbane Strategien und Potenziale zum Klimawandel" neun Städte mit bis zu 80.000 € gefördert wurden (BBSR, 2009a). Die Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung im Förderbereich Raumordnung und Städtebau sinken nach einer Phase des Anstiegs wieder. Im Jahr 2005 beliefen sie sich auf 16,4 Mio. €. Für 2009 waren Ausgaben in Höhe von 25,8 Mio. € geplant, die für 2010 auf 20,5 Mio. € sanken (BMBF, 2010d). Bei den Aufwendungen für Bauforschung ergibt sich ein ähnlicher Verlauf. 2005 betrugen die Aufwendungen des Bundes 26,9 Mio. €, 2009 waren 38,0 Mio. € und 2010 26,4 Mio. € geplant (BMBF, 2010d).

Da allen Programmen die konkrete Zielvorgabe einer klimaneutralen Urbanisierung bis 2050 fehlt, finden sich hier auch nicht die entsprechenden Größenordnungen, welche den Zeit- und Handlungsdruck widerspiegeln würden. Zu begrüßen ist, dass vor allem das Programm des BMBF dank zahlreicher Kooperationen stark international angelegt ist. Auf internationaler Ebene wäre grundsätzlich die Kooperation zwischen Entwicklungszusammenarbeit und Forschung sehr zu begrüßen. So verspricht beispielsweise die Cities Development Initiative for Asia unter Förderung des BMZ relevante Daten zu generieren. Forschung scheint hier jedoch kein integraler Teil des Programms zu sein.

Ergebnisse

Gesellschaftliche Relevanz durch Einbeziehung relevanter Stakeholder ist in allen Fällen gegeben, da die Programme anwendungsorientierte Lösungen anstreben. Der Fokus auf übertragbare Lösungen ist es, der die Entwicklung technologischer und sozialer Innovationen zum impliziten Ziel dieser Programme macht, da die Problematik der Urbanisierung nur über solche gelöst werden kann. Direkten Bezug zu den Verbreitungsbedingungen von Innovationen stellt keines der Programme her. Jedoch zielt ExWoSt des BMVBS auf die Identifikation der „Rahmenbedingungen, die integrierte Konzepte und Kooperationen zur Erreichung der Klimaziele befördern" (BBSR, 2009b). Da hier jedoch kein Fokus auf technischen Aspekten liegt, ist nicht klar, ob Diffusionsbedingungen von technischen Innovationen berücksichtigt werden.

Inhaltlicher Abgleich

Generell sind die inhaltlichen Elemente, welche in den anwendungsorientierten Programmen laufen, als solche zu begrüßen, da sie wichtige Aspekte einer systemischen Transformationsforschung darstellen.

Aufgrund der internationalen Kooperation sowie dem Fokus auf lösungsorientierte Forschung entsprechen die Programme zumindest in Teilen den inhaltlichen Empfehlungen des WBGU (Kap. 8.1.3.2). Dementsprechend sollten lösungsorientierte Ansätze, die sich in den Initiativen wiederfinden, unter konkreter Zielvorgabe auf die Transformation verstärkte Zuwendung und somit beträchtlichen Ausbau erfahren. Unabdingbar ist auch die Bündelung der Maßnahmen sowie die Sicherstellung der Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen und generierten Daten.

Insbesondere die kulturellen Aspekte, welche – da sie die Akzeptanz und Diffusion von Innovationen und das Konsumverhalten bestimmen – für den Erfolg einer Transformation zentral sind, sind in den Programmen nicht stark genug angelegt bzw. nicht explizit genannt. Es ist somit anzunehmen, dass über die internationale Zusammenarbeit zwar Aspekte der Kultur zum Tragen kommen, die gezielte Generierung entsprechender Daten und deren Vergleichbarkeit jedoch vernachlässigt wird. Ähnliches gilt für rechtliche Rahmenbedingungen, wenngleich ExWoSt hier auf nationaler Ebene eine Ausnahme darstellt.

Unter der vom WBGU empfohlenen normativen Zielsetzung der raschen Transformation und entsprechend der nachhaltigen Urbanisierung ergeben sich aus den vorliegenden Forschungsfeldern wertvolle Elemente, die in einen Ansatz der Urbanisierungsforschung zur Klimaverträglichkeit globalen Ausmaßes integriert werden sollten.

8.1.4.5 Forschungsförderung im Bereich Landnutzung

Im Bereich der Landnutzung stellen die oben besprochenen Forschungsstrategien und -programme der Bundesregierung wie die Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 (BMBF, 2010b), die Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA) und die Sozialökologische Forschung (SÖF) einen wichtigen übergreifenden Rahmen dar (Kap. 8.1.3.2).

Im Folgenden werden die Anfang 2010 angelaufene Forschungsförderung für „Nachhaltiges Landmanagement – NLM" (BMBF, 2010e) und die Globale Forschungsallianz zu landwirtschaftlichen Treibhausgasen (Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases – GRAAG, 2010), an der sich Deutschland aktiv

beteiligt, auf ihre transformativen Aspekte untersucht. Darüber hinaus werden auch die Themengebiete 2 "Lebensmittel, Landwirtschaft, Fischerei und Biotechnologie" und 6 „Umwelt" (inklusive Klimawandel) des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms (FRP7) berücksichtigt (EU COM, 2010b, c).

Ziele

Klimaverträglichkeit ist als Ziel oder Teilziel in den betrachteten Programmen und Strategien genannt. Im NLM ist die Minderung von Treibhausgasemissionen als ein Teilziel verankert; der Beitrag von Landnutzungsänderungen und Landmanagementstrategien zu Treibhausgasreduktionszielen soll systemisch erforscht werden. Zusätzlich sollen aber auch die Zielkonflikte zwischen einem kohlenstoffoptimierten Landmanagement und anderen gesellschaftlichen Ansprüchen wie der Produktion von Nahrungsmitteln, dem Erhalt der Biodiversität und von Ökosystemfunktionen untersucht werden. Die GRAAG konzentriert sich als Hauptziel darauf, die Landwirtschaft klimaverträglicher zu machen, indem die Emissionsintensität generell gemindert und die Fähigkeit des Bodens zur Kohlenstoffsequestrierung erhöht wird. Die relevanten Themengebiete des FRP7 stellen allerdings die Unterstützung zur Anpassung an den Klimawandel als Forschungsziel in den Vordergrund; die Klimaverträglichkeit wird nicht direkt angesprochen.

Generell sind die untersuchten Programme in den Kontext der Nachhaltigkeit eingebettet. Gerade das NLM als Förderschwerpunkt der Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA), aber auch die GRAAG sollen einen direkten Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung leisten, gemäß den Zielen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und den Klimaschutzzielen der Bundesregierung. Sie beziehen die Wechselwirkungen der eigenen Forschung mit anderen Nachhaltigkeitsproblemen ein und berücksichtigen globale Herausforderungen für eine nachhaltige Entwicklung, wie etwa Ernährungssicherheit. Die betrachteten Themengebiete des FRP7 sollen einen Beitrag zur Europäischen Nachhaltigkeitsstrategie leisten.

Struktur

Insgesamt verfolgen und fördern die betrachteten Programme einen interdisziplinären Ansatz. Insbesondere das NLM verfolgt den Ansatz einer interdisziplinären Forschung und der Vernetzung sektoralen Wissens, um der Komplexität eines nachhaltigen Landmanagements gerecht zu werden.

Die Kooperation mit Stakeholdern wird als strukturelles Element in allen betrachteten Maßnahmen angesprochen, spielt jedoch eine untergeordnete Rolle in den Themengebieten des FRP7. Das NLM verfolgt eine transdisziplinäre Herangehensweise, um regionale Akteure und Adressaten besser einzubeziehen, Probleme besser zu verstehen und darauf ausgerichtete praxistaugliche Lösungen entwickeln zu können. Darüber hinaus spielen die externe Kommunikation und die Entwicklung von Schnittstellen zu politischen Prozessen eine wichtige Rolle, damit die Ergebnisse potenziellen Nutzergruppen zur Verfügung gestellt und in internationale politische Prozesse transferiert werden können. Auch in der GRAAG ist die Stakeholderarbeit ein fester Bestandteil, um einerseits Praxiswissen in die Forschung einbinden zu können, aber gleichzeitig auch um die Forschungsergebnisse, Technologien und „Best Practices" weit in die Zielgruppen (Forschungsinstitute, Bauern(verbände), NRO, Privatsektor) hinein tragen zu können.

Der Umfang der Forschungsförderung für das NLM wird mit 100 Mio. € bis zum Jahr 2015 der gewaltigen Herausforderung der nachhaltigen Landnutzung im Kontext des fortschreitenden Klimawandels und der Ernährungssicherheit nicht gerecht. Der WBGU empfiehlt daher die Forschungsförderung für das NLM auszuweiten, um die anstehende Transformation im Bereich der Landnutzung bewältigen und beschleunigen zu können, die bis zum Jahre 2050 weitestgehend abgeschlossen sein muss.

Die Fördermaßnahme NLM soll die Strategie der Bundesregierung zur Internationalisierung von Wissenschaft und Forschung konkretisieren. Die internationale Vernetzung ist daher ein wichtiger Aspekt in der Forschung des NLM; so sind beispielsweise die hochdynamischen Wachstumsregionen der Erde (z.B. südliches Afrika, Brasilien, China) vertreten. Die aktive Beteiligung Deutschlands an der GRAAG ist ein wichtiger Schritt, um die internationale Vernetzung der Agrarklimaforschung gerade auch mit Nicht-OECD-Ländern voranzubringen und sowohl Forscher als auch ihre Forschungsergebnisse aus verschiedenen Regionen weltweit zusammenzubringen. Auch die Themengebiete im FRP7 nennen die internationale Zusammenarbeit als eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Forschung.

Ergebnisse

Grundsätzlich erwähnen die Programme und Strategien das Ziel, Innovationen im technologischen und sozialen Bereich zu entwickeln. Das NLM ist explizit ausgelegt, um innovative Technologien und Dienstleistungen (z.B. im Informations-, Beratungs- und Finanzbereich) für ein nachhaltiges Landmanagement zu entwickeln. Dies beinhaltet zusätzlich auch den wichtigen Aspekt der Technikfolgenabschätzung. Im NLM und der GRAAG werden zudem direkt Innovationen angesprochen, die zu Einsparungen von Treibhausgasemis-

sionen führen sollen.

Im Förderschwerpunkt NLM wird die Kommunikation, Vernetzung und die Öffentlichkeitsarbeit der Forschung betont. So sollen Lösungen entwickelt und verbreitet werden, welche die Gesellschaft auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung voran bringen können. Diese sollen Beispielcharakter haben, d.h. auf andere Räume übertragbar sein und die Akteurskooperation und -kommunikation sollen gestärkt werden. Dies schließt innovative Governance- und Partizipationsmodelle mit ein. Besondere Berücksichtigung, auch für die Implementierung, finden hierbei die sozioökonomischen Rahmenbedingungen für und die Konsequenzen aus der Integration von Klimaschutzzielen in den Landnutzungsentscheidungen. Die GRAAG zielt darauf, die Forschung zur Klimaverträglichkeit in der Landwirtschaft international besser zu vernetzen, Plattformen auszubauen und den Zugang zu Wissen zu erleichtern sowie Forschungsergebnisse zu verbreiten. Auch der regionale und nationale Austausch zu neuen Erkenntnissen mit den verschiedenen Zielgruppen (Forschungsinstitute, Bauern(verbände), NRO, Privatsektor) soll verbessert werden.

Die Kommunikation der Forschungsergebnisse in die Politik ist in den Programmen und Strategien generell als wichtig anerkannt. Im Rahmen des NLM sollen die Forschungsergebnisse an Politik und Praxis vermittelt und politische Maßnahmen sollen diskutiert werden (Science Policy Interface). Forschungsergebnisse sollen auch in die wichtigen Politikprozesse unter der CBD und der UNFCCC einfließen. Die untersuchten Themengebiete des FRP7 nennen als Ziel, die Politikentwicklung zumindest zu unterstützen.

Inhaltlicher Abgleich

Der Förderschwerpunkt NLM wurde neu aufgelegt und in seinen Forschungsansätzen aktualisiert. Der WBGU begrüßt die internationale Ausrichtung auf Forschungsfragen zu den Wechselwirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Landmanagement, Klimawandel und Ökosystemleistungen. Auch die systemische Erforschung zum Landmanagement der Zukunft unter Berücksichtigung klimatischer, aber auch strukturell-demografischer Veränderungen im ländlich-urbanen Raum verspricht wichtige Impulse und innovative Lösungen für die Transformation in dem Themenbereich Landnutzung.

Die GRAAG konzentriert sich speziell auf innovative Lösungen für die Minderung von Emissionen im landwirtschaftlichen Sektor im internationalen Bereich, die auch vom WBGU als entscheidend angesehen werden (Kap. 4).

Die untersuchten Themengebiete 2 und 6 des FRP7 betrachten Klimawandel unter dem Aspekt Anpassung an den Klimawandel und Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung. Die Forschungsfragen des WBGU finden sich inhaltlich in den untersuchten Themengebieten nicht wieder, einzig das Projekt „Greenhouse Gas Management in European Land Use Systems“ enthält im weitesten Sinne einen Bezug dazu (Kap. 8.1.3.3).

8.1.4.6 Förderung von geistes-, sozial-, wirtschafts- und rechtswissenschaftlicher Forschung

Im Hinblick auf die oben genannten übergeordneten Forschungsfragen (Kap. 8.1.2) gibt es neben den großen Strategien und Programmen auch eine Reihe von Förderschwerpunkten und -initiativen, die – bei entsprechender Ausgestaltung – wertvolle Erkenntnisse und Beiträge zur Transformation liefern könnten. Für die Analyse wurden dabei die folgenden Förderungen betrachtet: Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit (WiN; Ökologisches Wirtschaften, 2007; BMBF, 2005, 2009), „Wissen für Entscheidungsprozesse – Forschung zum Verhältnis von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft“ (BMBF, 2011a, b), „Ökonomie des Klimawandels“ (BMBF, 2011c), „Käte Hamburger Kollegs“ (BMBF, 2011d) und „Wechselwirkungen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften“ (BMBF, 2011e).

Ziele

Mit Ausnahme von WiN wird kein direkter Bezug zum Ziel des Klimaschutzes oder zu den drei Aspekten der Nachhaltigkeit hergestellt, da die Zielformulierungen zumeist auf die Ziele der spezifischen Förderung ausgelegt sind. Die dabei genannten Ziele, wie Erkenntnisse zu Wechselwirkungen zwischen Politik, Wissenschaft und Gesellschaft, der langfristige Kapazitätsaufbau in den Wirtschaftswissenschaften oder gegenseitige Bereicherung von Geistes- und Naturwissenschaften können auch transformationsunterstützend wirken, eine Rückkopplung an ein übergreifendes Ziel wäre aber nützlich.

Struktur

Interdisziplinarität wird bei allen Fördermaßnahmen erwähnt, jedoch unterscheidet sich die genaue Ausgestaltung. Teilweise wird nur die Berücksichtigung interdisziplinärer Aspekte im Rahmen von primär disziplinärer Forschung gefordert (z.B. bei Ökonomie des Klimawandels). Nur beim Förderschwerpunkt „Wechselwirkungen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften“ wird ausdrücklich eine Kooperation von Geistes- und Naturwissenschaftlern gefordert.

Die Partizipation von Stakeholdern im Sinne einer transdisziplinären Forschung ist nur im WiN, das relevante Praxisakteure aus unterschiedlichen Bereichen

und Ebenen einzubeziehen versucht, prominent verankert. Die Rezeption der Forschung insbesondere durch die Politik wird zwar beachtet, eine Einbeziehung gesellschaftlicher Akteure in den Forschungsprozess ist aber nicht angelegt. Das bei der Bekanntmachung zu den Käte Hamburger Kollegs geforderte „Forschen mit" statt „Forschen über" sollte daher vom Aspekt der Internationalität auf diese Art der Vernetzung von Forschern und Stakeholdern ausgeweitet werden.

In Hinblick auf die Förderung der Internationalität ist trotz der Erwähnung dieses Aspekts festzustellen, dass keines der Programme eine Kooperation mit Forschungseinrichtungen aus Nicht-OECD-Ländern explizit erwähnt.

Ergebnisse

Inwieweit die geförderte Forschung konkret auf technische und soziale Innovationen abzielt, geht aus den Bekanntmachungen nicht deutlich hervor. Soziale Innovationen sind eventuell gemeint, wenn die Erarbeitung von Strategien, z. B. bei WiN und „Wissen für Entscheidungsprozesse", oder unternehmerischen Maßnahmen, wie bei „Ökonomie des Klimawandels", gefordert wird. Eine klarere Ausrichtung des Forschungsoutputs auch auf direkte Anwendungen, z. B. in Form von neuen Geschäftsmodellen, wäre in jedem Fall angezeigt.

Es finden sich auch keine konkreten Aussagen, die darauf schließen lassen, dass die Formulierung von Bedingungen zur Verbreitung von Innovationen eine Priorität der Forschung ist. Immerhin wurden in der ersten Förderphase von WiN (2005–2008) internationale Diffusionsprozesse und deren makroökonomische Effekte empirisch analysiert; die Diffusion von Technologien und Dienstleistungen wird auch bei „Ökonomie des Klimawandels" als Wissenslücke identifiziert. Im Rahmen der Untersuchung von Umbruchsituationen beim Schwerpunkt „Wechselwirkungen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften" könnte eine breitere Untersuchung zu Verbreitungsbedingungen angesiedelt werden.

Bei den ersten drei genannten Initiativen – WiN, „Wissen für Entscheidungsprozesse" und „Ökonomie des Klimawandels" – liegt der Schwerpunkt des Forschungsoutputs bei der Formulierung und Untersuchung von politischen Instrumenten. Während es beim ersten und dritten mehr um die Erarbeitung und Evaluation von Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen geht, versucht die zweite Initiative die sozialwissenschaftliche Beratungskompetenz für Forschungspolitik zu stärken.

In Bezug auf die Ergebnisse der Forschung zeigt sich insofern ein arbeitsteiliger Charakter der Strukturierung der verschiedenen Programme. Es stellt sich hierbei die Frage, ob mit übergreifender Koordinierung und institutionalisiertem Austausch zwischen den Programmen Synergieeffekte erzeugt werden könnten.

Inhaltlicher Abgleich

Die inhaltliche Ausrichtung der hier besprochenen Initiativen richtet sich deutlich nach der jeweils spezifischen Zielformulierung. Im Falle der Kollegs, die genauso wie „Ökonomie des Klimawandels" auch eher eine strukturelle Zielsetzung haben, sind die Forschungsinhalte sogar von den Antragsstellern recht frei zu wählen. Insofern kann kein systematischer Abgleich mit den vom WBGU identifizierten Forschungsfragen erfolgen. Man kann aber festhalten, dass einige der vom WBGU aufgeworfenen Fragen durchaus schon in den bestehenden Programmen verankert sind, wie etwa Fragen der globalen Gerechtigkeit oder der Beschleunigung und globalen Ausbreitung von Diffusions- und Transformationsprozessen.

8.1.4.7 Fazit der Analyse

Die Analyse zeigt, dass Forschungspolitik und Wissenschaft sich thematisch und organisatorisch auf eine Transformation zur Klimaverträglichkeit einstellen. So werden in einer Reihe der untersuchten Forschungsstrategien und -programme bereits Themen, Inhalte und Vorgehensweisen aufgegriffen, die die Forschung an den Anforderungen der Transformation ausrichten und dafür relevantes Wissen produzieren.

Das Ziel Klimaschutz ist in den meisten betrachteten Programmen direkt oder indirekt bereits verankert. Oft wird Klimaverträglichkeit mit den Zielen Wirtschaftswachstum oder Wettbewerbsfähigkeit auf gleiche Ebene gestellt. Die Verschränkung beider Ziele auf strategischer Ebene und die Operationalisierung der Verschränkung durch Forschung zu innovativen, klimaverträglichen Technologien sind sinnvoll. Allerdings darf die programmatische Ebenbürtigkeit der Ziele Klimaverträglichkeit und Wirtschaftswachstum nicht darüber hinweg täuschen, dass die Erfüllung beider Ziele in der Praxis sehr anspruchsvoll ist und nicht immer zeitgleich stattfinden kann. Das eher allgemeine Ziel Klimaverträglichkeit sollte durch das Ziel der weitgehenden Dekarbonisierung bis 2050 ergänzt und präzisiert werden. Sie ist Voraussetzung für die Einhaltung der 2 °C-Leitplanke und verlangt eine große Beschleunigung aller Aktivitäten zum Klimaschutz, die ebenfalls durch Forschung adressiert werden sollte.

Hinsichtlich der Einbettung der Forschung in den Kontext der Nachhaltigkeit fällt auf, dass Bezüge zur sozialen Dimension weiter ausgebaut werden müssen. Hier gilt es die vielversprechenden Ansätze zur Integration der sozialen Dimension der übergreifenden Forschungsprogramme FONA und SÖF sowie von den För-

derschwerpunkten „Nachhaltiges Landmanagement“ oder „Future Megacities“ auf die gesamte Forschung, z. B. auch im Energiebereich auszuweiten.

In Bezug auf die Struktur der Forschung fällt das Fazit gemischt aus. Interdisziplinarität ist zwar in allen Fällen möglich, aber außer im Rahmen der SÖF und dem nachhaltigen Landmanagement nie ausdrückliches Ziel oder gar zwingendes Förderkriterium. Bei der Umsetzung der Strategien in Forschungsprojekte ist in vielen Fällen interdisziplinäre Forschung zu erwarten. So lange Interdisziplinarität allerdings nicht als Ziel festgeschrieben und Förderkriterium wird, bleibt offen, wie häufig und in welcher Form sie sich auf Projektebene tatsächlich realisiert. Besonders fraglich ist, ob die wichtigen Kooperationen zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaften mit den Sozial- und Geisteswissenschaften stattfinden werden.

Letztendlich hängt diese eher ungewöhnliche, aber für die Transformation wichtige Zusammenarbeit von den Fragestellungen einzelner Ausschreibungen sowie der Reaktion der Wissenschaftler ab. Auf Programmebene zeigt sich, dass insbesondere die SÖF, aber auch das NLM und Teile der Urbanisierungsforschung sehr stark interdisziplinär angelegt sind. Auch die Forschungsstrategie BioÖkonomie betont die Bedeutung interdisziplinärer Forschung. Ob die unter ihr geförderten Programme tatsächlich die erforderliche Interdiszisplinarität zwischen Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften beinhalten, wird sich bei zukünftigen Ausschreibungen zeigen. In anderen Programmen, wie etwa der Technologieförderung des BMWi oder im Nationalen Entwicklungsplan Mobilität (NEP), ist diese aus Sicht des WBGU nicht ausreichend berücksichtigt.

Die Partizipation von Stakeholdern ist ebenfalls nur teilweise verankert. Zwar sind Politik und relevante gesellschaftliche Stakeholder zuweilen als wichtige Adressaten von Forschungsergebnissen genannt, an der Durchführung sind aber zum großen Teil nur Unternehmen beteiligt. Die Beteiligung von Unternehmen ist aufgrund ihrer technologischen Kapazitäten, ihres Kapitals sowie der Nähe zu Märkten wichtig. Allerdings ist die Beteiligung eines breiteren Spektrums an Stakeholdern an der Forschung für Nachhaltigkeit zentral. Positive Ausnahmen dafür stellen die SÖF, das NLM und das EIT dar. Aufgrund der zentralen Bedeutung der Interdisziplinarität und Partizipation von Stakeholdern für die transformative Effektivität der Forschung setzt sich der WBGU im Folgenden noch genauer mit diesen Anforderungen auseinander.

Die globale Reichweite der Forschung, ausgedrückt in der Kooperation mit Wissenschaftlern aus Nicht-OECD-Ländern, ist ebenfalls nur in Ausnahmefällen, beispielsweise in der GRAAG, verankert. Vor dem Hintergrund der steigenden Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in Schwellenländern scheint eine stärkere internationale Kooperation allerdings ratsam. 2007 wurden 1,7 % des globalen BIP oder 1.146 Mrd. US-$ für Forschung und Entwicklung ausgegeben. Der Aufbau wissenschaftlicher Kapazitäten hat sich in Schwellenländern, besonders China, Indien und Südkorea, durch die lange weltweite Wirtschaftswachstumsphase von 1996 bis 2007 stark beschleunigt. Dementsprechend haben sich die Anteile an den weltweiten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in den Schwellenländern erhöht, während sie in den USA, der EU und Japan sanken. Weltweit führend sind immer noch die USA, obwohl ihr Anteil an den weltweiten F&E-Ausgaben von 35,1 % im Jahr 2002 auf 32,5 % im Jahr 2007 sank. Gleiches gilt für die Europäische Union und Japan, deren Anteile für den gleichen Zeitraum von 26,1 auf 23,3 % bzw. von 13,7 auf 12,9 % sanken. Gestiegen ist der Anteil an den weltweiten F&E-Ausgaben in China (von 5,0 auf 8,9 %), Südkorea (von 2,8 auf 3,6 %), Indien (von 1,6 auf 2,2 %), Brasilien (von 1,6 auf 1,8 %) und Südafrika (von 0,3 auf 0,4 %; UNESCO, 2010).

Ziel der Forschung sind häufig technische Innovationen. Auch wenn von technischen Entwicklungen wichtige Impulse für die Transformation ausgehen, bedarf es zusätzlich vielfältiger sozialer Innovationen für den Übergang zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. Dies gilt besonders für die Untersuchung der Nachfrageseite, im Bereich Mobilität genauso wie in den Feldern Ernährung und allgemeiner Konsum. Beim NEP und der BioÖkonomie-Strategie sind in der Hinsicht besondere Defizite festzustellen. Positive Ausnahmen sind beispielsweise die vielfachen Foki des Programms „Future Megacities“ oder die Ziele des EIT und der SÖF.

Mit Blick auf die Reflektion über Verbreitungsbedingungen ist festzustellen, dass diese oft nur über die Beteiligung von Unternehmen bei der Forschungsdurchführung geschieht. Unternehmen sollen über ihre Kooperation die Anwendung der Forschungsergebnisse in Produktentwicklung und deren Verbreitung über Märkte unterstützen. In dieser Hinsicht ist die Beteiligung von Unternehmen wünschenswert. Für die Verbreitung klimaverträglicher sozialer oder auf absehbare Zeit nicht marktreifer technologischer Innovationen ist die Beteiligung von Unternehmen stellvertretend für die Erforschung von Diffusionsbedingungen allerdings nicht ausreichend. Daher sollte die Entwicklung strategischer Optionen zur Unterstützung der Verbreitung klimaverträglicher Innovationen, die von der Politik umgesetzt werden oder als Anregung für politische Maßnahmen dienen können, stärker verankert werden. Die alleinige Kommunikation von Forschungsergebnissen ist ein wichtiger Schritt, kann aber die Untersuchung von Verbreitungsbedingungen der Innovatio-

nen nicht ersetzen. Die vom WBGU identifizierten Forschungsfragen ragen zur Weiterführung und Beschleunigung der Transformation (Kap. 8.1.2) sind in vielen Fällen von der Forschungsförderung adressiert. So sind viele Förderprogramme bereits – mehr oder weniger – auf transformationsrelevante Themen zugeschnitten. Allerdings ist ihre finanzielle Ausstattung noch unzureichend. Vielversprechende Förderschwerpunkte, wie beispielsweise das NLM mit 100 Mio. € oder „Future Megacities" mit 50 Mio. € sind finanziell vergleichsweise gering ausgestattet. Insbesondere die Mittelverteilung des FP7 legt einen zu geringen Schwerpunkt auf die in hohem Maße transformationsrelevanten Bereiche Umwelt inklusive Klimaschutz und Energie.

Auch die Mittelverwendung innerhalb der Energieforschung ist sowohl auf europäischer wie auch auf deutscher Ebene noch nicht ausreichend an den Erfordernissen der Transformation ausgerichtet. Während für nukleare Forschung (Kernfusion und Kernspaltung) im Rahmen von EURATOM 2,75 Mrd. € von 2007 bis 2011 zur Verfügung stehen, teilen sich die anderen Energietechnologien rund 2,3 Mrd. € aus der Energieforschung unter dem Cooperation-Programm des FP7 von 2007 bis 2013 (EU COM, 2006a, b). In Deutschland hat die nukleare Energieforschung im letzten Jahrzehnt zwar etwas von ihrer dominanten Stellung eingebüßt, stellt aber inklusive der Forschung zu Beseitigung kerntechnischer Anlagen weiterhin den größten technologischen Posten innerhalb der Energieforschungsförderung des Bundes dar. Auch die immer noch hohen Fördersummen im Bereich der Kernfusionsforschung (2010 waren mit 143 Mio. € ca. 21% der gesamten Energieforschungsförderung für diesen Bereich vorgesehen; BMBF, 2010c) sollten der aktuellen Lage angepasst werden, denn bis zu dem Zeitraum, in dem die Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft abgeschlossen sein sollte, wird Energie aus Fusionskraftwerken nicht zur Verfügung stehen. Um die potenziell möglichen Beiträge aus dieser Quelle für eine langfristige Energieversorgung nicht auszuschließen, sollten durch eine zeitliche Streckung Mittel für Arbeiten mit höherer Priorität freigesetzt werden.

Zusammenfassend kommt es auch für die Forschungsförderung darauf an, Pfadabhängigkeiten beschleunigt zu durchbrechen und bessere Bedingungen für Innovationen struktureller und inhaltlicher Art zu schaffen. Ziel sollte die koordinierte Ausrichtung einzelner Forschungsprogramme auf ihren Beitrag zur Klimaverträglichkeit bis 2050 sein.

Nationale Anknüpfungspunkte

Nationale Anknüpfungspunkte für eine Forschung im Sinne der in Kapitel 8.1.1.4 formulierten Anforderungen für die Forschung sind insbesondere das deutsche Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA) inklusive des Förderschwerpunkts Sozial-ökologische Forschung (SÖF).

FONA nimmt sich konzeptionell einer Reihe globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Wasserknappheit oder Bedrohung der Artenvielfalt an. Die Fördermaßnahmen umfassen Forschung zum tieferen Verständnis des Erdsystems, zur Entwicklung von Innovationen und zu deren gesellschaftlicher Verbreitung.

Der Förderschwerpunkt SÖF bezieht sich direkt auf den von deutschen, außeruniversitären Forschungsinstituten entwickelten, gleichnamigen Forschungsansatz. Der Ansatz führt Wissen fachübergreifend zusammen und erarbeitet wissenschaftliche Beiträge zur Lösung konkreter gesellschaftlicher Nachhaltigkeitsprobleme. Zum einen erfordert dies das interdisziplinäre Zusammenwirken von Wissenschaftlern der Natur- und Gesellschaftswissenschaften und zum anderen muss das Expertenwissen vor Ort berücksichtigt werden, da konkrete Lösungen für lebensweltliche Probleme erarbeitet werden. Deshalb werden gesellschaftliche Akteure in unterschiedlicher Form in den Forschungsprozess eingebunden. Besonders zeichnet sich die SÖF durch ihre spezifische Begleitforschung aus. Diese sammelt und synthetisiert Forschungsergebnisse, um sie gezielt in relevanten Forschungscommunities und in relevanten gesellschaftlichen Gruppen zu verbreiten und beobachtet die Wirkungen der Forschungsergebnisse. Diese Forschung ist (auch) normativ, weil ein ökologischer Umbau der Gesellschaft mit sozialer Gerechtigkeit und ökonomischen Anforderungen angestrebt wird. Das Rahmenprogramm FONA und der Förderschwerpunkt SÖF erfüllen somit in fast allen Punkten die Anforderungen an transformationsrelevante Forschung. Stärker betont werden sollte die Notwendigkeit eines globalen Übergangs zur Nachhaltigkeit sowie deren notwendiger Beschleunigung; letztere ergibt sich aus der für die Klimaverträglichkeit notwendige fast vollständige Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2050.

8.1.4.8 Interdizplinarität

In Kapitel 8.1.1 wurde auf die Bedeutung interdisziplinärer Forschung für die Forschung zur Transformation hingewiesen. In Kapitel 8.1.4.7 wurde heraus gearbeitet, dass Interdisziplinarität auf strategischer und programmatischer Ebene bislang nur unzureichend verankert ist. Allerdings wird es nicht ausreichen, Interdisziplinarität als Ziel stärker in Forschungsstrategien und -programme zu verankern, um diese auf der Projektebene tatsächlich zu erreichen. Denn es existieren eine Reihe struktureller Barrieren im deutschen Wissenschaftssystem, die es zu überwinden gilt.

In Deutschland gibt es vielversprechende interdisziplinäre Ansätze. Dazu gehören interdisziplinäre Forschungsinstitute wie das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) oder das Umweltforschungszentrum (UFZ) in Leipzig, aber auch reale oder virtuelle Zentren und Plattformen, neuartige Schools wie z. B. Berlin School of Mind and Brain, Exzellenzcluster Topoi, Berlin (The Formation of Space and Knowledge in Ancient Civilisations), das vom BMBF geförderte Rachel Carson Center for Environment and Society, München, das Forschungszentrum Geocycles der Universität Mainz oder interdisziplinäre Wissenschaftskollegs, wie z. B. das Institute für Advanced Sustainability Studies (IASS) in Potsdam.

Jedoch sind Skalierung, Strukturen und insbesondere die Anreiz-, Akkreditierungs- und Evaluierungsmechanismen ungenügend, um interdisziplinärer Forschung das für die Forschung und Bildung zur Transformation erforderliche Gewicht zu verleihen. In der Wissenschaft stößt interdisziplinäres Arbeiten oftmals auf große Widerstände; dies gilt insbesondere, aber nicht ausschließlich, für Universitäten.

Universitätsleitungen, Fakultäten, Wissenschaftler und Studierende wehren sich häufig gegen die Einrichtung neuartiger inter- bzw. transdisziplinärer Schools und Colleges, wie sie etwa der Wissenschaftsrat vor kurzer Zeit empfohlen hat (WR, 2010a), und lassen eine erweiterte interdisziplinäre Kombination von Bachelor- und Masterstudiengängen nur sehr eingeschränkt zu. Oft werden interdisziplinäre Studiengänge mit dem Argument des fehlenden Berufsfeldes für interdisziplinär ausgebildete Absolventen verhindert. Tatsächlich kann sich heute ein Forscher meist erst nach einer ersten geglückten disziplinären Karriere eine zweite, interdisziplinäre Karriere leisten; entsprechend schlagen nur wenige diesen Weg ein.

Eine quantitative Analyse zur Interdisziplinarität kommt nach umfassender statistischer bibliographischer Auswertung von sechs Forschungsdomänen für den Zeitraum 1975–2005 zu dem Schluss, dass eine häufig zitierte Zunahme von Interdisziplinarität eher anekdotisch sei bzw. nur zu einem kleinen Prozentsatz zuträfe (Porter und Rafolds, 2009). Tatsächlich nahm zwar die Zahl genannter Forschungsbereiche sowie von Zitationen während des untersuchten Zeitraums von 30 Jahren um ca. 50 % zu, die Zahl der Koautorenarbeiten sogar um ca. 75 %. Dennoch sei (basierend auf Anwendung eines numerischen „Disciplinary Diversity Index“) die Zahl tatsächlich interdisziplinärer Arbeiten nur um 5 % gestiegen.

Falsch ausgerichtete Anreizsysteme

Der Grund für die mangelnde Umsetzung interdisziplinärer Ansätze erscheint dem WBGU in den Gratifikations- und Reputationsmechanismen des Wissenschaftssystems angelegt: Wissenschaftler müssen ihren Erfolg heute vor allem mit disziplinärem Drittmittelaufkommen sowie Publikationen in hochrangigen disziplinären Wissenschaftszeitschriften nachweisen. Insbesondere in den Naturwissenschaften zählen hierbei auch in Deutschland fast nur noch Zeitschriften, die im Citation Index (ISI-Web of Knowledge) gelistet sind. Auch die Habilitation bzw. Venia Legendi, die für bestimmte Teildisziplinen ausgesprochen wird, kann verhindern, dass akademische Forschung und Lehre von einzelnen Dozenten inter- und transdisziplinär angelegt wird.

An Universitäten wird inzwischen ein hoher Anteil der institutionellen Mittel leistungsorientiert vergeben. Einem interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftler werden hierbei Arbeiten, die er andernorts – also nicht in einer Zeitschrift seiner ursprünglichen Fachdisziplin – publiziert hat, in der Regel nicht angerechnet. Vergleichbares gilt für inter- oder transdisziplinäre Drittmitteleinwerbung oder etwa Lehrtätigkeit außerhalb der eigenen Fakultät.

Als Wissenschaftler möglichst monodisziplinär zu bleiben, jedoch in interdisziplinären Vorhaben mitzuarbeiten, ist gleichermaßen mit Hindernissen behaftet. Tun sich Wissenschaftler verschiedener Fachdisziplinen zusammen, um ein interdisziplinäres Forschungsprojekt oder einen interdisziplinären Studiengang aufzubauen, erleichtert die derzeitige Gutachterstruktur nicht unbedingt deren Bewilligung. So werden in aller Regel Fachgutachter für spezielle Fachdisziplinen benannt, die oft keinen systemischen Ansatz vertreten und – aus ihrer Sicht konsequenterweise – das zu begutachtende disziplinäre Segment häufig als unterrepräsentiert bzw. unter der kritischen Masse liegend bewerten. Schon der Evaluationsbericht zum Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ des BMBF bemängelte, dass trotz bewusst angelegter Interdisziplinarität keine Strukturefekte hinsichtlich interdisziplinärer Forschung aufträten, da „die Universitäten angesichts des wachsenden Wettbewerbs ihre Kernforschungsbereiche verteidigten und wenig Bereitschaft zeigten, sich für eine über diesen Bereich hinausgehende interdisziplinäre Forschung zu öffnen“. Nachwuchsgruppen, in welchen Interdisziplinarität in der SÖF-Forschung gut verankert sei, seien jedoch in den strukturformenden Entscheidungsgremien nicht beteiligt (EvaConsult, 2006).

Instrumente für eine interdisziplinäre Forschung

Geeignete vorhandene Strukturen für inter- und transdisziplinäres Arbeiten sind fach- und institutionenübergreifende Plattformen, Center, Colleges, Schools, explizit interdisziplinär angelegte Institutionen sowie die Exzellenziniative für die deutschen Universitäten.

Wegen der starken Versäulung der deutschen Universitäten, insbesondere der meist mono- bis oligodisziplinären Struktur ihrer Fakultäten erscheinen die vorhandenen Implementierungen jedoch unzureichend.

Insbesondere finden sich nur wenige bis keine Strukturen, die eine integrative Transformationsforschung voranbringen und befruchten könnten. So findet sich unter den Clustern und Graduate Schools der bisherigen Exzellenzinitiative kaum eines mit expliziter Relevanz für die Transformation. Eine gewisse Ausnahme stellt das Exzellenz-Cluster „Topoi" der Freien und der Humboldt-Universität in Berlin sowie außeruniversitärer Partner dar, in dem die Transformation von Raum und Wissen während der Antike erforscht wird. Positiv zu sehen sind auch Bemühungen nach stärker integrativen Kriterien für Forschungsratings, wie sie der Wissenschaftsrat inzwischen für Geisteswissenschaften (WR, 2010b) und Technikwissenschaften (WR, 2009) empfohlen hat bzw. weiter diskutiert. Erfreulich ist, dass neben den Kriterien „Forschungsqualität" und „Forschungsermöglichung" auch das Rating-Kriterium „Transfer an außerwissenschaftliche Adressaten" vorgeschlagen wird. Hier sollten auch transdisziplinäre Aspekte, wie die Beteiligung von Stakeholdern oder Wissenstransfermöglichkeiten in die Gesellschaft, verankert werden. Außer der kursorischen Erwähnung der Bedeutung auch kleinerer geisteswissenschaftlicher Fächer für interdisziplinäre Projekte (WR, 2010b) bzw. der Auflistung als „Rahmeninformation" (WR, 2009) wird Interdisziplinarität jedoch auch in diesen Ratingvorschlägen nicht weiter gewürdigt oder gar als Bewertungskriterium vorgesehen.

8.1.4.9 Das transformative Quartett der Wissensgesellschaft

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich ein zweifacher Bezug der Forschung zur Transformation. Einerseits wendet sie sich als die vom WBGU vorgeschlagene *Transformationsforschung* (Tf) gezielt der bevorstehenden Gestaltungsaufgabe der Transformation zu (Kap. 8.1.2). Hier werden Übergangsprozesse exploriert, um Aussagen über Faktoren und kausale Relationen in Transformationsprozessen zu treffen. Historische Beispiele können hier die Grundlage liefern, um beobachtete transformative Momente zu analysieren. Forschungsgegenstand der Transformationsforschung sind somit die Transformationsprozesse im Hinblick auf ihre Grundlagen, Bedingungen und ihren Verlauf.

Andererseits wird Forschung, die den vom WBGU identifizierten Anforderungen (Kap. 8.1.1) gerecht wird, vom WBGU als *transformative Forschung* (tF) bezeichnet. Die transformative Forschung steht somit in indirektem Bezug zur Transformation, indem sie Umbauprozesse durch spezifische Innovationen in den relevanten Sektoren befördert. Sie unterstützt Transformationsprozesse konkret durch die Entwicklung von Lösungen sowie technischen und sozialen Innovationen; dies schließt Verbreitungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Möglichkeiten zu deren Beschleunigung ein und erfordert zumindest in Teilen systemische Betrachtungsweisen sowie inter- und transdisziplinäre Vorgehensweisen, darunter die Beteiligung von Stakeholdern.

Diese Trennung in Transformations- und transformative Forschung dient, wie bereits geschildert, der besseren Veranschaulichung und Systematisierung; sie beinhaltet jedoch auch Übergänge und Überlappungsbereiche und lässt sich in der Realität nicht stringent einhalten (Abb. 8.1-3; Kap. 8.1). Beide Forschungstypen sollten sich gegenseitig befruchten und im Austausch mit Gesellschaft, Wirtschaft und Politik die Transformation unterstützen. Hierzu ist eine gestärkte, differenzierte und partizipative Form der Wissenschaftskommunikation notwendig. Auch neue Medien sollten hier genutzt werden, denn sie bieten zahlreiche Möglichkeiten für interaktiven gesellschaftlichen Dialog.

Bildung umfasst zwei Dimensionen: Die *Transformationsbildung* (Tb) stellt der Gesellschaft die Erkenntnisse der Transformationsforschung zur Verfügung. Als „Bildung zur Teilhabe" reflektiert sie kritisch die notwendigen Grundlagen, wie ein fundiertes Verständnis des Handlungsdruckes und globales Verantwortungsbewusstsein, fördert systemisches Denken und generiert ein systemisches Verständnis der Handlungsoptionen (Colucci-Gray et al., 2006). Außerdem vermittelt sie Wissen über die Umweltprobleme, welche die Transformation notwendig machen, und deren wissenschaftliche Erforschung. Gleichzeitig generiert sie Ziele, Werte und Visionen, um dem Handeln Einzelner die notwendige Richtung zu geben. Transformationsbildung sollte auch das Ziel haben, zu gesellschaftlicher Partizipation und politischem Handeln anzuregen, da beide Vorraussetzungen für eine demokratisch legitimierte Transformation sind.

Die *transformative Bildung* (tB) generiert ein Verständnis für Handlungsoptionen und Lösungsansätze. Dazu gehört zum Beispiel Wissen zu klimaverträglichem Mobilitätsverhalten, Wissen zu nachhaltiger Ernährung oder Wissen zu generationenübergreifender Verantwortung. Entsprechende Bildungsinhalte betreffen z.B. Innovationen, von denen eine transformative Wirkung zu erwarten oder bereits eingetreten ist.

Beide Aspekte der Bildung sollten die Grundlagen verantwortungsvollen Handelns innerhalb der Weltgesellschaft möglichst breit vermitteln. Dadurch werden auch zukünftige Forschende auf ihre Aufgaben vorbereitet. Bildung für die Transformation ist nicht als bloße

Erweiterung des Bildungsangebots gemeint. Vielmehr gilt es, einen Paradigmenwechsel für eine Wissensgesellschaft herbeizuführen, in der sich jede/r Einzelne als Akteur/in der Transformation begreift und durch Beteiligung an der Wissensgenerierung zur Legitimation des Transformationsprozesses beiträgt (Kap. 8.2.2).

8.2 Bildung für die Transformation

Die Chancen für eine erfolgreiche Transformation in eine klimaverträgliche, nachhaltige Gesellschaft erhöhen sich aus Sicht des WBGU beträchtlich, wenn – neben vielen anderen Maßnahmen (Kap. 7) – in der Bevölkerung transformationsrelevantes Wissen durch Bildung etabliert bzw. gestärkt werden kann. In diesem Zusammenhang kommt auch dem Bildungssektor eine wachsende Verantwortung zu. Als wichtiger Kanal der Wissenskommunikation liefert dieser Sektor die Grundlage für ein wissensbasiertes Selbstverständnis eines jeden Einzelnen und trägt so dazu bei, die gesellschaftliche Voraussetzung für die Transformation zu schaffen. Forschung für die Transformation sollte also eng mit der Bildung für die Transformation verknüpft sein.

Zu vermittelnde Inhalte umspannen ein weites Spektrum, das sowohl das Verständnis einzelner Innovationen als auch die übergreifende Einsicht in die Notwendigkeit und gleichzeitig die Interdependenz einzelner Faktoren des Wandels umfasst. Entsprechende Bildungsinhalte beziehen sich somit beispielsweise auf Innovationen, von denen eine transformative Wirkung zu erwarten oder die bereits eingetreten ist. Der Stand der Forschung sollte verständlich, jedoch differenziert aufbereitet und aktiv, dabei insbesondere auch partizipativ in die Gesellschaft kommuniziert werden. Dazu sollte in den Bildungsangeboten möglichst ein Bezug zu Schlüsselfaktoren der Transformation hergestellt werden. So könnten z.B. im Physikunterricht regenerative Energien zum Thema werden und parallel in den sozialwissenschaftlichen Fächern internationale Energiepartnerschaften behandelt werden; im Geographieunterricht könnten z.B. klimaverträgliche Städte thematisiert werden.

Über solch fokussierte Inhalte hinaus sollte jedoch auch die Vermittlung von Wissen an den Schnittstellen zwischen Ingenieur-, Erdsystem- und Sozialwissenschaften verstärkt gefördert werden. Hier könnten geeignete Narrative des Wandels entwickelt werden, um Zusammenhänge zwischen einzelnen Schlüsselfaktoren verständlich zu machen und somit ein systemisches Denken in der Bildung zu integrieren. Diese könnten über kreative Formen der Wissenskommunikation in den Alltagsdiskurs eingespeist und dort interaktiv weiter entfaltet werden. Durch einen beispielhaften Fokus auf die Rolle von Pionieren des Wandels kann das Verständnis der Voraussetzungen für Transformation in der Bildung verankert werden. Nur über ein dynamisches Weltbild lässt sich Veränderung denken und die Möglichkeit positiver Mitgestaltung laufender Prozesse vermitteln.

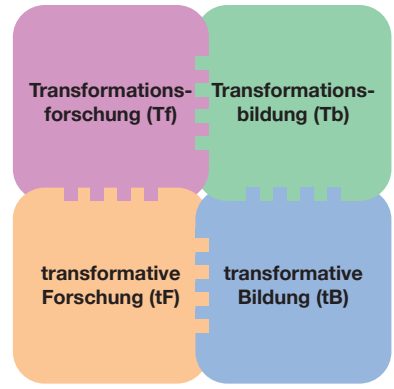


Abbildung 8.1-3
Typisierung der Forschung und Bildung für die Transformation.
Quelle: WBGU

8.2.1 Herausforderungen der Wissensvermittlung

Wie oben skizziert, soll der Bildungssektor die notwendigen Grundlagen für eine Kultur der Teilhabe mit gestalten. Dabei sieht er sich vor einer Reihe von Herausforderungen bzw. Schwierigkeiten, die bereits vielfach in der Diskussion um Bildung für Nachhaltigkeit beschrieben worden sind (Rost, 2002). Damit sich der Einzelne als Teil des Transformationsprozesses verstehen kann, bedarf es der weitreichenden Einsichten und auch einer gewissen Identifikation mit den Wissensinhalten. Sowohl die alltagsfremde Spezifik wissenschaftlicher Methoden als auch ein schwindendes Vertrauen in die Wissenschaft bilden hierbei eine neue Ausgangssituation der Wissensvermittlung, auf die Forschungs- und Bildungspolitik reagieren sollten.

Die Aufnahme von Wissen zu erleichtern ist umso wichtiger im Dialog zwischen Wissenschaft und Politik, wenn es darum geht, wissenschaftliche Erkenntnisse in die politische Umsetzung einzubeziehen. Die Berücksichtigung wissenschaftlichen Sachverstandes ist mittlerweile unverzichtbarer Bestandteil modernen Regierungshandelns und internationaler, europäischer und nationaler Rechtsetzung; insbesondere ist dieser Sachverstand unverzichtbar für die Rechtsetzung im Umwelt- und Technikbereich. Dies gilt in ganz besonderem Ausmaß für den Prozess der Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft, der durch Handeln

unter Unsicherheit gekennzeichnet ist.

Wissenszuwachs und Wissensgewichtung

Das Verständnis über das Erdsystem und die Wechselwirkungen seiner Kompartimente (Klima, Wasserkreislauf, Böden, Biodiversität usw.) nimmt ständig zu. Das Wissen über natürliche und soziale Systeme ist sehr komplex. Es beruht zwar vor allem auf empirischen Daten, jedoch sind bereits deren Zusammenhänge dem Laienverständnis meist fremd. Zudem sind die Modelle, die sich u.a. aus diesen Daten ergeben und wahrscheinlichkeitsbasiert sind, nicht immer leicht zu vermitteln. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass das Wissen über die Transformation zur klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft ein hohes Maß an Verständnis über komplexe Systeme und wissenschaftliche Methoden erfordert. Hier sollte die Transformationsbildung ansetzen, um systemisches Denken möglichst alltagsnah erfahrbar und somit leichter verständlich zu machen. Historische und auf Transformationen fokussierende Abrisse könnten herangezogen werden, um Wirkungszusammenhänge nachvollziehbar zu machen. Denn die Verdeutlichung der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen globaler Umweltveränderungen steckt noch in den Kinderschuhen. Folglich sollten verstärkt Anstrengungen in der Bildungspolitik unternommen werden, die das Verständnis für vorsorgeorientiertes, risikoabwägendes politisches Handeln verbessern.

In diesem Kontext stellt sich die Frage, welche Aspekte des Wissens für die Transformationsbildung besonders relevant sind und welches Maß an reinem Prozess- und Systemwissen notwendig ist. Ähnlich wie in der Forschung sollte sich hier ein Suchprozess formen, bei dem Erfolge und neue Hindernisse in Bildungskonzepte und -inhalte rückgekoppelt werden. Zusätzlich ist offen, wie genau Transformationsbildung und transformative Bildung in der Wissensvermittlung zu gewichten und auszugestalten sind. Grundsätzlich scheint aber klar, dass Bildung eine Mischung aus kritischem Verständnis der Probleme und Prozesse, Ziele und Werthaltungen sowie aus Handlungswissen vermitteln sollte. Um diese Bildungsinhalte aufzubereiten und (weiter) zu entwickeln, sind Fragen zu beantworten wie etwa: Wie kann Bildung für generationenübergreifendes Denken und Handeln am besten angelegt werden? Sind neue Werte gegebenenfalls auch über Bildung zu generieren?

Umgang mit Komplexität und statistischen Wahrscheinlichkeiten

Wissenschaft und Forschung spielen eine zentrale Rolle bei der Bewertung des (langfristigen) Gefährdungspotenzials globaler Umweltveränderungen für die natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit. Dies gilt besonders für den Klimawandel, denn der Klimawandel ist (bisher) kaum direkt erfahrbar und muss über wissenschaftliche Erkenntnisse oder über „Proxies“, also etwa seine Auswirkungen auf die Biosphäre, sichtbar gemacht bzw. verdeutlicht und durch politische sowie gesellschaftliche Akteure vermittelt werden (Beck, 2007). Strukturell lässt sich diese Analyse auf die weitere Thematik der Transformation zur Nachhaltigkeit ausweiten. Denn ein gewisses Grundverständnis komplexer Systeme auch in der Bevölkerung ist die Voraussetzung zum Verständnis globaler Umweltprobleme sowie von Transformationsprozessen in Industrie-, Entwicklungs- und Schwellenländern. Interdisziplinäre Bildungsangebote sind ein zentraler Schritt zur Orientierung in einer komplexen Welt. Hierbei kann sowohl ein Verständnis einzelner Schlüsselfaktoren (z.B. soziale oder technische Innovationen) vermittelt, als auch systemisches Denken gefördert werden. Solche Bildungsangebote sind aber, ebenso wie die dazu notwendigen Kompetenzen der Wissensvermittler, etwa in der Lehrerschaft von Grund- und weiterführenden Schulen, trotz begonnener Reformen durch Bundes- und Landespolitik noch in ungenügender Zahl vorhanden (Programm Transfer-21, 2007).

Wissenschafts- und Klimaskeptizismus

Wissenschaftsskeptizismus greift in unterschiedlichen Wellen, teilweise aus nachvollziehbaren Selbstschutz-Gründen, um sich; dies sollte in die Erwägungen zu Bildungsformaten und -programmen mit einbezogen werden. Motivation für Wissenschaftsskeptizismus gibt es insbesondere dann, wenn die eigenen Interessen, das eigene Verhalten oder das persönliche Menschenbild durch wissenschaftliche Erkenntnisse berührt werden (Leinfelder, 2010b).

Hierfür stellt insbesondere die Partikularisierung des Wissens ein großes Problem dar, da die Begründungszusammenhänge verloren gehen. Menschen können sich dadurch von einer Wissensgesellschaft entfremden. Wissen zu relativieren bzw. Instrumentalisierungszwecke zu unterstellen kann dann als Selbstrechtfertigung dienen, um sich nicht mit komplizierten oder mit solchen Sachverhalten auseinandersetzen zu müssen, die als negativ empfundene persönliche Konsequenzen nach sich ziehen würden (Weingart, 2001; Rauchhaupt, 2005). Dieser Prozess kann durch Wissenschaftsfälschungen sowie durch ideologische Vorbehalte verstärkt werden (Mojon-Azzi et al., 2002; Fanelli, 2009; Zia und Todd, 2010).

Besonders kritisch ist der dabei resultierende Verlust von Vertrauen in die Wissenschaft und damit in die Wissensgesellschaft (z.B. Rauchhaupt, 2005), so dass Auseinandersetzung mit Wissenschaftsskeptizismus in

Bildung (und Forschung) für den Transformationsprozess wesentlich ist.

Am Beispiel des Klimaskeptizismus lassen sich einige der Herausforderungen veranschaulichen, denen sich die Wissensvermittlung angesichts der Problematik des Wissenschaftsskeptizismus stellen sollte. Eine erste Analyse kann hier Ansatzpunkte identifizieren helfen, anhand derer das Vertrauen in die Wissenschaft gestärkt werden kann. Die Argumentation der Klimaskeptiker ähnelt in vielen Bereichen dem Vorgehen der Evolutionsskeptiker und anderer Wissenschaftsskeptiker. So wird vorhandenes Wissen oft stark relativiert („wir wissen noch zu wenig") oder generell bestritten („der Klimawandel findet nicht statt"). Wissenschaftlich fundierte Richtigstellungen sind bekannt und auch gut gebündelt erhältlich (z.B. Cook, 2010; Archer und Rahmstorf, 2010). Jedoch sind es vor allem die Argumentationstechniken, welche für Verunsicherung sorgen können. Auch sie ähneln den Techniken der Evolutionsskeptiker, insbesondere Fehlschlussargumentationen, Doppeldeutigkeit, falsche Kausalbeziehungen, Emotionsappell, Missbrauch von Fachsprachen oder Diskreditierungen (Neukamm, 2009).

Vom Wissen zum Handeln

Empirisch gesichertes Wissen ist Voraussetzung, aber kein Garant für die gesellschaftliche Lösung komplexer (Umwelt)Probleme. Am durchwachsenen Resultat der bisherigen globalen Klimapolitik wird besonders anschaulich, dass fundiertes Expertenwissen, wie in den Sachstandsberichten des IPCC dargestellt, allein nicht ausreicht, um Einsichten direkt oder über die Mobilisierung einer ausreichend großen Öffentlichkeit in global wirksame Handlungen umzuwandeln.

Die Wissensaneignung ist damit die erste, aber längst nicht ausreichende Bedingung für Handlungen zur Unterstützung der Transformation. In den Diskussionen um Bildung für nachhaltige Entwicklung ist aus diesem Grund immer wieder zu Recht betont worden, dass Bildung nicht die Vermittlung von reinem Verständniswissen sein darf, sondern einerseits normative sowie handlungspraktische Aspekte umfasst und andererseits Kompetenzen entwickelt, die die „Lernenden" zur Reflektion ihres Handelns und zur Gestaltung ihrer Zukunft befähigen (de Haan, 2003; Rauchhaupt, 2005).

Lebenslanges Lernen

Lebenslanges Lernen ist gleichermaßen Notwendigkeit wie Herausforderung an Wissenschaft und Bildung (Thielen, 2009). Bei der Transformation handelt es sich um einen über Jahrzehnte dauernden Prozess, der der aktiven Beteiligung und Unterstützung durch viele gesellschaftliche Akteure bedarf. Auch soll der Prozess immer wieder nachjustiert und angepasst werden. Daher ändern sich transformationsrelevante Bildungsinhalte über ein Leben hin. In diesem Kontext sind Fragen zu beantworten, wie etwa: Wie kann Motivation auch für lebenslanges Weiterbilden entwickelt, gelehrt und dauerhaft erreicht werden? Ist hier (nur) Orientierungswissen zu generieren und zu aktualisieren oder werden (auch) Umschulungen für breitere Schichten der berufstätigen Bevölkerung, z.B. in Richtung Transformationsmanagement, wichtig werden?

Bildungsinhalte, die kontinuierliches Vertrauen in die Wissenschaft unterstützen, sollten ein fundiertes Verständnis des Wissenschaftsprozesses an sich ermöglichen. Die Einbindung dieser Thematik in die Bildungsinhalte selbst – etwa über beispielbezogene Methodenlehre und Wissenschaftsgeschichte – ist ebenso notwendig wie kontinuierliche Transparenz und aktive Kommunikation seitens der Wissenschaft. Somit sollten nicht nur die Erkenntnisse der Wissenschaften in das Bewusstsein der Öffentlichkeit einfließen (Public Understanding of Science), sondern ein grundlegendes Verständnis über das Erlangen dieser Erkenntnisse (Public Understanding of Research) gefördert werden.

8.2.2 Lösungsansätze

Die Wissensaneignung ist eine notwendige, aber längst nicht hinreichende Bedingung für Handlungen zur Unterstützung der Transformation. Partizipation ist ein Schritt in Richtung Handeln. Der WBGU geht davon aus, dass latente bzw. immanente Akzeptanzhemmnisse – insbesondere bezüglich Ergebnissen der Klimaforschung, der Biodiversitätsforschung oder der Agrartechnikforschung – durch Bildung und hierbei insbesondere durch die direkte Beteiligung der Gesellschaft am Forschungsprozess gemindert werden können (Rauchhaupt, 2005; Mejlgaard und Stares, 2010). Die Verbreitung und der Erwerb von Wissen über das Natur- und Umweltgeschehen sollte durch Integration teilhabender Elemente erleichtert werden. Der bislang ungenügenden Umsetzung von Wissen in vorausschauendes Handeln kann insbesondere durch Einbindung, Transparenz, Teilhabe und kontinuierliches partizipatives Erfolgs- bzw. Zustandsmonitoring in verschiedensten, die Umwelt oder die gesamte Transformation betreffenden Feldern begegnet werden. Zivilgesellschaftliche Partizipation an der Bildung ist daher von der Partizipation an der Forschung nicht zu trennen; sie bedingen und verstärken sich gegenseitig. Entsprechende Bildungs- und partizipative Forschungsangebote und Strukturen sind eine wesentliche Voraussetzung, um dem Einzelnen sowohl ein systemisches Verständnis des Handlungsbedarfs näher zu bringen

als auch um einzelne Lösungs- und Handlungsoptionen erfahrbar zu machen und ihre Akzeptanz zu befördern.

Partizipative Wissensgesellschaft

Partizipation der Bürgergesellschaft sowie die Bedeutung von Akzeptanz und Legitimität werden in diesem Gutachten immer wieder als wesentliches Element für die Transformation in eine klimaverträgliche, nachhaltige Gesellschaft betont. Dementsprechend ist breite gesellschaftliche Partizipation auch im Forschungsprozess wesentlich. Zusätzlich zu der in Kapitel 8.1 angesprochenen Partizipation von Stakeholdern bei Forschungszielen und der Durchführung der Forschung kann Wissenschaft zur erhöhten Akzeptanz von politischem Handeln zur Gestaltung der Transformation beitragen, indem sie Nichtwissenschaftler in die Forschung selbst einbindet. Bislang sind partizipative Elemente jedoch eher selten in der Forschung verankert.

Die evolutionsbiologisch verankerte, stärker zu weckende kindliche Neugier auf unsere Umwelt kann helfen, diese dauerhaft nachhaltig nutzbar machen. Nur das, was man kennt, kann man schätzen und daher auch schützen. Wer selbst in die Forschungsabläufe und den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess einbezogen wird, entwickelt einen völlig anderen Bezug zur Wissenschaft, zu ihrer Leistungsfähigkeit, aber auch zu ihren Grenzen (Irwin, 1995; Trumbull et al., 2000). Umgekehrt profitiert die Wissenschaft, wenn praktisches „Laienwissen" und lebensweltliche Wahrnehmungen die vielfältigen Sichtweisen in der Wissenschaft ergänzen (Funtowitz und Ravetz, 1993; Young und Matthews, 2007).

Die partizipative Wissensgesellschaft erfordert eine intensive Kooperation zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft, bei der die Zivilgesellschaft teilhabend in Wissenserwerb und -aneignung einbezogen wird. Letztendlich wird diese „mittlere" gesellschaftliche Ebene, deren Wissensbasiertheit auf enger Kooperation zwischen Zivilgesellschaft und Erkenntnisgewinnung, also Forschung beruht, die Transformation gestalten müssen. Zivilgesellschaftliche Partizipation an der Wissensgenerierung hat also zwei miteinander verschränkte Aspekte:

1. den in Kapitel 8.1.1.2 diskutierten Aspekt der Integration der spezifischen Kenntnisse und Wissensbestände von Stakeholdern bzw. die Unterstützung der Zivilgesellschaft an der Generierung neuer Forschungsdaten, sowie
2. den aktiven Wissenserwerb als Grundlage für die Transformation und damit die Legitimierung und aktive Unterstützung der Transformationsforschung sowie des gesamten Transformationsprozesses als genuiner, direkter oder indirekter Transformationsakteur.

Im Bereich Wissensgenerierung und Aneignung von Natur- und Umweltgeschehen bieten Museen sowie Botanische und Zoologische Gärten zunehmend vielfältige Gelegenheiten für eine intelligente Eigenerkundung als „Umweltstationen", in denen Wissenschaftler und Bürger gemeinsam lernen (Daim, 2009; Leinfelder, 2009, 2010a). Die Transformationsbildung wird noch nachhaltiger verankert, wenn der gut informierte Bürger als Mitforscher nicht nur nachvollziehend aktiv wird, sondern früh selbst in den Forschungsprozess eingebunden wird. Längst liefern Hobbyforscher wichtige Daten und Zeitreihen für wissenschaftliche Datenbanken und Forschungsprogramme. Beispiele sind die Aktivitäten zum Tag der Artenvielfalt, das etablierte Vogel- und Insektenmonitoring und andere Projekte, z. B. das europäische „Evolution-Megalab", das im Darwin-Jahr 2009 begann und die Variabilität und Verbreitung von Bänderschnecken europaweit untersuchte (Evolution Megalab, 2011). Die Ergebnisse waren die Grundlage für wesentliche neue Forschungserkenntnisse (Silvertown et al., 2011).

In einer partizipativen Wissensgesellschaft könnte schon die Summe kleiner persönlicher Handlungen die erforderlichen Selbstverstärkungs-, Multiplikations- und Akzeptanzprozesse auslösen, die zum Erreichen der notwendigen Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft maßgeblich beitragen. Daher sollten die vielen kleinskaligen und wenig vernetzten Projekte im Bereich der wissenschaftlichen Beteiligung gebündelt und gestärkt werden (z. B. Biodiversitäts- und Umwelt-Monitoring-Stationen). Wesentlich erscheint es, vom rein exemplarischen, oftmals ereignisbasierten partizipativen Projekt zum dauerhaften Langzeitprogramm zu gelangen. Werden Zeitreihen über Jahre erstellt, ist die Einbindung der beteiligten Zivilgesellschaft nicht nur vorübergehend, sondern dauerhaft; die Bürger werden so zu dauerhaften Teilnehmern der Forschung.

Ein herausragendes Beispiel für eine gelungene und dauerhafte Kooperation zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft ist Reef Check, eine weltweit tätige NRO zur Beobachtung und Erhaltung der Korallenriffe (Kasten 8.2-1). Ohne Reef Check wären keine weltweiten Zeitreihenvergleichsdaten zum Zustand der Korallenriffe im notwendigen Umfang vorhanden. Die Aktivitäten von Reef Check führten auch zu einem neuen Selbstverständnis der Sporttaucher, die seit langem auch selbständig Fortbildungen organisieren und in anderen Bereichen (Seenforschung) ebenfalls beteiligt sind. Durch ihre Partizipation fühlen sich die Sporttaucher in den Wissensgenerierungsprozess zu Korallenriffen nun ausgezeichnet eingebunden; Korallenriffe sind für sie nun nicht mehr nur Erlebnis- oder Erholungsstätten, sondern Forschungsobjekte, die aufgrund ihrer ökosystemaren Güter und Dienstleistungen wertvoll

und schützenswert geworden sind.

Auch die Bundesregierung hat die Bedeutung gesellschaftlicher Partizipation am Forschungsprozess erkannt, wie sich u. a. aus dem „Bürgerdialog Zukunftstechnologien" schließen lässt, der im März dieses Jahres vom BMBF eröffnet wurde (BMBF, 2011f). Im Rahmen solcher Dialoge wäre die Einbettung zukunftsrelevanter Themen in den Kontext der Großen Transformation bereits in einer frühen Phase wünschenswert. Jedoch gilt es – über Dialogveranstaltungen hinaus – die Bürger zu einer Identifikation mit dem Transformationsprozess durch eigenes Handeln zu animieren. Ähnliches gilt für die schulische Bildung. Initiativen wie die ebenfalls vom BMBF initiierte „Forschungsbörse", die Wissenschaftler an Schulklassen vermittelt (BMBF, 2011a), sind grundsätzlich begrüßenswert. Im Sinne der Partizipation sollten jedoch nicht nur die Wissenschaften weiter in die Gesellschaft „hineinragen". Vielmehr sollte die Gesellschaft, auch im Rahmen der schulischen Bildung, aktiv am Forschungsprozess teilnehmen.

Neue von der deutschen Bundesregierung und der EU vorbereitete Bildungs- und Forschungsprogramme sollten entsprechend ausgestaltet werden. Nicht „Wissen und Bildung *für* alle", sondern „Wissen und Bildung *durch* alle" sollte das Leitmotto dafür sein. Der Fokus sollte also noch stärker auf dem Public Understanding of Research (PUR) innerhalb des Public Understanding of Science and Humanities (PUSH) liegen (Field und Powell, 2001; Feinstein, 2011). Ein Schlüsselelement für adäquates PUR ist direkte und möglichst nachhaltige Partizipation am Forschungsprozess. So könnte etwa die erfolgreiche, inzwischen seit 10 Jahren laufende, vom BMBF maßgeblich unterstützte Initiative des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft „Wissenschaft im Dialog" durch einen besonders hervorgehobenen Partizipationsbereich (Bildung durch aktive Beteiligung an der Forschung) ergänzt und von einem speziellen BMBF-Programm operationalisierbar ausgestattet werden.

Freiwilliges Gesellschaftsjahr „Bildung und Wissenschaft" schaffen

Verstärkte und intensive Partizipation von Bildung und Wissenschaft mit der Zivilgesellschaft könnte auch im Rahmen eines freiwilligen Gesellschaftsjahrs geschaffen werden. Sinnvoll wäre eine gemeinsame Dachstruktur, welche nicht nur vorhandene Module wie freiwilliges Soziales oder Ökologisches Jahr oder den Freiwilligendienst „Weltwärts" integriert, sondern diese durch die Möglichkeit eines freiwilligen Wissenschafts- und Technikjahrs ergänzt. Hier könnte ein freiwilliges Gesellschaftsjahr mit unterschiedlichen Wahlmodulen synergetisch viel Vorhandenes strukturell verknüpfen und neue Wahlmöglichkeiten offerieren.

Für ein auch als Wissenschafts- und Technikjahr durchführbares freiwilliges Gesellschaftsjahr sollten entsprechende Anreize eingeführt werden. Hierbei geht es nicht darum, funktionierende Konzepte zu ersetzen. Es geht vielmehr darum, die vielen kleinskaligen und wenig vernetzten Beteiligungsprojekte, gerade im Bereich der wissenschaftlichen Beteiligung, etwa an der oben angeregten Umsetzung von Biodiversitäts- und Umweltmonitoringstationen oder der entwicklungspolitischen Praxisarbeit, mit Hilfe derartiger Freiwilliger zu bündeln, zu organisieren und auszubauen.

Die im Rahmen des Gesellschaftsjahres geleisteten Beiträge sollten nachhaltig sein, d. h. erarbeitete Daten sollten dokumentiert, als Erfahrungsschatz in Netzwerke eingespeist und somit allen zur Verfügung gestellt werden. Die Reichweite und der interaktive Charakter der neuen Medien könnte hierbei zielführend genutzt werden. Denn erst wenn andere davon profitieren können, macht die eigene Tätigkeit besonders Sinn und motiviert entsprechend. Politisch unterstützte Motivation für einen freiwilligen „Zivildienst 2.0" könnte so zu einem weiteren Schlüssel zur Errichtung einer partizipativen Wissensgesellschaft werden.

Wissenschafts- und Forschungskommunikation

Wissenschaftliche Prozesse und Erkenntnisse sind komplex und oft nur unter starken Vereinfachungen in der allgemeinen Öffentlichkeit kommunizierbar. Gute Wissenschaft bürgt selten automatisch für eine erfolgreiche Vermittlung der gewonnenen Erkenntnisse und Handlungserfordernisse. Eine weitere wichtige Dimension der partizipativen Wissensgesellschaft ist deshalb auch eine fundierte und differenzierte Wissenschafts- und Forschungskommunikation. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass die Wissenschaft die Herleitung und Begründung von z. B. Szenarienbildung und Handlungsempfehlungen auch für Laien transparent, logisch nachvollziehbar und allgemein verständlich aufbereitet. Eine Authentifizierung der Forschungsdaten, etwa durch Darstellung von Originalmaterialien, durch Herleitung von Forschungsprozessen aus historischen Abläufen oder durch die vermehrte, lebendige Darstellung von Forscherpersönlichkeiten kann die Identifizierung und Aufnahme des Wissens erleichtern. Auch naturwissenschaftliche und technische Museen setzen seit einigen Jahren vermehrt auf Personalisierung (Einstein, Darwin, Humboldt, Zuse usw.), um die entsprechenden Wissenschaftsfelder unter neuen Ansätzen zu vermitteln.

UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung": Stärker nutzen und verstetigen

Die Transformation zur klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft ist nur gemeinsam im Dialog mit

Kasten 8.2-1

Reef Check

Sporttaucher, Fischer und Wissenschaftler erfassen unter der Ägide der weltweit aktiven NRO Reef Check seit 1996 regelmäßig den „Gesundheitszustand" der Korallenriffe, basierend auf biologischen und sedimentologischen Proxies, im Sinne eines partizipativen Assessments und Langzeitmonitorings. Der Zustand der Riffe ist zwar Ausdruck einer Vielzahl von Faktoren (Strömungssituation, Temperatursituation, Epidemien, Fischfang, Überdüngung, Versauerung, Verschlammung, Pestizideintrag, Stürme, Tourismus usw.), die Langzeitüberwachung sowie der Abgleich mit globalen und regionalen Daten erlaubt jedoch die Bewertung einzelner Faktoren (etwa unterschiedliche Schädigungsmuster, wie durch El Niño bedingtes Ausbleichen; überdüngungsbedingte Algenzunahme; Überfischung; Sturmschäden) und gibt damit ein differenziertes, auch gesellschaftlich direkt nachvollziehbares Bild der Auswirkungen von globalen und regionalen Umweltveränderungen.

Das Reef-Check-Monitoring erfasst mit standardisierten Protokollen biophysikalische Indikatoren, um einen Rückschluss auf den menschlichen Einfluss auf die Riffe zu bekommen. Die Daten werden in Excel-Tabellen eingetragen und per E-Mail an eine zentrale Einspeisestelle verschickt. Die Daten sind rasch verfügbar und dienen in Verbindung mit anderen wissenschaftlichen Daten als Grundlage für wissenschaftliche Arbeiten sowie das Management von Schutzgebieten. Sie fließen in globale Datenbanken und damit in regelmäßige Statusberichte des Global Reef Coral Monitoring Programs, GCRMN (1998) ein. GCRMN ist Teil des Global Ocean Observing System und wird gemeinsam von der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC/UNESCO) mit UNEP, IUCN, der Weltbank und der Biodiversitätskonvention unterstützt. Einen umfassenden Bericht über Methoden und Ergebnisse der ersten fünf Jahre der Reef-Check-Aktivitäten geben Hodgson und Liebeler (2002).

der Zivilgesellschaft erreichbar; die Zivilgesellschaft ist letztlich Trägerin dieses Prozesses. Dieser Gedanke war, sinngemäß, einer der Gründe für die Einrichtung der derzeitig laufenden UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung" (2005–2014). Bildung für nachhaltige Entwicklung soll Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen nachhaltiges Denken und Handeln vermitteln. Sie will Menschen in die Lage versetzen, Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und dabei abzuschätzen, wie sich das eigene Handeln auf künftige Generationen oder das Leben in anderen Weltregionen auswirkt. Hierzu ist eine stärker systemisch orientierte Bildung wesentlich (Colluci-Gray et al., 2006). Die Bonner Erklärung der UNESCO-Weltkonferenz „Bildung für nachhaltige Entwicklung" (2009) stellt fest, dass der Fortschritt im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in den einzelnen Ländern immer noch sehr ungleich verteilt ist. In den kommenden Jahren ist es nötig, dass Industrie- und Entwicklungsländer, die Zivilgesellschaft und internationale Organisationen bedeutende Anstrengungen unternehmen, um hier die gewünschten Fortschritte zu erreichen.

8.3 Empfehlungen

Eine umfassende Transformation zu einer klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft stellt hohe Anforderungen an die Entwicklung, Verbreitung, Legitimierung und Anwendung von Wissen und damit auch an die Ziele und Gestaltung von Forschung und Forschungspolitik. Beiden kommt eine hohe gesamtgesellschaftliche Verantwortung zu.

Aus Sicht des WBGU erfordert eine an der Transformation orientierte Forschung erhebliche zusätzliche Mittel, um der Größenordnung der Herausforderung gerecht werden zu können. Gleichzeitig sollte die Forschungspolitik auch Forschungsstrategien und -programme inhaltlich und strukturell in viel stärkerem Ausmaß als bisher an den Anforderungen an die Forschung für die Transformation ausrichten. Der WBGU plädiert hier aber nicht für eine generelle Umverteilung von Mitteln innerhalb der deutschen Forschungslandschaft und betont ausdrücklich, dass unabhängige Forschung weiterhin einen hohen Stellenwert genießen sollte. Parallel sollten neue gesellschaftliche Visionen und Paradigmen entwickelt werden; dies kann durch geschickte staatliche Gestaltung vorangetrieben werden, aber nur mit der aktiven Unterstützung der Wissenschaft gelingen.

Angesichts der Tatsache, dass die Transformation ein gesamtgesellschaftlicher Suchprozess ist und alle gesellschaftlichen Akteure daran zu beteiligen sind, ist auch die Bildung eine unbedingte Voraussetzung für den Erfolg der Transformation. Nur durch Bildung in unterschiedlichsten und vielfältigen Strukturen und über neu aufzuarbeitende Bildungsinhalte kann die Gesellschaft die erforderlichen Kompetenzen für die aktive Beteiligung am Transformationsprozess in all seiner Komplexität erlangen. Der WBGU sieht es außerhalb seiner Zuständigkeit und Kompetenz, eine ausführliche Evaluation der gegenwärtigen transformationsrelevanten Bildungsinhalte und -strukturen in der Breite vorzunehmen. Vielmehr möchte er hier nur einige Anforderungen an Transformations- und transformative Bildung geben, deren Grundlage – ganz im

Sinne der Kultur der Teilhabe – das Merkmal der Partizipation sein sollte.

Denn aus Sicht des WBGU steht fest, dass die Partizipation breiter gesellschaftlicher Kreise und vielfältiger Akteure sowohl in der Bildung als auch in der Forschung zwingend ist, um einerseits Verständnis, Akzeptanz und Kompetenz zur Beteiligung am Transformationsprozess zu generieren und andererseits die Forschungsergebnisse durch das Einbringen von lokalem, traditionellem oder Alltags- sowie kulturellem Wissen umsetzungsorientierter und somit relevanter zu machen. Insbesondere sollte die Wissenschaft gesellschaftliche Akteure verstärkt und frühzeitig in die Forschung mit einbeziehen, auch durch die Beteiligung an der Formulierung von Problemlagen oder Forschungsfragen und Visionen. Nicht zuletzt hilft dies (auch), die Akzeptanz der Forschungsergebnisse zu erhöhen.

Vor diesem Hintergrund kommt der WBGU zu folgenden zentralen Empfehlungen für die Forschung und Bildung für die Transformation.

8.3.1 Forschung

- Wissenschaft und Forschung sollten sich (noch) stärker den Herausforderungen einer Transformation zur klimaverträglichen, nachhaltigen Gesellschaft widmen. Forschung sollte sich stärker transformationsrelevanten Fragen und Forschungsgegenständen sowie dem neuen Feld Transformationsforschung annehmen. Gleichzeitig sollte sie verschiedenen strukturellen Anforderungen wie etwa systemischer, langfristiger sowie inter- und transdisziplinärer Ausrichtung genügen. Sie sollte technologische und soziale klimaverträgliche Innovationen entwickeln, bewerten und Bedingungen ihrer globalen Verbreitung ermitteln. Dazu gehört auch die Entwicklung, Bewertung und öffentliche Diskussion politischer Strategien und Handlungsoptionen, auf die Politik zurückgreifen kann. Forschungsprogramme sollten diese Anforderungen entsprechend reflektieren.
- Der WBGU plädiert für die Einrichtung eines neuen Forschungsfeldes „Transformationsforschung“, das Transformationsprozesse und die gesellschaftlichen Voraussetzungen im Rahmen planetarischer Leitplanken untersucht. Zur Entwicklung dieses neuen wissenschaftlichen Feldes schlägt der WBGU einen gesellschaftlich verankerten Such- und Diskussionsprozess vor. Die Allianz der deutschen Wissenschaftsorganisationen könnte hierbei federführend sein.
- Insgesamt bedarf es erheblicher zusätzlicher Mittel für Forschung und Entwicklung, um der gegebenen Herausforderung erfolgreich begegnen und die Transformation beschleunigen zu können. Gleichzeitig sollte Forschung auf EU-Ebene und international koordiniert und gebündelt werden, da kein Land allein alle notwendigen Lösungen entwickeln kann.
- Forschungsmittel für das zentrale Transformationsfeld Energie sollten signifikant aufgestockt werden. Bereits 2003 hat der WBGU empfohlen, in den Industrieländern die direkten staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Energiebereich vor allem durch Umschichtungen zu verzehnfachen. Diese Empfehlung behält der WBGU weiterhin bei, da nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur der Bedarf an weiterer Mittelerhöhung nicht geringer geworden ist (IEA, 2010b). Die Förderung der Kernfusion zur Energiegewinnung könnte zeitlich gestreckt werden, um Mittel für Arbeiten mit höherer Priorität freizusetzen.
- Der WBGU empfiehlt, die Ausgaben des Bundes in den Förderbereichen Raumordnung und Städtebau sowie Bautechnik mindestens um das Zehnfache zu erhöhen. Damit einhergehend sollte die Forschung stärker auf Klimaverträglichkeit ausgerichtet und internationalisiert werden. Dies soll eine umfassende und dauerhafte Forschung zu klimaverträglicher Urbanisierung ermöglichen, die der zentralen Bedeutung des Transformationsfeldes für den Erfolg der Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft gerecht wird.
- Die bestehende Nachhaltigkeitsforschung des BMBF, insbesondere FONA und die sozial-ökologische Forschung (SÖF), sollten deutlich aufgestockt und die SÖF sollte viel stärker global ausgerichtet werden.
- Interdisziplinäre Forschung sollte mit konkreten Maßnahmen unterstützt werden. Dafür ist es erforderlich, die bestehenden Anreizsysteme zu ändern und neue einzuführen. Dazu gehören etwa Zusatzmittel für interdisziplinäre Forschungsprojektanträge, Anschubfinanzierungen für interdisziplinäre Transformationsforschung, ein prominenter Wissenschaftspreis für interdisziplinäre Forschung, Transformationsfonds sowie die Berücksichtigung interdisziplinärer Forschung bei Leistungszulagen. Der WBGU regt an, dass Hochschulrektorenkonferenz, Gemeinsame Wissenschaftskonferenz, Deutsche Forschungsgemeinschaft und die Akademie der Wissenschaften über Empfehlungen und Vorgaben zu Implementierung und Rating von interdisziplinärer Transformationsforschung beraten. Interdisziplinäre Transformationsforschung könnte auch durch „Innovations-“ bzw. „High-risk-Research“-Priorisierung gestärkt werden, ähnlich der Verfahrenskategorien

des Senatsausschuss Wettbewerb (SAW) der Leibniz-Gemeinschaft zur Vergabe der Mittel des Paktes für Forschung und Innovation.

- Die Bundesregierung sollte bei der Ausarbeitung des 8. EU-Forschungsrahmenprogramms für die größere Berücksichtigung von Forschung für die Transformation eintreten, insbesondere für die Ausweitung der Umwelt- und Energieforschung.
- International sollten Deutschland und die EU verstärkt transformationsrelevante Forschungsallianzen mit neuen, innovativen Forschungszentren in den Schwellenländern eingehen.
- Deutschland sollte im Rahmen seiner Entwicklungszusammenarbeit auf klimaverträgliche Problemlösungen ausgerichtete Bildungs-, Wissenschafts- und Forschungskapazitäten in weniger entwickelten Ländern verstärkt fördern.
- Der WBGU regt an, für die kommende Exzellenzrunde Cluster, Schools und Zukunftskonzepte, welche zur Transformationsforschung beitragen, besonders zu berücksichtigen sowie eine Runde der Exzellenzinitiative komplett zum Thema Forschung im Kontext der Transformation für eine Ressourcen schonende, nachhaltige und lebenswerte Gesellschaft auszuschreiben.
- Der aktuelle Prozess der Neuausrichtung der Beratungsgruppe für Internationale Agrarforschung (CGIAR) könnte dafür genutzt werden, diese konsequenter auf Klimaverträglichkeit und Nachhaltigkeit auszurichten.
- Die Kommunikation der Forschung in die Gesellschaft und mit der Politik sollte weiter verbessert werden. Forschungsergebnisse sollten stärker in den politischen Prozess integriert werden.

8.3.2 Bildung

- Bildung für Transformation sollte größere Bedeutung in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und in allen Ressortstrategien erhalten. Zudem sollte sie in die schulische und universitäre Ausbildung, in Berufsbildung und berufsbegleitendes Lernen integriert werden. Dazu gehören Austauschprogramme, neue Kombinationsmöglichkeiten von Bachelor- und Masterstudiengängen, Module für transformationsrelevante systemische Bildung in der Lehrerausbildung und eigene Studiengänge für Transformationswissenschaften.
- Thematisch relevante Bildungs- und Ausbildungssysteme sollten durch kohärente Politiken so umgestaltet werden, dass sie sich Anliegen der nachhaltigen Entwicklung widmen. Gleichzeitig sollten Möglichkeiten für lebenslanges Lernen am Arbeitsplatz um öffentliche Weiterbildungsmaßnahmen und universitäre Zusatzqualifikationen erweitert werden, z.B. als transformationsrelevantes „Sabbatical“ für Angestellte. Neben neuen Studiengängen und -modulen könnten auch ganz neue Berufsbilder erforderlich werden.
- Auch die Einrichtung von Low-carbon Business Schools sowie interdisziplinärer Fakultäten für klimaverträgliche Landnutzung, Energiewissenschaft, Urbanisierung und für Management, das auf die Transformation ausgerichtet ist, könnte wichtige Impulse liefern und wird hiermit angeregt.
- Im Laufe der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ sollten institutionelle Mechanismen entwickelt werden, damit Bildung für die nachhaltige Entwicklung auch nach Ablauf dieser Dekade weiterhin gewährleistet wird. Hier ist ein – seitens der UNESCO zu initiierender – Prozess denkbar, der ähnlich der Dekade zu Reduzierung von Naturkatastrophen (IDNDR) verläuft. Die UN riefen die 1990er Jahre zur Dekade zur Reduzierung von Naturkatastrophen aus, um öffentliches Bewusstsein zu schaffen und die Strategieentwicklung für den Umgang mit Naturkatastrophen zu unterstützen. Nach Ablauf der Dekade setzten verschiedene Staaten die Aktivitäten in Form von nationalen Komitees fort. Ähnlich könnten erfolgreiche Aktivitäten der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ über lokale und nationale Einrichtungen fortgesetzt werden.

8.3.3 Interaktionsfeld Bildung – Forschung

- Der WBGU empfiehlt die Einrichtung einer Bundesuniversität, die schwerpunktmäßig Forschung und Bildung für die Transformation zur Nachhaltigkeit voran treibt. An dieser sollte inter- und transdisziplinär geforscht und gelehrt werden.
- Der WBGU regt an, ein großes Bildungs- und Forschungsprogramm „Partizipation an der Wissenschaft für die Transformation“ aufzulegen, welches Bildung und Wissen für Umwelt- und Nachhaltigkeit durch Beteiligung von Nichtwissenschaftlern zum Ziel hat.
- Forschungspolitik und Wissenschaft sollten diverse Wissenschafts- und gesellschafsübergreifende Dialoge anstoßen, um die Forschung für die Transformation stärken zu können. Thematisch kämen Dialoge und Bürgerforen in Frage zu Visionen für eine „dekarbonisierte Gesellschaft“, zu den Anforderungen an eine Forschung für Transformation, zur Ver-

stärkung inter- und transdiziplinärer Forschung und zu prioritären Forschungsfragen. Dazu gehören auch kulturelle und künstlerische Formate etwa im Rahmen von Museen, Zukunftsausstellungen, Kurzfilmfestivals und Musik.

- Die stärkere Einbindung gesellschaftlicher Akteure, auch sogenannter Laien, in die Forschung sollte unterstützt werden. Dazu eignet sich die Einrichtung partizipativer, miteinander vernetzter Biodiversitäts-, Umwelt- und Klimastationen, Bürgerbefragungen zum Transformationsprozess inklusive Beteiligung an der Auswertung, selbstreflexive Modellpartizipationsprojekte, etwa Elektromobilität, Landwirtschaft, neue Wohnformen. Bereits existierende, erfolgreiche Beispiele sind die jährlichen Vogelzählungen in Deutschland und Großbritannien oder das Monitoring unter der Ägide von Reef Check.
- Die Bürgergesellschaft sollte bei der Formulierung von Zukunftspfaden und Visionen direkt beteiligt werden, etwa über Dialogprozesse oder Bürgerkonferenzen, aber auch exemplarisch durch Einbeziehung in die Umsetzung dieser Vision.
- Die Einführung eines freiwilligen Gesellschaftsjahres „Bildung und Wissenschaft" hält der WBGU für geboten.

8.3.4 Konkrete Forschungsprioritäten in den drei Transformationsfeldern

Energie

Begrüßenswert sind die inhaltlichen Schwerpunkte des Förderprogramms „E-Energy" (BMWi, 2008a) und des Förderkonzepts „Netze für die Stromversorgung der Zukunft" (BMWi, 2010c), die sich in vielen Fällen mit den Empfehlungen des WBGU zur Entwicklung eines intelligenten Stromnetzes decken. Der WBGU regt die thematische Ausweitung auf Energie- statt nur Stromnetze an, um von Anfang an systemische Lösungen für das Energiesystem im Blick zu haben.

Die bestehenden Projekte, die auf die Entwicklung neuer Verhaltensmuster und Geschäftsmodelle im Bereich der Energienutzung abzielen, insbesondere im Förderprogramm E-Energy (BMWi, 2008b), werden begrüßt. Dieser Fokus sollte bei anderen Programmen, insbesondere solchen mit Bezug auf Energienachfrage und Effizienzverbesserungen, noch ausgebaut werden.

Landnutzung

Der WBGU spricht sich dafür aus, die systemischen Ansätze des nachhaltigen Landmanagements, der Globalen Forschungsallianz zu landwirtschaftlichen Treibhausgasen und der sozial-ökologischen Forschung auszubauen, finanziell zu stärken und zu optimieren, so dass eine verknüpfte Forschungsinitiative entsteht, die erst in der Lage ist, die gewaltige globale Herausforderung der nachhaltigen Landnutzung im Kontext des fortschreitenden Klimawandels und der Ernährungssicherung unter Gewährleistung der Ökosystemleistungen zu bewältigen.

Urbanisierung

Die zahlreichen, bereits bestehenden Netzwerke, die vor allem auch der internationalen Vernetzung der Urbanisierungsforschung gewidmet sind und an denen die Bundesregierung beteiligt ist (z.B. das „European Urban Knowledge Network"), sollten gebündelt werden, auch hinsichtlich der Ziele, um eine entsprechende Größenordnung in der Förderung zu erreichen.

Bestehende Urbanisierungsforschungsprogramme entsprechen in Teilen bereits den inhaltlichen Empfehlungen des WBGU. Lösungsorientierte Ansätze mit konkreter Zielvorgabe auf die Transformation sollten verstärkt gefördert und beträchtlich ausgebaut werden. Dabei sollte die Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen und der generierten Daten sichergestellt werden. Diese Programme sollten in einen Ansatz der Urbanisierungsforschung zur Klimaverträglichkeit globalen Ausmaßes integriert werden.

8.3.5 Fazit

Die vorliegende Analyse des WBGU ergibt, dass in Teilen der Forschung die Transformation bereits eingeleitet ist. In einer Reihe von Forschungsstrategien und -programmen werden bereits seit geraumer Zeit Themen, Inhalte und Vorgehensweisen aufgegriffen, die die Forschung an den vom WBGU identifizierten Anforderungen der Transformation ausrichten und für diesen Prozess relevantes Wissen produzieren. Jetzt kommt es darauf an, dieses Wissen zu bündeln, existierende einschlägige Forschungsprozesse signifikant zu stärken, ihre Ergebnisse global zu verbreiten und, wo nötig, die beschriebenen neuen Forschungsprozesse einzuleiten.

Zusammenfassend kommt es auch für die Forschungsförderung darauf an, Pfadabhängigkeiten zukünftig beschleunigt zu durchbrechen und bessere Bedingungen für Forschungsinnovationen struktureller und inhaltlicher Art einzuräumen. Ziel sollte hierbei die koordinierte Ausrichtung einzelner Forschungsprogramme auf ihren Beitrag zur Klimaverträglichkeit bis 2050 sein.

Literatur

9

Abbate, J. (1999): Inventing the Internet. Cambridge, MA: MIT Press.

Adams, W. P. (2008): Die USA im 20. Jahrhundert. Oldenbourg Grundriss der Geschichte. Band 29. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Adams, W. P. (2009): Die USA vor 1900. Oldenbourg Grundriss der Geschichte. Band 28. München: Oldenbourg.

ADB – Asian Development Bank (2009): The Economics of Climate Change in Southeast Asia. A Regional Review. Manila: ADB.

ADFC – Allgemeiner Deutsche Fahrradclub Berlin (2010): ADFC-Herbst-Check 2010. Internet: http://www.adfc-berlin.de (gelesen am 14. März 2011). Berlin: ADFC.

Adler, A. B. (2009): Gross National Happiness in Bhutan: A Living Example of an Alternative Approach to Progress. Internet: http://www.grossnationalhappiness.com/OtherArticles/GNHPaperbyAlejandro.pdf (gelesen am 17. November 2010). Bhutan: The Centre for Bhutan Studies.

Adler, F. und Schachtschneider, U. (2010): Green New Deal, Suffizienz oder Ökosozialismus? Konzepte für gesellschaftliche Wege aus der Ökokrise. München: Oekom.

AGECC – Advisory Group on Energy and Climate Change (2010): Energy for a Sustainable Future. The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change Summary Report and Recommendations. New York: AGECC.

AGF – High Level Advisory Group on Climate Change Financing (2010): Report of the Secretary-General's High-level Advisory Group on Climate Change Financing. New York: AGF.

Akerlof, G. A. und Shiller, R. J. (2009): Animal Spirits: Wie Wirtschaft wirklich funktioniert. Frankfurt/M.: Campus.

Alber, G. und Kern, K. (2008): Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems. OECD Conference Proceedings „Competitive Cities and Climate Change", Milan, Italy, 9–10 October 2008. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Albert, M., Hurrelmann, K., Quenzel, G., Schneekloth, U., Gensicke, T., Leven, I., Picot, S. und Willert, M. (2010): 16. Shell Jugendstudie: Jugend 2010. Frankfurt/M.: Fischer.

Allen, M. R., Frame, D. J., Huntingford, C., Jones, C. D., Lowe, J. A., Meinshausen, M. und Meinshausen, N. (2009): Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. Nature 458, 1163–1166.

Allison, I., Bindoff, N. L., Bindschadler, R. A., Cox, P. M., de Noblet, N., England, M. H., Francis, J. E., Gruber, N., Haywood, A. M., Karoly, D. J., Kaser, G., Le Quére, C., Lenton, T. M., Mann, M. E., McNeil, B. I., Pitman, A. J., Rahmstorf, S., Rignot, E., Schellnhuber, H. J., Schneider, S. H., Sherwood, S. C., Somerville, R. C. J., Steffen, K., Steig, E. J., Visbeck, M. und Weaver, A. J. (2009): The Copenhagen Diagnosis. Sidney: The University of New South Wales, Climate Research Centre.

Alter, K. J. (2001): Establishing the Supremacy of European Law: The Making of an International Rule of Law in Europe. Oxford, New York: Oxford University Press.

Alter, K. J. (2006): Delegation to International Courts and the Limits of Recontracting Political Power. Evanston, IL: Northwestern University, Department of Political Science.

Andersen, S. O. und Sarma, K. M. (2002): Protecting the Ozone Layer. The United Nations History. London: Earthscan.

Angerer, G., Erdmann, L., Marscheider-Weidemann, F., Scharp, M., Lüllmann, A., Handke, V. und Marwede, M. (2009a): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Karlsruhe: Fraunhofer IRB.

Angerer, G., Marscheider-Weidemann, F., Wendl, M. und Wietschel, M. (2009b): Lithium für Zukunftstechnologien. Nachfrage und Angebot unter besonderer Berücksichtigung der Elektromobilität. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Archer, D. und Rahmstorf, S. (2010): The Climate Crisis. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Arendt, H. und Uellenberg, G. (1970): Macht und Gewalt. München: Piper.

Arrow, K. J., Cohen, L., David, P. A., Hahn, R. W., Kolstad, C., Lee Lane, W., Montgomery, D., Nelson, R. R., Noll, R. und Smith, A. E. (2009): A Statement on the Appropriate Role for Research and Development in Climate Policy. Reg-Markets Center Working Paper No. 08-12. Washington, DC: Washington AEI Center for Regulatory and Market Studies.

Atomium Culture und Lund University (2009): Governance for a Low-Carbon Society. Combating Climate Change Requires a Major Transition Towards a Sustainable Energy Future. What Technologies and Approaches to Governance will make this Transition a Success? Internet: www.atomiumculture.eu (gelesen am 5. Juli 2010). Brüssel: Atomium Culture.

Ayres, R. U. und Simonis, U. E. (1994): Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development. Tokio: United Nations University Press.

Babiker, M. H. und Rutherford, T. F. (2005): The economic effects of border measures in subglobal climate agreements. The Energy Journal 26 (4), 99–125.

Bach, N. (2000): Wandel individuellen und kollektiven Mitarbeiterverhaltens. In: Krüger, W. (Hrsg.): Excellence in Change: Wege zur strategischen Erneuerung. Wiesbaden: Gabler, 221–260.

Bai, Z. G., Dent, D. L., Olsson, L. und Schaepman, M. E. (2008): Global Assessment of Land Degradation and Improvement. 1. Identification by Remote Sensing. Report 2008/01. Internet: http://www.isric.org/UK/About+ISRIC/Projects/Current+Projects/GLADA.htm (gelesen am 14. März 2010). Wageningen: World Soil Information Centre (ISRIC).

Bandura, A. (1977): Social Learning Theory. New York: General Learning Press.

Banuri, T. und Najam, A. (2002): Civic Entrepreneurship. Civil Society Perspectives on Sustainable Development. Islamabad: Gandhara Academy Press.

Baringhorst, S., Kneip, V., März, A. und Niesyto, J. (Hrsg.) (2007): Politik mit dem Einkaufswagen. Unternehmen und Konsumenten als Bürger in der globalen Mediengesellschaft. Bielefeld: Transcript.

Barnes, S. und Kaase, M. (1979): Political Action. Mass Participation in Five Western Democracies. Beverly Hills, London: Sage Publications.

Barnett, M. N. und Finnemore, M. (2004): Rules for the World: International Organizations in Global Politics. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Barnett, M. N. und Finnmore, M. (2005): The power of liberal international organizations. In: Barnett, M. N. und Duvall, R. (Hrsg.): Power in Global Governance. Cambridge, NY: Cambridge University Press, 161–184.

Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quenta, l. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B. und Ferrer, E. A. (2011): Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? Nature 471, 51–57.

Bartsch, M., Becker, S., Bode, K., Friedmann, J., Hollersen, W., Kaiser, S., Kurbjuweit, D., Müller, P., Popp, M. und Schmid, B. (2010): Volk der Widerborste. Der Spiegel 35, 64–72.

BASE – Basel Agency for Sustainable Energy und SEFI – Sustainable Energy Finance Initiative (2006): Public Finance Mechanisms to Increase Investment in Energy Efficiency. A Report for Policy Makers and Public Finance Agencies. Basel, Paris: BASE, SEFI.

Bättig, M. B. und Bernauer, T. (2009): National institutions and global public goods: are democracies more cooperative in climate change policy? International Organization 63, 281–308.

Bauer, S. (2008): UN-Umweltprogramm: Reform der kleinen Schritte. Politische Ökologie 26 (112–113), 102–103.

Bauer, S. (2009): Weltpolitik in aufgeheizter Atmosphäre: Frieden und Sicherheit in Zeiten des Klimawandels und der Multipolarität. Die Friedens-Warte. Journal of International Peace and Organization 84 (2), 45–70.

Bauer, S. und Biermann, F. (2005): The Debate on a World Environment Organization: An Introduction. In: Biermann, F. und Bauer, S. (Hrsg.): A World Environment Organization: Solution or Threat for Effective International Environmental Governance? Aldershot: Ashgate, 1–23.

Bauer, S. und Richerzhagen, C. (2007): Nachholende Entwicklung und Klimawandel. Aus Politik und Zeitgeschichte 57 (47), 20–26.

Bauer, S. und Sommer, B. (2011): Wegbereiter eines Weltklimavertrags? Subglobale Allianzen in der internationalen Klimapolitik. Ökologisches Wirtschaften 2, 26–27.

Bauer, S., Fues, T., Messner, D. und Weinlich, S. (2011): Entwicklung und Umwelt in den Vereinten Nationen. Informationen zur politischen Bildung (310), im Druck.

BBC (2010): BBC Climate Change Poll – February 2010. Internet: http://news.bbc.co.uk/nol/shared/bsp/hi/pdfs/05_02_10climatechange.pdf (gelesen am 17. November 2010). London: BBC.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2009a): ExWoSt: Urbane Strategien zum Klimawandel: Kommunale Strategien und Potenziale. Aufruf für Modellvorhaben. Internet: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2009/KlimaStadtentwicklung/09__AufrufModellvorhaben.html (gelesen am 22. Februar 2011). Bonn: BBSR.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2009b): ExWoSt: Urbane Strategien zum Klimawandel: Immobilien- und wohnungswirtschaftliche Strategien und Potenziale zum Klimawandel. Start (II). Internet: http://www.bbsr.bund.de/nn_821220/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/2010/UrbaneStrategienKlimawandel/Forschungsschwerpunkt2/01__Start.html (gelesen am 5. März 2011). Bonn: BBSR.

Beach, D. (2005): The Dynamics of European Integration – Why and When EU Institutions Matter. Houndmills: Palgrave MacMillan.

Beck, U. (2007): Weltrisikogesellschaft: Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Beecher Stowe, H. (2001): Uncle Tom's Cabin or, Life Among the Lowly. London: Penguin.

Beisheim, M. und Nuscheler, F. (2003): Demokratie und Weltgesellschaft. In: Hauchler, I., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2004/2005. Fakten, Analysen, Prognosen. Frankfurt/M.: Fischer, 31–47.

Beisheim, M. und Simon, N. (2010): Neuer Schwung für die Reform der internationalen Umweltgovernance. SWP-Aktuell 37/2010. Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP).

Benedick, R. E. (1999): Contrasting Approaches: The Ozone Layer, Climate Change and Resolving the Kyoto Dilemma. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB).

Berensmann, K., Fues, T. und Volz, U. (2011): Die G20: informelles Machtzentrum mit wachsender entwicklungspolitischer Bedeutung E+Z Entwicklung und Zusammenarbeit 52 (1), 17–20.

Berg, J.-R. (2008): Schöpfer einer neuen Welt. Geo Epoche 30, 24–37.

Bertelsmann-Stiftung (2010): Bürger wollen kein Wachstum um jeden Preis. Internet: http://www.bertelsmann-stiftung.de/cps/rde/xbcr/SID-76A90915-D95DE342/bst/xcms_bst_dms_32005_32006_2.pdf (gelesen am 5. Januar 2011). Gütersloh: Bertelsmann-Stiftung.

Besson, S., Marti, J. L. und Seiler, V. (2006): Deliberative Democracy and it's Discontents. London: Ashgate Publishing.

Biermann, F. (2005): Re-launching the UN Environment Programme: The Rationale for a World Environment Organization. In A World Environment Organization: Solution or Threat for Effective International Environmental Governance? Aldershot: Ashgate.

Biermann, F. (2007): „Earth system governance" as a crosscutting theme of global change research. Global Environmental Change 17, 326–337.

Biermann, F. (2008): Earth System Governance. A Research Agenda. In: Young, O. R., King, L. A. und Schroeder, H. (Hrsg.): Institutions and Environmental Change. Principal Findings, Applications, and Research Frontiers. Cambridge, MA: MIT Press, 277–301.

Biermann, F. und Siebenhüner, B. (2009): Managers of Global Change. The Influence of International Environmental Bureaucracies. Cambridge, MA: MIT Press.

Biermann, F., Pattberg, P., van Asselt, H. und Zelli, F. (2009): The fragmentation of global governance architectures. A framework for analysis. Global Environmental Politics 9 (4), 14–40.

Binswanger, H. C. (2006): Die Wachstumsspirale – Geld, Energie und Imagination in der Dynamik des Marktprozesses. Marburg: Metropolis.

BIP – Biodiversity Indicators Partnership (2010): Headline Indicator: Converage of Protected Areas. Internet: http://www.bipindicators.net/pacoverage (PDF). Cambridge, UK: UNEP World Conservation Monitoring Centre.

Bischoff, J. (2008): Vorwärts durch Raum und Zeit. Geo Epoche 30, 56–71.

Blanke, B., Lamping, W., Schridde, H. und Plaß, S. (2002): Der Aktivierende Staat. Positionen, Begriffe, Strategien. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2005): Bekanntmachung von Förderrichtlinien des BMBF zum Förderschwerpunkt „Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit". Zuwendungszweck und Rechtsgrundlage. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008): Grundlagenforschung Energie 2020+. Die Förderung der Energieforschung durch das BMBF. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2009): Forschung für nachhaltige Entwicklungen FONA. Rahmenprogramm des BMBF. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010a): Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Internet: http://www.hightech-strategie.de/de/350.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010b): Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 – Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010c): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010d): Megastädte – Die Welt von morgen nachhaltig gestalten. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010e): Nachhaltiges Landmanagement. Internet: http://nachhaltiges-landmanagement.de (gelesen am 8. März 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010f): Morgenstadt – Eine Antwort auf den Klimawandel. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010g): Neue Dynamik in der Forschung. Beispiele aus dem Pakt für Forschung und Innovation. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011a): Bekanntmachung der Förderrichtlinien „Wissen für Entscheidungsprozesse - Forschung zum Verhältnis von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft". Internet: http://www.bmbf.de/foerderungen/677_5448.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011b): Bekanntmachung der Förderrichtlinien „Neue Governance der Wissenschaft - Forschung zum Verhältnis von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Internet: http://www.bmbf.de/foerderungen/12150.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011c): Ökonomie des Klimawandels. Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Förderschwerpunkt. Internet: http://www.bmbf.de/foerderungen/14682.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011d): „Käte Hamburger Kollegs" (Internationale Kollegs für Geisteswissenschaftliche Forschung). Bekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung von Richtlinien zur Förderung Internet: http://www.bmbf.de/foerderungen/14076.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011e): Wechselwirkungen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften. Bekanntmachung von Förderrichtlinien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Internet: http://www.bmbf.de/foerderungen/7774.php (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2011f): BMBF Bürgerdialog Zukunftstechnologien: Bürger diskutieren über neue Technologien. Berlin: BMBF.

BMF – Bundesministerium der Finanzen (2008): Gesetz zur Umsetzung eines Maßnahmenpakets zur Stabilisierung des Finanzmarktes (Finanzmarktstabilisierungsgesetz – FMStG) vom 17. Oktober 2008. Berlin: BMF.

BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): UFOPLAN Forschungsrahmen des Bundesumweltministeriums und Umweltforschungsplan 2009. Berlin, Dessau: BMU, Umweltbundesamt (UBA).

BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010a): Akzeptanz und Umweltverträglichkeit der Hinderniskennzeichnung von Windenergieanlagen. Internet: http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bericht_akzeptanz_windraederkennzeichnung_bf.pdf (gelesen am 17. November 2010). Berlin: BMU.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010b): UFOPLAN Forschungsrahmen des Bundesumweltministeriums und Umweltforschungsplan 2010. Berlin: BMU.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010c): Leitstudie 2010. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Berlin: BMU.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): UFOPLAN Forschungsrahmen des Bundesumweltministeriums und Umweltforschungsplan 2011. Berlin: BMU.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009a): Integrierte Stadtentwicklung in Stadtregionen. Berlin: BMVBS.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009b): Der Beitrag des Bundes zur nachhaltigen Stadtentwicklung. Berlin: BMVBS.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010a): Urbane Strategien zum Klimawandel. Dokumentation der Auftaktkonferenz 2010 zum ExWoSt-Forschungsfeld. Berlin: BMVBS.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010b): ExWoSt-Informationen 39/1: StadtKlima. Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel. Ein ExWoSt-Forschungsfeld. Berlin: BMVBS.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und Difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2010): Berliner Gespräche zum Städtebaurecht. Band I: Bericht. Berlin: BMVBS.

BMWA – Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2005): Innovation und neue Energietechnologien. Das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Berlin: BMWA.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008a): Klimaschutz und Energieffizienz. Forschung, Entwicklung und Demonstration moderner Energietechnologien. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008b): E-Energy. IKT-basiertes Energiesystem der Zukunft. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010a): Forschung für Energieeffizienz. Internet: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=361086.html (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010b): Zukunftstechnologien. Internet: http://www.

bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energietraeger/netze,did=354342.html (gelesen am 22. Februar 2011). Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010c): Förderkonzept „Netze für die Stromversorgung der Zukunft". Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010d): Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2011): Energie: Statistik und Prognosen. Internet: http://www.bmwi.de/BMWi¬/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/Energiedaten/energieforschung.html (gelesen am 8. Februar 2011). Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und BMU – Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin: BMWi, BMU.

BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2010): Development Policy Stance on the Topic of Land Grabbing – the Purchase and Leasing of Large Areas of Land in Developing Countries. Berlin: BMZ.

BNEF – Bloomberg New Energy Finance (2010): Crossing the Valley of Death. Solutions to the Next Generation Clean Energy Project Financing Gap. New York, London: BNEF.

Boden, T. A., Marland, G. und Andres, R. J. (2010): Global, Regional, and National Fossil Fuel CO_2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center.

Bohle, H.-G. (1989): 20 Jahre „Grüne Revolution" in Indien. Geographische Rundschau 41 (2), 91–98.

Böhringer, C., Rosendahl, K. und Fischer, E. (2010): The Global Effects of Subglobal Climate Policies. Washington, DC: Resources for the Future.

BÖLW – Bund für Ökologische Lebensmittelwirtschaft (2010): Zahlen, Daten, Fakten. Die Bio-Branche 2010. Internet: http://www.boelw.de/uploads/media/pdf/Dokumentation/Zahlen__Daten__Fakten/ZDF_gesamt2010.pdf (gelesen am 13. April 2010). Berlin: BÖLW.

Bosch (2010): eMobility Solution – Die Zukunft der Mobilität. Kundeninformation. Internet: http://www.bosch-emobility.com/de/system.html (gelesen am 15. März 2011). Gerlingen-Schillerhöhe: Robert Bosch GmbH.

Bourdieu, P. (1977): Outline of a Theory of Practice. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Bourdieu, P. (1987): Die feinen Unterschiede. Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Bouwman, A. F., Beusen, A. H. W. und Billen, G. (2009): Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. Global Biogeochemical Cycles 23, doi:10.1029/2009GB003576.

Braakmann, A. (2009): Wie lässt sich Wohlstand messen? Wirtschaftsdienst 12, 783–787.

Brand, K.-W., Nölting, B. und Schäfer, M. (2007): Sozialökologische Handlungsansätze im Feld. Landwirtschaft und Ernährung – Eine Zwischenbilanz. In: Nölting, B. und Schäfer, M. (Hrsg.): Vom Acker auf den Teller. München: Oekom, 177–193.

Braudel, F. (1958): Histoire et sciences sociales. La longue durée. Annales Economies Sociétés Civilisations XIII (4), 725–753

Braungart, M. und McDonough, W. (2002): Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. San Francisco: North Point Press.

Bredenkamp, H. und Pattillo, C. (2010): Financing the Response to Climate Change. IMF Staff Position Note 10/06. Washington, DC: Internationaler Währungsfonds.

Brock, L. (2003): Nord-Süd-Beziehungen: Handlungsfelder und Kontroversen. In: Knapp, M. und Krell, G. (Hrsg.): Einführung in die Internationale Politik. München: Oldenbourg, 616–650.

Broschek, J. und Schultze, R.-O. (2006): Wahlverhalten: Wer wählt wen? Theoretische Erklärungsmodelle und empirische Befunde. In: Hoecker, B. (Hrsg.): Politische Partizipation zwischen Konvention und Protest. Eine studienorientierte Einführung. Opladen: Budrich, 23–54.

Brot für die Welt, BUND und EED – Evangelischer Entwicklungsdienst (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt. Ein Anstoß zur gesellschaftlichen Debatte. Frankfurt/M.: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Brown, J., Bird, N. und Schalatek, L. (2010): Climate Finance Additionality: Emerging Definitions and Their Implications. Climate Finance Policy Brief No. 2. Washington, DC, London: Heinrich Böll Stiftung North America, Overseas Development Institute.

Bruinsma, J. (2009): The Resource Outlook to 2050: By How Much Do Land, Water and Crop Yields Need to Increase by 2050? Rom: Food and Agricultural Organization.

Brunnengräber, A. (2009): Die politische Ökonomie des Klimawandels. München: oekom.

Brusis, M. (2008): Reformfähigkeit messen? Konzeptionelle Überlegungen zu einem Reformfähigkeitsindex für OECD-Staaten. Politische Vierteljahresschrift 49 (1), 92–113.

Brzezinski, Z. (2004): The Choice. Global Domination or Global Leadership. New York: Basic.

Buchstein, H. (2009): Demokratie und Lotterie. Das Losverfahren als politisches Instrument von der Antike bis zur EU. Frankfurt/M.: Campus.

Buchstein, H. (2010): Reviving randomness for political rationality: elements of a theory of aleatory democracy. Constellations 17 (3), 435–454.

Buchstein, H. und Hein, M. (2009): Randomizing Europe. The lottery as a decision-making procedure for policy creation in the EU. Critical Policy Studies 3 (1), 29–57.

Bude, H. (1987): Deutsche Karrieren. Lebenskonstruktionen sozialer Aufsteiger aus der Flakhelfer-Generation. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Bundesregierung (2010): Etablierung der Nationalen Plattform Elektromobilität am 3. Mai 2010. Gemeinsame Erklärung von Bundesregierung und deutscher Industrie. Berlin: Bundesregierung.

Bunse, M., Dienst, C. und Wallbaum, H. (2007): Micro-financing of renewable energy systems. In: ECEEE – European Council for an Energy Efficient Economy (Hrsg.): ECEEE 2007 Summer Study Saving Energy – Just Do it! Panel 3: Local and Regional Activities. Stockholm: ECEEE, 481–490.

Burkhalter, A., Kaenzig, J. und Wüstenhagen, R. (2009): Kundenpräferenzen für leistungsrelevante Attribute von Stromprodukten. Zeitschrift für Energiewirtschaft 2, 161–172.

Burniaux, J.-M., Chateau, J. und Duval, R. (2010): Is There a Case for Carbon-Based Border Tax Adjustment? An Applied General Equilibrium Analysis. OECD Economics Department Working Papers No. 749. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Busby, J. W. (2010): Moral Movements and Foreign Policy. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Caddedu, S. (2004): The proceedings of the European Ombudsman. Law and Contemporary Problems 68, 161.

Caldecott, B. (2010): Green Infrastructure Bonds: Accessing the Scale of Low Cost Capital Required to Tackle Climate Change. London: Climate Change Capital Head Office.

Caldeira, K., Granger Morgan, M., Baldocchi, D., Brewer, P. G., Chen, C.-T. A., Nabuurs, G.-J., Nakicenovic, N. und Robertson, G. P. (2004): A portfolio of carbon management options. In: Field, C. B. und Raupach, M. R. (Hrsg.): The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World. Washington, DC: Island Press, 103–129.

Calliess, C. (2010): Die neue Europäische Union nach dem Vertrag von Lissabon – Ein Überblick über die Reformen unter Berücksichtigung ihrer Implikationen für das deutsche Recht. Tübingen: Mohr.

Calliess, C. und Ruffert, M. (2007): EUV/EGV, Das Verfassungsrecht der Europäischen Union mit Europäischer Grundrechtecharta – Kommentar. München: Beck.

Camdessus, M., Lamfalussy, A., Padoa-Schioppa, T., Aleksashenkp, S., Al Sayari, H., Boorman, J. T., Crockett, A., de la Dehesa, G., Fraga, A., Gyohten, T., Hu, X., Icard, A., Köhler, H., Ortiz, G., Ramos, M., Reddy, Y. V., Truman, E. M. und Volcker, P. A. (2011): Reform of the International Monetary System: A Cooperative Approach for the Twenty First Century. New York: Palais-Royal Initiative.

Campbell, J. Y. und Froot, K. A. (1993): International Experiences with Securities Transaction Taxes. NBER Working Paper No. 4587. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Canadell, J., Le Quéré, C., Raupach, M. R., Field, C. B., Buitenhuis, E. T., Ciais, P., Conway, T. J., Gillett, N. P., Houghton, R. A. und Marland, G. (2007): Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (47), 18866–18870.

Carbon Culture (2011): 3–8 Whitehall Place. Our Energy Use. Internet: http://www.carbonculture.net/orgs/decc/whitehall-place/ (gelesen am 15. März 2011). London: Carbon Culture.

Carson, R. (1962): Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin.

Casillas, C. E. und Kammen, D. M. (2010): The energy-poverty-climate nexus. Science 330, 1181–1182.

Cazenave, A., Dominh, K., Guinehut, S., Berthier, E., Llowel, W., Ramillien, G., Ablain, M. und Larnicol, G. (2008): Sea level budget over 2003–2008: A reevaluation from GRACE space gravimetry, satellite altimetry and Argo. Global and Planetary Change 65, 83–88.

CBD – Convention on Biological Diversity (2004): Protected Areas (Articles 8 (a) to (e)). Decision VII/28. Montreal: CBD.

CBD – Convention on Biological Diversity (2010a): Updating and Revision of the Strategic Plan for the Post-2010 Period. Decision X/2. Montreal: CBD.

CBD – Convention on Biological Diversity (2010b): Global Biodiversity Outlook 3. Montreal: CBD Secretariat.

CCICED – China Council for International Cooperation on Environment and Development (2009): China's Pathway Towards a Low Carbon Economy. Internet: http://www.sfu.ca/international-development/cciced/pdf/2009_TFonLowCarbonEconomy.pdf (gelesen am 14. März 2011). Peking: CCICED.

CDIAC – Carbon Dioxide Information Analysis Center (2011): Global Data 1751–2007. Internet: http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2007.ems (gelesen am 7. Januar 2011). Oak Ridge, TN: CDIAC.

Centrum für Corporate Citizenship (2007): Corporate Citizenship. Gesellschaftliches Engagement von Unternehmen in Deutschland und im transatlantischen Vergleich. Berlin: Centrum für Corporate Citizenship.

Chalmers, D., Hadjiemmanuil, C., Monti, G. und Tomkins, A. (2006): European Union Law. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Chandler, T. (1987): Four Thousand Years of Urban Growth: An Historical Census. New York, Lewiston: St. David's University Press.

Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. und Diaz, S. (2000): Consequences of changing biodiversity. Nature 405, 234–242.

Chapman, G. P. (2002): The Green Revolution. The Companion to Development Studies. London: Arnold.

Chen, S. und Ravallion, M. (2008): The Developing World is Poorer than Thought but No Less Successful in the Fight Against Poverty. World Bank Policy Research Working Paper 4703. Washington, DC: World Bank.

Chinese Government (2011): Environmental Protection. Special Report. Internet: http://english.gov.cn/special/envir_index.htm (gelesen am 14. März 2011). Peking: Chinese Government.

Chivian, E. und Bernstein, A. (Hrsg.) (2008): Sustaining Life. How Human Health Depends on Biodiversity. Oxford, New York: Oxford University Press.

Church, J. A. und White, N. J. (2006): A 20th century acceleration in global sea-level rise. Geophysical Research Letters 33, L01602.

CIESIN – Center for International Earth Science Information Network (2005): Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP). Urban Extends. Palisades, NY: CIESIN, Columbia University, International Food Policy Research Institute, World Bank, Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Clark, A. und Oswald, A. J. (1994): Unhappiness and unemployment. Economic Journal 104 (5), 648–659.

Clark, W. C., Crutzen, P. J. und Schellnhuber, H. J. (2005): Science for global sustainability: toward a new paradigm. In: Schellnhuber, H. J., Crutzen, P. J., Clark, W. C., Claussen, M. und Held, H. (Hrsg.): Earth System Analysis for Sustainability. Cambridge, MA: MIT Press, 1–28.

Cleaver, H. (1972): The Contradictions of the Green Revolution. American Economic Review 62 (2), 177–186.

Cleveland, C. J., Costanza, R., Hall, C. A. S. und Kaufmann, R. (1984): Energy and the U.S. economy: a biophysical perspective. Science 225 (4665), 890–897.

Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G. und Gray, D. (2006): From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. Science Education 90 (2), 227–252.

Conway, G. R. und Barbier, E. B. (1990): After the Green Revolution. Sustainable Agriculture for Development. London: Earthscan.

Conzelmann, T. und Faust, J. (2009): „Nord" und „Süd" im globalen Regieren. Politische Vierteljahresschrift 50 (2), 203–225.

Cook, J. (2010): Wissenschaftlicher Leitfaden zur Klimaskepsis. The Scientific Guide to Global Warming Skepticism. Internet: http://www.skepticalscience.com/The-Scientific-Guide-to-Global-Warming-Skepticism.html (gelesen am 7. März 2011). Online Portal: Skepticalscience.

Cooper, A. F. und Antkiewicz, A. (2008): Emerging Powers in Global Governance. Lessons from the Heiligendamm Process. Waterloo, ON: Wilfrid Laurier University Press.

Cordell, D. (2010): The Story of Phosphorus. Sustainability Implications of Global Phosporus Scarcity for Food Security. Doctoral thesis. Linköping: Linköping University, Department of Water and Environmental Studies.

Cordell, D., Drangert, J.-O. und White, S. (2009): The story of phosphorus: global food security and food for thought. Global Environmental Change 19, 292–305.

Corfee-Morlot, J., Kamal-Chaoui, L., Donovan, M. G., Cochran, I., Robert, A. und Teasdale, P.-J. (2009): Cities, Climate Change and Multi-Level Governance. OECD Environmental Working Paper. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Craswell, E. T., Tiessen, H. und Vlek, P. L. G. (2010): Peak Phosphorus: Implications for Agricultural Production, the Environment and Development. Bonn: Zentrum für Entwicklungsforschung.

Crouch, C. (2004): Post-Democracy (Themes for the 21st Century). San Francisco: Wiley.

Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. Nature 415, 23.

Crutzen, P. J. und Schwägerl, C. (2010): Living in the Anthropocene: Toward a New Global Ethos. Essay. Internet: http://e360.yale.edu/feature/living_in_the_anthropocene_toward_a_new_global_ethos_/2363/ (gelesen am 4. März 2011). New Haven, CT: environment360.

Crutzen, P. J. und Stoermer, E. F. (2000): The „Anthropocene". IGBP Newsletter 41, 17–18.

Czech, B. und Daly, H. E. (2009): Die Steady-State-Ökonomie: Was sie ausmacht, was sie mit sich bringt und was sie genau bedeutet. Nachhaltiges Wachstum? Wissenschaft und Umwelt Interdisziplinär 13, 115–121.

Czisch, G. (2005): Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung. Kostenoptimierte Variationen zur Versorgung Europas und seiner Nachbarn mit Strom aus erneuerbaren Energien. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.

Dahl, R. A. (1970): After the Revolution. Authority in a Good Society. New Haven: Yale University Press.

Dahl, R. A. (1987): Sketches for a democratic Utopia. Scandinavian Political Studies 10, 195–206.

Dahl, R. A. (1989): Democracy and its Critics. New Haven: Yale University Press.

Dahl, R. A. (1992): The problem of civic competence. Journal of Democracy 3, 45–59.

Dahrendorf, R. (1957): Soziale Klassen und Klassenkonflikt in der industriellen Gesellschaft. Stuttgart: Ferdinand Enke.

DAI – Verband Deutscher Architekten und Ingenieurvereine (2009): Klimamanifest der Architekten, Ingenieure und Stadtplaner. Internet: http://www.dai.org/oeffentlichkeitsarbeit/meldungen/304-klima-manifest-der-architekten-ingenieure-und-stadtplaner (gelesen am 13. Dezember 2010). Berlin: DAI.

Daim, F. (2009): Linking the Public with Science and Research – Zusammenfassung der Ergebnisse. In: Hanft, A. und Knust, M. (Hrsg.): Weiterbildung im Elfenbeinturm!? Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 104–106.

Daly, H. E. (1974): The economics of the steady state. The American Economic Review 64 (2), 15–21.

Daly, H. E. (1996): Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development. Boston, MA: Beacon Press.

Danish Board of Technology (2009): World Wide Views on Global Warming. From the World's Citizens to the Climate Policy Makers. Kopenhagen: Danish Board of Technology.

Davis, S., J. und Caldeira, K. (2010): Consumption-based accounting of CO_2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences (early edition), 1–6.

Dawkins, E., Roelich, K. und Owen, A. (2010): A Consumption Approach for Emissions Accounting – the REAP Tool and REAP Data for 2006. Stockholm: Stockholm Environment Institute.

DB – Deutsche Bahn (2010): Carsharing der Bahn – Die intelligente Art der Autonutzung. Kundeninformation. Internet: http://www.dbcarsharing-buchung.de (gelesen am 15. März 2011). Frankfurt/M.: DB.

de Grazia, A. (1951): Public and Republic: Political Representation in America. New York: Knopf.

de Haan, G. (2003): Bildung als Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung – Kriterien, Inhalte, Strukturen, Forschungsperspektiven. In: Kopfmüller, J. (Hrsg.): Den globalen Wandel gestalten. Forschung und Politik für einen nachhaltigen globalen Wandel. Berlin: edition sigma, 93–113.

Deaton, A. (2008): Income, Health, and Well-Being around the World: Evidence from the Gallup World Poll. Journal of Economic Perspectives 22 (2), 53–72.

Debiel, T., Roth, M. und Ulbert, C. (2010): Globale Trends im Schatten der Weltfinanzkrise: Herausforderungen, Kräfteverschiebungen und Optionen für Global Governance. In: Debiel, T., Messner, D., Nuscheler, F., Roth, M. und Ulbert, C. (Hrsg.): Globale Trends 2010. Frieden, Entwicklung, Umwelt. Frankfurt/M.: Fischer, 11–21.

Delbrück, J. (1998): „Das Völkerrecht soll auf einen Föderalismus freier Staaten gegründet sein". Kant und die Entwicklung internationaler Organisation. In: Dicke, K. und Kodalle, K.-M. (Hrsg.): Republik und Weltbürgerrecht. Weimar: Böhlau, 180–213.

Delta Committee (2008): Working Together with Water. A Living Land Builds for its Future. The Hague: Delta Committee.

DeMartino, S. und Le Blanc, E. (2010): Estimating the Amount of a Global Feed-in Tariff for Renewable Electricity. UN DESA Working Paper 95. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs.

DENA – Deutsche Energie-Agentur (2010): Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015–2020 mit Ausblick auf 2025. Strategisches Konzept zur Weiterentwicklung des Stromnetzes in Deutschland. Berlin: DENA.

Déry, P. und Anderson, B. (2007): Peak phosphorus. Energy Bulletin (13.08.), 10.

Deutscher Bundestag (2003): Mehr Demokratie wagen durch ein Wahlrecht von Geburt an. Drucksache 15/1544. Berlin: Deutscher Bundestag.

Deutscher Bundestag (2008): Der Zukunft eine Stimme geben – Für ein Wahlrecht von Geburt an. Drucksache 16/9868. Berlin: Deutscher Bundestag.

Deutscher Familienverband (2003): Aktionsleitfaden zum Schwerpunktthema Familienwahlrecht Hintergrundinformationen – Argumente – Anregungen. Berlin: Deutscher Familienverband.

Diaz, R. J. (2001): Overview of hypoxia around the world. Journal of Environmental Quality 30 (2), 275–281.

Die Welt Online (2010): Geißler fordert Reform des deutschen Baurechts. Hamburg: Die Welt Online (12.11.2010).

Diekmann, A. und Preisendörfer, P. (1991): Umweltbewusstsein, ökonomische Anreize und Umweltverhalten. Schweizer Zeitschrift für Soziologie 17 (2), 207–231.

Dienel, P. (1978): Die Planungszelle. Eine Alternative zur Establishment-Demokratie. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Dienel, P. C. (2002): Die Planungszelle. Der Bürger als Chance. Mit Statusreport 2002. Wiesbaden: VS.

Dingwerth, K. (2007): The New Transnationalism: Transnational Governance and Democratic Legitimacy. Hampshire: Palgrave.

Dingwerth, K. und Pattberg, P. (2006): Global Governance as a Perspective on World Politics. Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations 12 (2), 185–203.

Dinner, I., Johnson, E. J., Goldstein, D. G. und Liu, K. (2009): Partitioning Default Effects. Why People Choose Not to Choose. Working Paper. Rochester, New York: Social Science Research Network.

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2006): Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power. Final Report. Stuttgart: DLR.

Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A. und Kleypas, J. A. (2009): Ocean acidification: the other CO_2 problem. Annual Review of Marine Sciences 1, 169–192.

Dowie, M. (2001): American Foundations: An Investigative History. Cambridge, MA: MIT Press.

Downie, D. L. (1995): UNEP and the Montreal Protocol: New roles for international organizations in regime creation and change. In: Bartlett, R. V., Kurian, P. A. und Malik, M. (Hrsg.): International Organizations and Environmental Policy. Westport, CT: Greenwood Press.

Downs, A. (1968): Ökonomische Theorie der Demokratie. Tübingen: Mohr Siebeck.

Drescher, S. (2009): Abolition. A History of Slavery and Antislavery. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Dröge, S., van Asselt, H., Brewer, T., Ismer, R., Mehling, M., Monjon, S., Quirion, P., Neuhoff, K., Schumacher, K., Mohr, L., Suwala, W., Takamura, Y., Voituriez, T., Wang, X. und Grubb, M. (2009): Tackling Leakage in a World of Unequal Carbon Prices. Cambridge, UK: Climate Strategies.

Dunbar, R. (1993): Coevolution of neocortex size, group size and language in humans. Behavioral and Brain Sciences 16 (4), 681–735.

Dunbar, R. (2010): How Many Friends Does One Person Need? Dunbar's Number and Other Evolutionary Quirks. London: Faber.

Easterlin, R. A. (1974): Does economic growth improve the human lot? In: David, P. A. und Reder, M. W. (Hrsg.): Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz. New York: Academic Press, 89–125.

Eckersley, R. (2009): Population Measures of Subjective Well-being: How Useful are They? Social Indicators Research 94 (1), 1–12.

Eckes, T. und Six, B. (1994): Fakten und Fiktionen in der Einstellungs-Verhaltens-Forschung. Eine Meta-Analyse. Zeitschrift für Sozialpsychologie 15 (4), 253–271.

Ecologic (2007): Akzeptanz und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien auf kommunaler und regionaler Ebene. Internet: http://ecologic.eu/download/projekte/950-999/991/verbundprojekt_izt_endbericht-teilprojekt_zw_akzeptanz_ecologic.pdf (gelesen am 17. November 2010). Berlin: Ecologic.

Edenhofer, O. und Kalkuhl, M. (2009): Das grüne Paradoxon – Menetekel oder Prognose. In: Beckenbach, F., Weimann, J., Minsch, J., Nutzinger, H. G. und Witt, U. (Hrsg.): Jahrbuch Ökologische Ökonomik. Band 6: Diskurs Klimapolitik. Marburg: Metropolis, 115–151.

Edenhofer, O. und Stern, N. (2009): Towards a Global Green Recovery – Recommendations for Immediate G20 Action. A Study Initiated by the Federal Foreign Office and Carried out by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and the London School of Economics. Potdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Edenhofer, O., Carraro, C., Hourcade, J.-C., Neuhoff, K., Luderer, G., Flachsland, C., Jakob, M., Popp, A., Steckel, J., Strohschein, J., Bauer, N., Brunner, S., Leimbach, M., Lotze-Campen, H., Bosetti, V., de Cian, E., Tavoni, M., Sassi, O., Waisman, H., Crassous-Doerfler, R., Monjon, S., Dröge, S., van Essen, H., del Río, P. und Türk, A. (2009a): The Economics of Decarbonisation. Report of the RECIPE Project. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Edenhofer, O., Hulme, M., Neufeldt, H. und Ritchie, A. (2009b): Adaptation and Mitigation Strategies. Supporting European Climate Policy. Final Report. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia.

Edenhofer, O., Knopf, B., Barker, T., Baumstark, L., Bellevrat, E., Chateau, B., Criqui, P., Isaac, M., Kitous, A., Kypreos, S., Leimbach, M., Lessmann, K., Magné, B., Scrieciu, S., Turton, H. und van Vuuren, D. P. (2010): The economics of low stabilization: model comparison of mitigation strategies and costs. The Energy Journal 31 (Special Issue 1), 11–48.

EEA – European Environment Agency (2010a): SOER 2010: The European Environment State and Outlook 2010. Material Resources and Waste. Kopenhagen: EEA.

EEA – European Environment Agency (2010b): SOER 2010: The European Environment State and Outlook 2010. Land Use. Kopenhagen: EEA.

EEAC – European Environment and Sustainable Development Advisory Councils (2009): Towards Sustainable European Infrastructures. Statement and Background Document. Brüssel: EEAC.

Eger, H., Fleischhauer, E., Hebel, A. und Sombroek, W. G. (1996): Taking action for sustainable land-use: Results from 9th ISCO Conference in Bonn, Germany. Ambio 25 (8), 480–483.

Ehrlich, P. R. und Holdren, J. P. (1971): Impact of population growth. Science 171, 1212–1217.

EIB – Europäische Investitionsbank (2007): EPOS II – The „Climate Awareness Bond". EIB Promotes Climate Protection via Pan-EU Public Offering. Pressemitteilung vom 22.05.2007. Luxemburg: EIB.

EIB – Europäische Investitionsbank (2009): EIB Launches Debut Swedish Krona Climate Awareness Bonds. Pressemitteilung vom 03.11.2009. Luxemburg: EIB.

Eifert, M. (2009): Innovationsfördernde Regulierung. In: Eifert, M. und Hoffmann-Riem, W. (Hrsg.): Innovationsfördernde Regulierung. Berlin: Duncker & Humblot, 11–19.

Elias, N. (1987 [1996]): Wandlungen der Wir-Ich-Balance. In: Elias, N. (Hrsg.): Die Gesellschaft der Individuen. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 207–315.

Elias, N. (1994): Studien über die Deutschen. Machtkämpfe und Habitusentwicklung im 19. und 20. Jahrhundert. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Ellis, E. C. und Ramankutty, N. (2008): Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. Frontiers in Ecology and the Environment 6, doi:10.1890/070062.

Engel, K., Großmann, J. und Hombach, B. (2011): Phönix flieg! Das Ruhrgebiet erfindet sich neu. Essen: Klartext.

Environics (2007): Energy Attitudes. Internet: http://www.americanenvironics.com/PDF/EnergyAttitudesSummer2007.pdf (gelesen am 17. November 2010). Oakland, CA: American Environics.

Epiney, A. (2000): Welthandel und Umwelt. Deutsches Verwaltungsblatt 115, 77–86.

Epstein, S. (1994): Integration of cognitive and the psychodynamic unconscious. American Psychology 49, 709–724.

Erbguth, W. und Schlacke, S. (2009): Umweltrecht: Lehrbuch. Baden-Baden: Nomos.

EREC – European Renewable Energy Council und Greenpeace (2008): Energy [R]evolution. A Sustainable Global Energy Outlook 2008. Brüssel, Amsterdam: EREC, Greenpeace International.

EREC – European Renewable Energy Council und Greenpeace (2009): Energy [R]evolution. A Sustainable Global Energy Outlook 2009. Brüssel, Amsterdam: EREC, Greenpeace International.

EREC – European Renewable Energy Council und Greenpeace (2010): Energy [R]evolution. A Sustainable Global Energy Outlook. Advanced Scenario. Third Edition 2010. Brüssel, Amsterdam: EREC, Greenpeace International.

Eswaran, H., Lal, R. und Reich, P. F. (2001): Land degradation: an overview. In: Bridges, E. M., Hannam, I. D., Oldeman, L. R., Pening de Vries, F. W. T., Scherr, S. J. und Sompatpanit, S. (Hrsg.): Responses to Land Degradation. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen, Thailand. New Delhi: Oxford Press.

EU – Europäische Union (2009): Richtlinie 2009/31/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009, ABl. L 140 vom 5.6.2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid. Brüssel: EU.

EU COM – European Commission (2005): Report on European Technology Platforms and Joint Technology Initiatives: Fostering Public-Private R&D Partnerships to Boost Europe's Industrial Competitiveness. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2006a): Council Decision of 19 December 2006 Concerning the Specific Programme ‚Cooperation' Implementing the Seventh Framework Programme of the European Community for Research, Technological Development and Demonstration Activities (2007 to 2013) (2006/971/EC). Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2006b): Council Decision of 18 December 2006 Concerning the Seventh Framework Programme of the European Atomic Energy Community (Euratom) for Nuclear Research and Training Activities (2007 to 2011) (2006/970/Euratom). Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2007a): Joint Technology Initiatives: Background, State-of-Play and Main Features. Commission Staff Working Document. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2007b): Green Paper. The European Research Area: New Perspectives {SEC(2007) 412}. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2007c): Preparing for the „Health Check" of the CAP reform. Communication from the Commission. COM(2007) 722 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2008a): Joint Programming of Research. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions of 15 July 2008: „Towards Joint Programming in Research: Working Together to Tackle Common Challenges more Effectively" [COM(2008) 468 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2008b): Establishing the European Institute of Innovation and Technology. Regulation (EC) No 294/2008 of the European Parliament and of the Council of 11 March 2008 Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2008c): Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern. KOM(2008) 699. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2008d): Grünbuch „Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU". SEK(2007) 849. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2009a): Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan). COM(2009) 519 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2009b): Accompanying Document to the Communication from the Commission on Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan): A Technology Roadmap SEC(2009) 1295. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010a): Energy-Efficient Buildings PPP. Multi-Annual Roadmap and Longer Term Strategy. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010b): Cooperation Theme 6 – Environment (Including Climate Change). Catalogue of Projects 2009. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010c): Food, Agriculture and Fisheries, and Biotechnology. About Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE). Internet: http://cordis.europa.eu/fp7/kbbe/about-kbbe_en.html (gelesen am 7. März 2011). Brüssel: EU COM Community Research and Development Information (CORDIS).

EU COM – European Commission (2010d): Commission Staff Working Document: Financing for Development – Annual Progress Report 2010. Getting Back on Track to Reach the EU 2015 Target on ODA Spending? (SEC(2010)420). Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010e): Energy Infrastructure Priorities for 2020 and Beyond – A Blueprint for an Integrated European Energy Network. Communication from the Commission. COM(2010) 677/4 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010f): Energy 2020. A Strategy for Competitive, Sustainable and Secure Energy. Communication from the Commission. COM(2010) 639 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2010g): World and European Sustainable Cities. Insights from EU Research. Brüssel: European Commission Directorate-General for Research, Socio-Economic Sciences and Humanities.

EU COM – European Commission (2010h): Critical Raw Materials for the EU. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2011a): A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050. Communication from the Commission. COM(2011) 112 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2011b): Energy Efficiency Plan 2011. Communication from the Commission. COM(2011) 109 final. Brüssel: EU COM.

EU COM – European Commission (2011c): Mittelzuweisung des Siebten Rahmenprogramms der Europäischen Gemeinschaft (EG) (2007–2013) und Euratom (2007–2011). Internet: http://cordis.europa.eu/fp7/budget_de.html (gelesen am 22. Februar 2011). Brüssel: EU COM Community Research and Development Information.

EU COM – European Commission (2011e): Mission Statement of DG Energy. Developing and Implementing a European Energy Policy. Internet: http://ec.europa.eu/dgs/energy/mission_en.htm (gelesen am 5. März 2011). Brüssel: EU COM.

EU Covenant of Mayors (2010): How to Develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP). Brüssel: European Union.

Eurobarometer (2006): Attitudes Towards Energy. Internet: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_247_en.pdf (gelesen am 17. November 2010). Brüssel: Europäische Kommission.

Eurobarometer (2007): Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures. Internet: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_262_en.pdf (gelesen am 17. November 2010). Brüssel: Europäische Kommission.

Eurobarometer (2009): Europeans' Attitudes Towards Climate Change. Internet: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_313_en.pdf (gelesen am 17. November 2010). Brüssel: Europäische Kommission (EU COM).

Eurostat (2001): Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators – A Methodological Guide. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.

EvaConsult (2006): Bewertungsbericht zum Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung". Berlin: EvaConsult.

Evans, K. R. (2008): An Abundance of Lithium. Santiago: World Lithium.

Evenson, R. E. und Gollin, D. (2003): Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. Science, 758–762.

Evers, A. und Zimmer, A. (2010): Third Sector Organizations Facing Turbulent Environments: Sports, Culture and Social Services in Five European Countries. Baden-Baden: Nomos.

Evolution MegaLab (2011): Evolution MegaLab: Alle verfügbaren historischen Daten über Bänderschnecken. Internet: http://www.evolutionmegalab.org/de/information/view-Background (gelesen am 14. März 2011). Berlin: Evolution MegaLab.

EWI – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Prognos AG und GWS – Gesellschaft für Wirtschaftliche

Strukturforschung (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Projekt Nr. 12/10. Köln, Basel, Osnabrück: EWI, Prognos, GWS.

EWZ – Energiewerke Zürich (2007): Ökologisch! Oder konventionell? Die Wahl Ihres persönlichen Stromprodukts hat viel bewirkt. Zürich: EWZ.

Faiers, A. und Neame, C. (2006): Consumer attitudes towards domestic solar power systems. Energy Policy 13 (14), 1797–1806.

Fanelli, D. (2009): How many scientists fabricate and falsify research? A systematic review and meta-analysis of survey data. PLoS ONE 4 (5), doi:10.1371/journal.pone.0005738

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Hrsg.) (2003): World Agriculture: Towards 2015/2030. London: Earthscan.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006): World Agriculture: Towards 2030/2050. Prospects for Food, Nutrition, Agriculture and Major Commodity Groups. Interim Report. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008): The State of Food Insecurity in the World 2008. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009a): Global Agriculture Towards 2050. High-Level Expert Forum – How to Feed the World in 2050. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009b): The State of World Fisheries and Aquaculture 2008. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009c): Food Security and Agricultural Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009d): Review of Evidence on Drylands Pastoral Systems and Climate Change. Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010a): The Global Forest Resources Assessment 2010 – Key Findings. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010b): The State of Food and Agriculture 2009. Livestock in the Balance. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010c): Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Oganization of the United Nations (2011): Food Price Index. Internet: http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/foodpricesindex/en/ (gelesen am 10. März 2011). Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations und IFAD – International Fund For Agricultural Development (2008): Financing Climate Change Adaptation and Mitigation in the Agriculture and Forestry Sectors. „Submission by the Food and Agriculture Organization (FAO) and the International Fund for Agricultural Development (IFAD) to the UNFCCC". Internet: http://unfccc.int/resource/docs/2008/smsn/igo/015.pdf. Rom: FAO.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, IIED – International Institute for Environment and Development und IFAD – International Fund For Agricultural Development (2009): Land Grab or Development Opportunity? Agricultural Investment and International Land Deals in Africa. Rom, London: FAO, IIED, IFAD.

Faust, J. (2006): Die Dividende der Demokratie. Politische Herrschaft und gesamtwirtschaftliche Produktivität. Politische Vierteljahresschrift 47 (1), 62–83.

Feinstein, N. (2011): Salvaging science literacy. Science Education 95 (1), 168–185.

Field, H. und Powell, P. (2001): Public understanding of science versus public understanding of research. Public Understanding of Science 10, 421–426

Figueres, C. (2008): Programmatic CDM: Regulatory Hurdles That Can Be Overcome. PoA Paper for IETA. Internet: http://figueresonline.com/publications/PoA%20paper%20for%20IETA.pdf (gelesen am 16. Februar 2011). New York: United Nations Framework Convention on Climate Change.

Financial Times Deutschland (17.08.2010): Deutsche Bahn düpiert Autobranche. Der Schienenkonzern baut zurzeit die größte Flotte von Elektroautos bundesweit auf und integriert sie in sein Carsharing-Angebot Internet: http://www.ftd.de/unternehmen/handel-dienstleister/:e-mobilitaet-deutsche-bahn-duepiert-autobranche/50157592.html (gelesen am 14. März 2011). Frankfurt/M.: Financial Times Deutschland.

Finzsch, N., Horton, J. O. und Horton, L. E. (1999): Von Benin nach Baltimore. Die Geschichte der African Americans. Hamburg: Hamburger Edition.

Fisahn, A. (2004): Effektive Beteiligung solange noch alle Optionen offen sind – Öffentlichkeitsbeteiligung nach der Aarhus-Konvention. Zeitschrift für Umweltrecht, 136–141.

Fischer, G. (2009): World Food and Agriculture to 2030/50: How do Climate Change and Bioenergy Alter the Long-Term Outlook for Food, Agriculture and Resource Availability? Rom: Food and Agriculture Organization.

Fischer, D. (2010): Comparing transitions: insights from the economic transition processes in former socialist countries for sustainability transitions. Osteuropa-Wirtschaft 55 (4), 289–310.

Fischer, C. und Newell, R. G. (2008): Environmental and technology policies for climate mitigation. Journal of Environmental Economics and Management 55, 142–162.

Fischer, C. und Fox, A. K. (2009): Comparing Policies to Combat Emissions Leakage. Border Tax Adjustments versus Rebates. Washington, DC: Resources for the Future.

Fischer-Kowalski, M. und Haberl, H. (1997): Stoffwechsel und Kolonisierung: Konzepte zur Beschreibung des Verhältnisses von Gesellschaft und Natur. In: Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., Winiwarter, V. und Zangerl–Weisz, H. (Hrsg.): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Amsterdam: Gordon & Breach Fakultas, 3–12.

Fisher, B., Nakicenovic, N., Alfsen, K., Corfee-Morlot, J., de la Chesnaye, F., Hourcade, J. C., Jiang, K., Kainuma, M., La Rovere, E., Matysek, A., Rana, A., Riahi, K., Richels, R., Rose, S. und van Vuuren, D. (2007): Issues related to mitigation in the long-term context. Chapter 3. In: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: IPCC.

Fishkin, J. S. (1991): Democracy and Deliberation. New Haven: Yale University Press.

Fishkin, J. S. (1995): The Voice of the People: Public Opinion and Democracy. New Haven: Yale University Press.

Fishkin, J. S. (2009): When the People speak! Deliberative Democracy and Public Consultation. Oxford: Oxford University Press.

Flemes, D. (2010): Regional Leadership in the Global System. Ideas, Interests and Strategies of Regional Powers. Aldershot, UK: Ashgate.

Frankfurt, H. (2001): Freiheit und Selbstbestimmung. Ausgewählte Texte. Berlin: Akademie-Verlag.

Freedom House (2010): Freedom in the World 2010. Erosion of Freedom Intensifies. Washington, DC: Freedom House.

Freeman, C. (1992): The Economics of Hope. Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment. New York, London: Pinter Publishers.

Freeman, C. (1996): Long Wave Theory. International Library of Critical Writings in Economy. Cheltenham: Edward Elgar.

Freeman, C. und Louçã, F. (2001): As Time Goes By. From the Industrial Revolution to the Information Revolution. Oxford, UK: Oxford University Press.

Frenken, K., Saviotti, P. P. und Trommetter, M. (1999): Variety and niche creation in aircraft, helicopters, motorcycles and minicomputers. Research Policy 28, 469–488.

Frey, B. S. und Stutzer, A. (2002): Prozessnutzen in der Demokratie. In: Rehbinder, M. und Usteri, M. (Hrsg.): Glück als Ziel der Rechtspolitik. Bern: Stämpfli, 193–209.

Frey, B. S. und Stutzer, A. (2009): Glück: Die ökonomische Analyse. IEW Working Paper No. 417. Zürich: Universität Zürich. Institut für Empirische Wirtschaftsforschung.

Friedlingstein, P., Houghton, R. A., Marland, G., Hackler, J., Boden, T. A., Conway, T. J., Canadell, J. G., Raupach, M. R., Ciais, P. und C., L. Q. (2010): Update on CO_2 emissions. Letter to the Editor. Nature Geoscience (advance online publication), 1–2.

Friedman, T. (2009): Was zu tun ist. Eine Agenda für das 21. Jahrhundert. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Fritsche, U. R. und Eberle, U. (2007): Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Arbeitspapier. Darmstadt: Öko-Institut.

Frost & Sullivan (2010): Car Sharing – Auf dem Weg in eine grünere Zukunft. Internet: http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=193332392 (gelesen am 13. Dezember 2010). London, Oxford, Frankfurt/M.: Frost & Sullivan.

Fuchs, W. T. (2009): Warum das Gehirn Geschichten liebt. München: Haufe-Lexware.

Fulton, M., Kahn, B. M., Mellquist, N., Soong, E., Baker, J. und Cotter, L. (2009): Paying for Renewable Energy: TLC at the Right Price. Achieving Scale through Efficient Policy Design. Frankfurt/M.: Deutsche Bank Group DB Advisors.

Fulton, M., Kahn, B. M., Mellquist, N., Soong, E., Baker, J. und Cotter, L. (2010): GET FiT Program – Global Energy Transfer Feed-in Tariffs for Developing Countries. Frankfurt/M.: Deutsche Bank Group DB Advisors.

Funtowicz, S. und Ravetz, O. (1993): The emergence of post-normal science. In: von Schomberg, R. (Hrsg.): Science, Politics, and Morality: Scientific Uncertainty and Decision Making. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 85–123.

FVEE – Forschungsverbund Erneuerbare Energien (2010): Beitrag des FVEE zum 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Forschungsaufgaben in den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Systemintegration. Berlin: FVEE.

Galloway, J. N., Dentener, F., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, S. P., Asner, G. P., Cleveland, C. C., Green, P. A., Holland, E. A., Karl, D. M., Michaelis, A. F., Porter, J. H., Townsend, A. R. und Vörösmarty, C. J. (2004): Nitrogen cycles: past, present, and future. Biogeochemistry 70, 153–226.

Gallup (2010): Americans' Global Warming Concerns Continue to Drop. Internet: http://www.gallup.com/poll/126560/americans-global-warming-concerns-continue-drop.aspx (gelesen am 17. November 2010). Berlin, Brüssel, London: Gallup.

Garz, H., Ötzsch, R., Haas, A., Wirtz, P. und Zank, S. (2009): Deutsche Stromversorger – In der CO_2-Falle? Ein neues Spiel hat begonnen. Düsseldorf: West LB.

Gates Foundation (2010): Agricultural Development. Internet: http://www.gatesfoundation.org/agriculturaldevelopment/Pages/default.aspx (gelesen am 5. März 2011). Seattle, WA: Bill & Melinda Gates Foundation.

GCP – Global Carbon Project (2010): Carbon Budget. Summary Highlights (brief). Internet: http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/09/hl-compact.htm (gelesen am 5. Januar 2011). Canberra: Global Carbon Project.

GCP – Global Carbon Project (2011): Carbon Budget. Highlights (full). Internet: http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/09/hl-full.htm#ffcement (gelesen am 7. Januar 2011). Canberra: GCP.

GCRMN – Global Coral Reef Monitoring Network (1998): Status of Coral Reefs in the World. Internet: http://www.gcrmn.org/publications.aspx (gelesen am 22. Februar 2011). Townsville: GCRMN.

GEA – Global Energy Assessment (2011): Global Energy Assessment. Laxenburg: IIASA (im Erscheinen).

Geißler, H. (2010): Schlichterspruch zu Stuttgart 21 am 30.11.2010, direkt übertragen von Phoenix-TV. Bonn: Phoenix.

Genth, M. (2008): Ist das neue Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz europarechtskonform? NuR, 28–32.

Georgescu-Roegen, N. (1971): The Entropy Law and Economic Process. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gerhards, J., Offerhaus, A. und Roose, J. (2007): Die öffentliche Zuschreibung von Verantwortung, Zur Entwicklung eines inhaltsanalytischen Instrumentariums. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 59 (1), 105–124.

Germanwatch und Climate Action Network Europe (2008): Der Klimaschutz-Index. Ergebnis 2009. Bonn, Berlin, Brüssel: Germanwatch, Climate Action Network Europe.

Germanwatch und Climate Action Network Europe (2009): Der Klimaschutz-Index. Ergebnis 2010. Bonn, Berlin, Brüssel: Germanwatch, Climate Action Network Europe.

Giannakopoulos, A. und Tänzler, D. (2009): Deutsche Ansichten zur Korruption. Aus Politik und Zeitgeschichte 3–4, 13–18.

Giddens, A. (1984): Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung. Frankfurt/M.: Campus.

Giddens, A. (2009): The Politics of Climate Change. Oxford, UK: Oxford University Press.

Gilbert, R. (2001): Sustainable transportation. In: Munn, R. E. (Hrsg.): Encyclopedia of Global Environmental Change. Band 4. London: Wiley, 426–435.

Gleditsch, N. P. und Sverdrup, B. O. (2002): Democracy and the environment. In: Page, E. A. und Redclift, M. (Hrsg.): Human Security and the Environment. International Comparisons. Cheltenham: Edward Elgar, 45–70.

GMF – The German Marshall Fund of the United States Ecologic Institute und Ecologic (2010): Transforming Economies Through Green Investment. Neds, Progress, and Policies. Washington, DC, Berlin: GMF und Ecologic Institute.

GO Science – The Government Office for Science (2011): Foresight. The Future of Food and Farming. London: GO Science.

Godfrey, H. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., Pretty, J., Robinson, S., Toulmin, C. und Whiteley, R. (2010): The future of global food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B 365, 2769–2777.

Goerres, A. und Tiemann, G. (2009): Kinder an die Macht? Die politischen Konsequenzen des stellvertretenden Elternwahlrecht. Politische Vierteljahresschrift 50 (1), 50–74.

Goldblatt, M. (2010): Comparison of emissions trading and carbon taxation in South Africa. Climate Policy 10, 511–526.

GRAAG – Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases (2010): Homepage. Information on the Alliance. Internet: http://www.globalresearchalliance.org/ (gelesen am 7. März 2011). Wellington: GRAAG.

Graham, C. (2010): Happiness Around the World. The Paradox of Happy Peasants and Miserable Millionaires. Oxford, New York: Oxford University Press.

Green Investment Bank Commission (2010): Unlocking Investment to Deliver Britain's Low Carbon Future. Report. London: Green Investment Bank Commission.

Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. und Balmford, A. (2005): Farming and the fate of wild nature. Science 307, 550–555.

Gregory, P. J., Ingram, J. S. I. und Brklacich, M. (2005): Climate change and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B 360, 2139–2148.

Grin, J., Rotmans, J. und Schot, J. (2010): Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change. London: Routledge.

Gross, P. (2005): Die Multioptionsgesellschaft. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Groß, T. (2009): Welche Klimaschutzpflichten ergeben sich aus Art. 20a GG? Zeitschrift für Umweltrecht 7–8, 364–367.

Grözinger, G. (1993): Achtung, Kind wählt mit! Ein Beitrag zur allmählichen Aufhebung der Diktatur der Gegenwart über die Zukunft. Blätter für deutsche und internationale Politik 38, 1261–1267.

Grübler, A. (1997): Time for a change: on the patterns of diffusion of innovation. In: Ausubel, J. und Langford, H. D. (Hrsg.): Technological Trajectories and the Human Environment Washington, DC: National Academies Press, 14–32.

Grübler, A. (2008a): Technology and Global Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Grübler, A. (2008b): Energy Transitions. Internet: http://www.eoearth.org/article/Energy_transitions (gelesen am 7. August 2011). Washington, DC: The Encyclopedia of Earth.

Grübler, A. (2010): The costs of the French nuclear scale-up: A case of negative learning by doing. Energy Policy 38 (9), 5174–5188.

Grübler, A. und Nakicenovic, N. (1996): Decarbonizing the global energy system. Technological Forecasting and Social Change 53 (1), 97–110.

Grübler, A. und Riahi, K. (2010): Do governments have the right mix in their energy R&D portfolios? Carbon Management 1 (1), 79-87.

Grübler, A., O'Neill, B., Riahi, K., Chirkov, V., Goujon, A., Kolp, P., Prommer, I., Scherbov, S. und Slentoe, E. (2007): Regional, national, and spatially explicit scenarios of demographic and economic change based on SRES. Technological Forecasting and Social Change 74 (7), 980–1029.

Grundmann, R. (1999): Transnationale Umweltpolitik zum Schutz der Ozonschicht. USA und Deutschland im Vergleich. Band 37 der Schriften des Max-Planck-Instituts für Gesellschaftsforschung. Frankfurt/M., New York: Campus.

GSI – Global Subsidies Initiative (2009): Achieving the G-20 Call to Phase Out Subsidies to Fossil Fuels. Policy Brief. Genf, London: GSI.

Gu, J., Humphrey, J. und Messner, D. (2008): Global governance and developing countries. The implications of the rise of China. World Development 36 (2), 274–292.

Günther, K. (2006): Politik des Kompromisses. Dissensmanagement in pluralistischen Demokratien. Wiesbaden: VS.

Gupta, A. (2010): Transparency in Global Environmental Governance: A Coming of Age? GEP 10 (3), 1–9.

Gupta, S. und Tirpak, D. A. (2007): Policies, Instruments and Co-operative Arrangements. In: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 745–809.

Gurr, T. R. und Eckstein, H. (1975): Patterns of Authority: A Structural Basis for Political Inquiry. New York: Wiley.

Haas, E. B. (1958): The Uniting of Europe. Stanford: Stanford University Press.

Haas, P. M. (1992): Obtaining international environmental protection through epistemic communities. In: Rowlands, I. H. und Greene, M. (Hrsg.): Global Environmental Change and International Relations. Basingstoke: Macmillan Palgrave.

Haber, W., Bückmann, W. und Endres, E. (2010): Anpassung des Landmanagements in Europa an den Klimawandel. Natur und Recht 32, 377–383.

Haberl, H. (2006): The global socioeconomic energetic metabolism as a sustainability problem. Energy – The International Journal 31, 87–99.

Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzar, C., Gingrich, S., Lucht, W. und Fischer-Kowalski, M. (2007): Quantifiying and mapping the human appropriation of net primary production in Earth's terrestrial ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (31), 12942-12947.

Häcker, H. und Stapf, K. H. (1994): Dorsch Psychologisches Wörterbuch. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber.

Hajer, M. (1995): The Politics of Environmental Discourse. Oxford: Oxford University Press.

Halweil, B. und Nierenberg, D. (2011): Charting an new path to eliminating hunger. Worldwatch Institute (Hrsg.): State of the World 2011. Innovations that Nourish the Planet. Washington, DC: Worldwatch Institute, 3–12.

Hamilton, C. und Turton, H. (2002): Determinants of emissions growth in OECD countries. Energy Policy 30, 63–71.

Handoh, I. C. und Lenton, T. M. (2003): Periodic mid-cretaceous oceanic anoxic events linked by oscillations of the phosphorus and oxygen biogeochemical cycles. Global Biogeochemical Cycles 17 (4), doi:10.1029/2003GB002039.

Hansen, J. C. (2000): Environmental contaminants and human health in the Arctic. Toxicology Letters 112–113, 119–125.

Harich, J. (2010): Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem. System Dynamics Review 26 (1), 35–72.

Hastings, A. und Wysham, D. B. (2010): Regime shifts in ecological systems can occur with no warning. Ecology Letters doi: 10.111/j.1461-0248.2010.01439.x, 9.

Hauschildt, J. (1997): Innovationsmanagement. München: Vahlen.

Hawkins, D. G., Lake, D. A., Nielson, D. L. und Tierney, M. J. (2006): Delegation under anarchy: states, international organizations and principal-agent theory. In: Hawkins, D. G., Lake, D. A., Nielson, D. L. und Tierney, M. J. (Hrsg.): Delegation and Agency in International Organizations. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 3–38.

Heberer, T. und Senz, A. (2007): Die Rolle Chinas in der internationalen Politik. Innen- und außenpolitische Entwicklungen und handlungsspielräume. DIE Discussion Paper. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Heidbrink, L. und Schmidt, I. (2009): Die neue Verantwortung der Konsumenten. Aus Politik und Zeitgeschichte 32–33, 27–32.

Hein, M. und Buchstein, H. (2009): Zufall mit Absicht. Das Losverfahren als Instrument einer reformierten Europäischen Union. In: Brunkhorst, H. (Hrsg.): Demokratie in der Weltge-

sellschaft (= Soziale Welt Sonderband 18). Baden-Baden: Nomos, 351–384.

Heinberg, R. und Fridley, D. (2010): The end of cheap coal. Nature 468, 367–369.

Held, D., McGrew, A., Goldblatt, D. und Perraton, J. (1999): Global Transformations. Politics, Economics and Culture. Stanford: Stanford University Press.

Hellriegel, M. (2002): Mediation im Umweltrecht. Berlin: Duncker und Humblot.

Hellriegel, M. (2008): CO_2-Abscheidung und -Ablagerung. Teil 1: Anwendbarkeit und Anforderungen des geltenden Rechts. Recht der Energiewirtschaft 4, 111–117.

Helm, D. (2009): Infrastructure investment, the cost of capital, and regulation. An assessment. Oxford Review of Economic Policy 25 (3), 307–326.

Helm, D. (2010): Infrastructure and infrastructure finance: the role of the government and the private sector in the current world. EIB Papers 15 (2), 8–27.

Herr, H. (2001): Finanzströme und Verschuldung. In: Hauchler, I., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2002. Fakten, Analysen, Prognosen. Frankfurt/M.: Fischer, 267–287.

Herring, H. (2008): Rebound effect. In: Cleveland, C. J. (Hrsg.): Encyclopedia of Earth. Internet: http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect (gelesen am 1. März 2011). Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.

Hertwich, E. G. (2005): Life cycle approaches to sustainable consumption: a critical review. Environmental Science & Technology 39 (13), 4673–4684.

Hertwich, E. G. und Peters, G. P. (2009): Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis. Environmental Science & Technology 43 (16), 6414–6420.

Herz, J. H. (1950): Idealist internationalism and the security dilemma. World Politics 2, 157–180.

Herzog, H. J. (2010): Scaling up carbon dioxide capture and storage: from megatons to gigatons. Energy Economics doi:10.1016/j.eneco.2010.11.004.

Herzog, T. (2009): World Greenhouse Gas Emissions in 2005. WRI Working Paper. Internet: http://www.wri.org/publication/navigating-the-numbers (gelesen am 13. April 2010). Washington, DC: World Resources Institute.

Hinze, J. und Kirchesch, K. (1999): Zusammenhang zwischen Gewinnen und Investitionen gelockert. HWWA-Konjunkturforum. Wirtschaftsdienst XI, 677–682.

Hirsch, F. (1977): Social Limits to Growth. London: To Excel/Kaleidoscope.

Hodgson, G. und Liebeler, J. (2002): The Global Coral Reef Crisis: Trends and Solutions 1997–2001. A Review of the First Five Years of Reef Check. Pacific Palisades, CA: The Reef Check Foundation.

Hoegh-Guldberg, O., Hoegh-Guldberg, H., Veron, J. E. N., Green, A., Gomez, E. D., Lough, J., King, M., Ambariyanto, Hansen, L., Cinner, J., Dews, G., Russ, G., Schuttenberg, H. Z., Peñafl or, E. L., Eakin, C. M., Christensen, T. R. L., Abbey, M., Areki, F., Kosaka, R. A., Tewfik, A. und Oliver, J. (2009): The Coral Triangle and Climate Change: Ecosystems, People and Societies at Risk. Full Report. Brisbane: WWF Australia.

Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Carpenter, K. E., Chanson, J., Collen, B., Cox, N. A., Darwall, W. R. T., Dulvy, N. K., Harrison, L. R., Katariya, V., Pollock, C. M., Quader, S., Richman, N. I., Rodrigues, A. S. L., Tognelli, M. F., Vié, J.-C., Aguiar, J. M., Allen, D. J., Allen, G. R., Amori, G., Ananjeva, N. B., Andreone, F., Andrew, P., Aquino Ortiz, A. L., Baillie, J. E. M., Baldi, R., Bell, B. D., Biju, S. D., Bird, J. P., Black-Decima, P., Blanc, J. J., Bolaños, F., Bolivar-G., W., Burfield, I. J., Burton, J. A., Capper, D. R., Castro, F., Catullo, G., Cavanagh, R. D., Channing, A., Chao, N. L., Chenery, A. M., Chiozza, F., Clausnitzer, V., Collar, N. J., Collett, L. C., Collette, B. B., Cortez Fernandez, C. F., Craig, M. T., Crosby, M. J., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Derocher, A. E., Diesmos, A. C., Donaldson, J. S., Duckworth, J. W., Dutson, G., Dutta, S. K., Emslie, R. H., Farjon, A., Fowler, S., Freyhof, J., Garshelis, D. L., Gerlach, J., Gower, D. J., Grant, T. D., Hammerson, G. A., Harris, R. B., Heaney, L. R., Hedges, S. B., Hero, J.-M., Hughes, B., Hussain, S. A., Icochea M., J., Inger, R. F., Ishii, N., Iskandar, D. T., Jenkins, R. K. B., Kaneko, Y., Kottelat, M., Kovacs, K. M., Kuzmin, S. L., La Marca, E., Lamoreux, J. F., Lau, M. W. N., Lavilla, E. O., Leus, K., Lewison, R. L., Lichtenstein, G., Livingstone, S. R., Lukoschek, V., Mallon, D. P., McGowan, P. J. K., McIvor, A., Moehlman, P. D., Molur, S., Alonso, A. M., Musick, J. A., Nowell, K., Nussbaum, R. A., Olech, W., Orlov, N. L., Papenfuss, T. J., Parra-Olea, G., Perrin, W. F., Polidoro, B. A., Pourkazemi, M., Racey, P. A., Ragle, J. S., Ram, M., Rathbun, G., Reynolds, R. P., Rhodin, A. G. J., Richards, S. J., Rodríguez, L. O., Ron, S. R., Rondinini, C., Rylands, A. B., Sadovy de Mitcheson, Y., Sanciangco, J. C., Sanders, K. L., Santos-Barrera, G., Schipper, J., Self-Sullivan, C., Shi, Y., Shoemaker, A., Short, F. T., Sillero-Zubiri, C., Silvano, D. L., Smith, K. G., Smith, A. T., Snoeks, J., Stattersfield, A. J., Symes, A. J., Taber, A. B., Talukdar, B. K., Temple, H. J., Timmins, R., Tobias, J. A., Tsytsulina, K., Tweddle, D., Ubeda, C., Valenti, S. V., van Dijk, P. P., Veiga, L. M., Veloso, A., Wege, D. C., Wilkinson, M., Williamson, E. A., Xie, F., Young, B. E., Akçakaya, H. R., Bennun, L., Blackburn, T. M., Boitani, L., Dublin, H. T., da Fonseca, G. A. B., Gascon, C., Lacher Jr., T. E., Mace, G. M., Mainka, S. A., McNeely, J. A., Mittermeier, R. A., McGregor Reid, G., Rodriguez, J. P., Rosenberg, A. A., Samways, M. J., Smart, J., Stein, B. A. und Stuart, S. N. (2010): The impact of conservation on the status of the world´s vertebrates. Science 330, 1503–1509.

Hoffmann, W. G. (1965): Das Wachstum der Deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Hoffmann-Riem, W. (1999a): Finanzkontrolle als Steuerungsaufsicht im Gewährleistungsstaat. Die Öffentliche Verwaltung, 221–227.

Hoffmann-Riem, W. (1999b): Telekommunikationsrecht als europäisiertes Verwaltungsrecht. Deutsches Verwaltungsblatt, 125–134.

Hofmann, M. und Schellnhuber, H. J. (2009): Oceanic acidification affects marine carbon pump and triggers extended marine oxygen holes. Proceedings of the National Academy of Sciences 106 (9), 3017–3022.

Holmes, I. und Mabey, N. (2010): Accelerating the Transition to a Low Carbon Economy. The Case for a Green Infrastructure Bank. London, Berlin: E3G Change Agents for Sustainable Development.

Holst, I. und Fischer, H. (2008): Das Ende der alten Zeit. Geo Epoche 30, 22–23.

Holstenkamp, L. und Ulbrich, S. (2010): Bürgerbeteiligung mittels Fotovoltaikgenossenschaften. Marktüberblick und Analyse der Finanzierungsstruktur. Arbeitspapierreihe Wirtschaft & Recht Nr. 8. Lüneburg: Leuphana Universität Lüneburg.

Homer-Dixon, T. (2009): Carbon Shift. How the Twin Crisis of Oil Depletion and Climate Change Will Define the Future. Toronto: Random House.

Honohan, P. und Yoder, S. (2010): Financial Transactions Tax – Panacea, Threat, or Damp Squib? Policy Research Working Paper 5230. Washington, DC: World Bank.

Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. und Pape, S. (2006): PEAT-CO_2. Assessment of CO_2 Emissions From Dained Peatlands in SE Asia. Delft: WL Delft Hydraulics.

Houghton, R. A. (2008): Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes: 1850–2005. Falmouth, MA: Carbon Dioxide Information Analysis Center.

Hovi, J., Sprinz, D. und Underdal, A. (2009): Implementing long-term climate policy: Time inconsistency, domestic politics, international anarchy. Global Environmental Politics 9 (3), 20–39.

Hünenmörder, K. F. (2004): Die Frühgeschichte der globalen Umweltkrise und die Formierung der deutschen Umweltpolitik (1950–1973). Stuttgart: Franz Steiner.

Huntington, S. P. (1991): The Third Wave: Democratization in the Late Twentieth Century. Norman, OK: University of Oklahoma Press.

Hurrelmann, K. (1997): Für eine Herabsetzung des Wahlalters. In: Palentien, C. und Hurrelmann, K. (Hrsg.): Jugend und Politik. Neuwied: Luchterhand, 285.

Hutchings, J. A. und Myers, R. A. (1994): What can be learned from the collapse of a renewable resource? Atlantic cod, Gadus morhua, of Newfoundland and Labrador. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51 (9), 2126–2146.

Hutchinson, C. F. und Herrmann, S. M. (2008): The Future of Drylands – Revisited. 50 Years of Drylands Research. Berlin: Springer.

IAASTD – International Assessment of Agricultural Knowledge Science and Technology for Development (2009): Agriculture at Crossroads. Global Report. Washington, DC: Island Press.

IAEA – International Atomic Energy Agency (2000): World Energy Assessment 2000. Energy and the Challenge of Sustainability. Paris: IAEA.

IAEA – International Atomic Energy Agency (2011): Latest News Related to Pris and the Status fo Nuclear Power Plants. Internet: http://www.iaea.org/programmes/a2/ (gelesen am 5. März 2011). Paris: IAEA.

ICLEI – Local Governments for Sustainability (2009): International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP). Version 1.0. Bonn: ICLEI.

ICRAF – World Agroforestry Centre (2010): Annual Report 2009–2010: Going Evergreen for a Climate-SMART Agriculture. Nairobi: ICRAF.

ICSU – International Council of Scientific Unions (2010): Earth System Science for Global Sustainability. The Grand Challenges. Paris: ICSU.

ICSU – International Council of Scientific Unions, TWAS – The Academy of Science for the Developing World und ISTS – International Initiative on Science and Technology for Sustainable Development (2002): Science and Technology for Sustainable Development. Series on Science for Sustainable Development. Volume 9. Paris: ICSU, TWAS, ISTS.

IEA – International Energy Agency (2002): World Energy Outlook 2002. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2007): Mind the Gap. Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2008a): Deploying Renewables. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2008b): Energy Technology Perspectives 2008. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2008c): 2008 Energy Balance for World in Thousand Tonnes of Oil Equivalent (ktoe) on a Net Calorific Value Basis. Internet: http://www.iea.org/stats/balancetable.asp?COUNTRY_CODE=29 (gelesen am 14. März 2011). Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2009a): Energy Balances of OECD Countries. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2009b): World Energy Outlook 2009. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010a): Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios & Strategies to 2050. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010b): Global Gaps in Clean Energy RD&D. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010c): World Energy Outlook 2010. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010d): Energy Balances of IEA Countries. Online Datenbank. Internet: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/energy-projections-for-iea-countries_eneforec-data-en (gelesen am 5. März 2011). Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010e): CO_2 Emissions from Fuel Combustion. 2010 Edition. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency (2010f): Energy Balances of non-OECD Countries. Paris: IEA.

IEA – International Energy Agency und OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2009): Cities, Towns and Renewable Energy. Paris: IEA, OECD.

IEA – International Energy Agency, OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development, OPEC – Organization of the Petroleum Exporting Countries und World Bank (2010a): Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative. IEA/OPEC/OECD/World Bank Joint Report prepared for Submission to the G-20 Summit Meeting Toronto (Canada), 26–27 June 2010, 16 June 2010. Paris, Washington, DC: IEA, OECD, World Bank.

IEA – International Energy Agency, UNDP – United Nations Development Programme und UNIDO – United Nations Industrial Development Organization (2010b): Energy Poverty – How to Make Modern Energy Access Universal? Paris, New York: IEA, UNDP, UNIDO.

IEG – Consultative Group of Ministers or High-level Representatives on International Environmental Governance (2010): Elaboration of Ideas for Broader Reform of International Environmental Governance. Information Note from the Co-Chairs of the Consultative Group of 27 October 2010. Nairobi: United Nations Environment Programme.

IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis (2009): Representative Concentration Pathway Database. Internet: Laxenburg: IIASA.

IISD – International Institute for Sustainable Development (2010): Summary of the Simultaneous Extraordinary COPs to the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions and the 11th Special Session of the UNEP Governing Council/Global Ministerial Environment Forum: 22–26 February 2010. Earth Negotiations Bulletin 16 (84), 15.

Illich, I. (1975): Tools for Conviviality. New York: Harper and Row.

Inglehart, R. (1977): The Silent Revolution. Changing Values and Political Styles among Western Publics. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Inglehart, R. (1998): Modernisierung und Postmodernisierung. Kultureller, wirtschaftlicher und politischer Wandel in 43 Gesellschaften. Frankfurt/M., New York: Campus.

Inglehart, R. (2003): Human Values and Social Change. Findings from the Value Surveys. Leiden, Boston: Brill.

Inglehart, R. (2008): Changing values among western publics from 1970 to 2006. West European Politics 31 (1–2), 130–146.

Inglehart, R., Welzel, C. und Klingemann, H.-D. (2003): The theory of human development: a cross-cultural analysis. European Journal of Political Research 42, 341–379.

Inglehart, R., Foa, R., Peterson, C. und Welzel, C. (2008): Development, freedom and rising happiness: a global perspective 1981–2007. Perspectives Psychological Science 3 (4), 264–285.

Iniyan, S., Suganthi, L. und Samuel, A. A. (2001): A survey of social acceptance in using renewable energy sources for the new millennium. Renewable Energy 24 (3–4), 657–661.

Internet World Stats (2010): Internet World Stats. Usage and Population Statistics. Internet: http://www.internetworldstats.com (gelesen am 9. Februar 2011). Internet World Stats.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Genf: IPCC.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2005): Carbon Dioxide Capture and Storage. A Special Report of Working Group III of the IPCC. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006. Berlin: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Irmen, A. (2011): Ist Wirtschaftswachstum systemimmanent? Discussion Paper Series No. 509. Heidelberg: Universität Heidelberg, Department of Economics.

Irwin, A. (1995): Citizen Science. A Study of People, Expertise and Sustainable Development. Oxford, New York: Routledge.

Ismer, R. und Neuhoff, K. (2007): Border tax adjustment: a feasible way to support stringent emission trading. European Journal of Law and Economics 24, 137–164.

Ison, N. (2010): From Command and Control to Local Democracy. The Governance of Community Energy Projects. Unveröffentlichtes Papier, Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change 2010. Berlin 8.–9. Oktober 2010. Berlin: Unveröffentlichtes Dokument.

IUFRO – The Global Network for Forest Science Cooperation (2010): Embracing Complexity: Meeting the Challenges of International Forest Governance. A Global Assessment Report. Prepared by the Global Forest Expert Panel on the International Forest Regime. IUFRO World Series Volume 28. Wien: IUFRO.

IWMI – International Water Management Institute (2007): Water for Food. Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London, New York: Earthscan.

Jachtenfuchs, M. und Kohler-Koch, B. (2003): Europäische Integration. Opladen: Leske + Budrich.

Jackson, T. (2009): Prosperity Without Growth? The Transition to a Sustainable Economy. London: Sustainable Development Commission.

Jacobsen, N. B. (2006): Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. Journal of Industrial Ecology 10, 239–255.

Jaeger, C. C., Horn, G. und Lux, T. (2009): Wege aus der Wachstumskrise. Potsdam, Kiel, Düsseldorf: European Climate Forum, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Institut für Weltwirtschaft, Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung.

Jaeger, C. C., Paroussos, L., Mangalagiu, D., Kupers, R., Mandel, A. und Tabara, J. D. (2011): A New Growth Path for Europe. Generating Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy. Synthesis Report PIK, University of Oxford, ICCS, Université Paris 1, European Climate Forum. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Jakob, M., Bosetti, V., Waisman, H., de Cian, E., Steckel, J., Leimbach, M. und Baumstark, L. (2009): The RECIPE Reference Scenarios. RECIPE Working Paper. Internet: http://www.pik-potsdam.de/RECIPE (gelesen am 4. März 2010). Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Jänicke, M. und Lindemann, S. (2009): Innovationsfördernde Umweltpolitik. In: Eifert, M. und Hoffmann-Riem, W. (Hrsg.): Innovationsfördernde Regulierung. Berlin: Duncker & Humblot, 171–195.

Jann, W. (1983): Staatliche Programme und „Verwaltungskultur": Bekämpfung des Drogenmissbrauchs und der Jugendarbeitslosigkeit in Schweden, Grossbritannien und der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Jepma, C. J. und Nakicenovic, N. (2006): Sustainable Development and the Role of Gas. Hoersholm: International Gas Union.

Jobert, A., Laborgne, P. und Mimler, S. (2007): Local acceptance of wind energy. Factors of success identified in French and German case studies. Energy Policy 35 (5), 2751–2760.

Jochem, E., Battaglini, A., Cremer, C., Förster, H., Henning, E., Kasper, B., Köwener, D., Lass, W., Mannsbart, W., Meißner, F., Radgen, P., Rauschen, M., Riffeser, L., Schade, W., Toro, F., Wietschel, M., Jaeger, C., Bradke, H., Eichhammer, W., Hass, A., Idrissova, F., Köhler, J., Krause, J., Lilliestam, J., Müller, M., Pflüger, B., Ragwitz, M., Reitze, F., Saure, K., Sensfuß, F. und Walz, R. (2008): Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Synthesebericht. Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Joosten, H. (2010): The Global Peatland CO_2 Picture. Peatland Status and Drainage Related Emissions in all Countries of the World. Greifswald: Universität Greifswald, Wetlands International.

Jörke, D. (2010): Was kommt nach der Postdemokratie? Zeitschrift für Bürgerrechte und Gesellschaftspolitik 190, 17–25.

Johnson, S. (2010): Where Good Ideas come From. The Natural History of Innovation. New York: Riverhead

Jungclaus, J. H., Lorenz, S. J., Timmreck, C., Reick, C. H., Brovkin, V., Six, K., Segschneider, J., Girogetta, M. A., Crowley, T. J., Pongratz, J., Krivova, N. A., Vieira, L. E., Solanki, S. K., Klocke, D., Botzet, M., Esch, M., Gayler, V., Haak, H., Raddatz, T. J., Roeckner, E., Schnur, R., Widmann, H., Claussen, M., Stevens, B. und Marotzke, J. (2010): Climate and carbon-cycle variability over the last millennium. Climate of the Past 6, 723–737.

Jureit, U. (2006): Generationenforschung. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Kahl, W. (2009): Die Kompetenzen der EU in der Energiepolitik nach Lissabon. EuR Europarecht 5 (44), 601–621.

Kahneman, D. und Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. Econometrica 47 (2), 263–291.

Kamal, A. (2010): Grameen Shakti's Renewable Energy Role. Dhaka: The Daily Star.

Kaplinsky, R. und Messner, D. (2008): The impacts of Asian Drivers on the developing world. World Development 36 (2), 197–209.

Kappel, R. (2011): Der Abstieg Europas und der Vereinigten Staaten – Verschiebungen in der Weltwirtschaft und der Weltpolitik. GIGA Focus Global 1/2011. Hamburg: GIGA.

Karns, M. P. und Mingst, K. A. (2004): International Organizations. The Politics and Processes of Global Governance. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers.

Kastenhofer, K. und Rammel, C. (2005): Obstacles to and potentials of the societal implementation of sustainable development: a comparative analysis of two case studies. Sustainability: Science, Practice & Policy 1 (2), 5–13.

Kates, R. W. (1996): Population, technology, and the human environment: a thread through time. Daedalus 125 (3), 1–29.

KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2010): Bestand am Personenkraftwagen am 1. Januar 2010 nach Bundesländern und Kraftstoffarten absolut. Internet: http://www.kba.de/cln_015/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/2010__b__emi__eckdaten__absolut.html (gelesen am 13. Dezember 2010). Flensburg: KBA.

Kennedy, P. (1988): The Rise and Fall of the Great Powers: Economic Change and Military Conflict from 1500–2000. New York: Harper Collins.

Kennedy, P. (2006): The Parliament of Man. The Past, Present, and Future of the United Nations. London: Allen Lane.

Kenny, C. (2007): Construction, Corruption, and Developing Countries. World Bank Policy Research Working Paper 4271. Washington, DC: World Bank.

Keohane, R. O. (2006): The contingent legitimacy of multilateralism. In: Newman, E., Thakur, R. und Tirman, J. (Hrsg.): Multlateralism under Challenge? Power, International Order, and Structural Change. Tokio: United Nations University, 55–76.

Keohane, R. O. und Nye, J. S. (2000): Globalization: What's new? What's not? (And so what?). Foreign Policy 118, 104–119.

Keohane, R. O. und Nye, J. S. (2001): Power and Interdependence. New York: Longman.

Keohane, R. O. und Victor, D. G. (2010): The Regime Complex for Climate Change. The Harvard Project on International Climate Agreements. Cambridge, MA: Harvard University.

Keyzer, M. A., Merbis, M. D., Pavel, I. F. P. W. und van Wesenbeeck, C. F. A. (2005): Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030? Ecological Economics 55, 187–202.

KfW Entwicklungsbank (2010): Startschuss für globalen Klimaschutzfonds. Mitteilung. Internet: http://www.kfw-entwicklungsbank.de/DE_Home/KfW_Entwicklungsbank/Aktuelles/Archiv_2008_bis_2009/Startschuss_fuer_globalen_Klimaschutzfonds.jsp (gelesen am 16. Februar 2011). Frankfurt/M.: KfW.

Khanna, P. (2008): Der Kampf um die Zweite Welt. Berlin: Berlin-Verlag.

Klages, H. (2001): Werte und Wertewandel. In: Schäfers, B. und Zapf, W. (Hrsg.): Handwörterbuch zur Gesellschaft Deutschlands. Opladen: Westdeutscher Verlag, 726–738.

Klaus, T., Vollmer, C., Werner, K., Lehmann, H. und Müschen, K. (2010): Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau: Umweltbundesamt.

Klein, A., Held, A., Ragwitz, M., Resch, G. und Faber, T. (2008): Evaluation of Different Feed-In Tariff Design Options – Best Practice Paper for the International Feed-In Cooperation. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, Energy Economics Group.

Kleiner, K. (2008): Nuclear energy: assessing the emissions. Nature Reports Climate Change 2, 130–131.

Kleinhückelkotten, S. (2006): Soziale Milieus als Zielgruppe für Nachhaltigkeitskommunikation. Vortrag im Rahmen der Expertenwerkstatt "Zielgruppen für die Nachhaltigkeitskommunikation" 30.11.2006, Hannover. Hannover: 21-kom Kommunikation für eine nachhaltige Entwicklung.

Klima-KIC – Knowledge and Innovation Centers (2011): Climate Innovations to Europe. Internet: www.climate-kic.org (gelesen am 5. März 2011). Brüssel: Klima-KIC.

Kluckhohn, C. (1951): Values and value-orientation in the theory of action: An exploration in definition and classification. In: Parsons, T. und Shils, E. (Hrsg.): Toward a General Theory of Action. Cambridge, MA: Harvard University Press, 388–433.

Knopf, B., Edenhofer, O., Flachsland, C., Kok, M. T. J., Lotze-Campen, H., Luderer, G., Popp, A. und van Vuuren, D. P. (2010): Managing the low-carbon transition – from model results to policies. The Energy Journal 31, 223–245.

Koch, H.-J. und Hendler, R. (2009): Baurecht, Raumordnungs- und Landesplanungsrecht. Stuttgart: Richard Boorberg.

Köhler, H. (2011): Die Reform des Internationalen Währungssystems: ein Projekt kooperativer Weltwährungspolitik. Vortrag an der Eberhard Karls Universität Tübingen vom 24. Januar 2011. Tübingen: Eberhard Karls Universität.

Kohler-Koch, B. (1993): Die Welt regieren ohne Weltregierung. In: Böhret, C. und Wewer, G. (Hrsg.): Regieren im 21. Jahrhundert. Zwischen Globalisierung und Regionalisierung. Opladen: Leske + Budrich, 109–141.

Kondratieff, N. (1926): Die langen Wellen der Konjunktur. Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik 56, 573–609.

Kosakova, A. (2005): Switched on to Switching? A Survey of Consumer Behaviour and Attitudes, 2000–2005. NCC Findings. London: National Consumer Council (NCC).

Koselleck, R. (1990): Staat und Souveränität. In: Brunner, O., Conze, W. und Koselleck, R. (Hrsg.): Geschichtliche Grundbegriffe: Historisches Lexikon zur politisch-sozialen Sprache in Deutschland. Band 6. Stuttgart: Klett-Cotta, 1–154.

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H. und Fischer-Kowalski, M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics 68 (10), 2696–2705.

Kreeb, M., Motzer, M. und Schulz, W. F. (2008): LOHAS als Trendsetter für das Nachhaltigkeitsmarketing. In: Schwender, C., Schulz, W. F. und Kreeb, M. W. (Hrsg.): Medialisierung der Nachhaltigkeit – Das Forschungsprojekt balance[f]: Emotionen und Ecotainment in den Massenmedien. Marburg: Metropolis, 303–314

Krey, V., Canadell, J. G., Nakicenovic, N., Abe, Y., Andruleit, H., Archer, D., Grübler, A., Hamilton, N. T. M., Johnson, A., Kostov, V., Lamarque, J.-F., Langhome, N., Nisbet, E. G., O´Neill, B., Riahi, K., Riedel, M., Wang, W. und Yakushev, V. (2009): Gas hydrates: entrance to a methane age or climate threat? Environmental Research Letters 4 (3), 1–6.

Krier, J.-M. (2008): Fair Trade 2007: New Facts and Figures From an Ongoing Success Story. A Report on Fair Trade in 33 Consumer Countries. A Survey on behalf of DAWS – Dutch Association of Worldschops. Internet: http://www.european-fair-trade-association.org/efta/Doc/FT-E-2007.pdf (gelesen am 13. April 2010). Schin op Geul: European Fair Trade Association Head Office.

Kristof, K. (2010): Wege zum Wandel. Wie wir gesellschaftliche Veränderungen erfolgreich gestalten können. München: oekom.

Kroll, G. (2006): Rachel Carson – Silent Spring: A Brief History of Ecology as a Subversive Subject. Internet: http://www.onlineethics.org/CMS/profpractice/exempindex/carsonindex/kroll.aspx (gelesen am 8. März 2010). Washington, DC: National Academy of Engineering Online Ethics Center.

Krosnick, J. A. (2010): The Climate Majority. New York: New York Times.

Kuckartz, U. (2010): Nicht hier, nicht jetzt, nicht ich – Über die symbolische Bearbeitung eines ernsten Problems. In: Welzer,

H. (Hrsg.): KlimaKulturen: soziale Wirklichkeiten im Klimawandel. Frankfurt/M., New York: Campus, 144–160.

Kuckartz, U., Rheingans-Heintze, A. und Rädiker, S. (2008): Vertiefungsstudien im Rahmen des Projektes „Repräsentativumfrage zu Umweltbewusstsein und Umweltverhalten im Jahr 2006" im Auftrag des Umweltbundesamtes. Berlin, Dessau: Umweltbundesamt.

Kumar, A. und Messner, D. (Hrsg.) (2010): Power Shifts and Global Governance. Challenges from South and North. London, New York: Anthem Press.

Kupchan, C. A., Adler, E., Coicaud, J.-M. und Khong, Y. F. (2001): Power in Transition: The Peaceful Change of International Order. Tokio: UNU Press.

Küstenmacher, W. T. und Seiwert, L. (2004): Simplify your life: Einfacher und glücklicher leben. Frankfurt/M.: Campus.

Lake, D. A. (1993): Leadership, hegemony, and the international economy: naked emperor or tattered monarch with potential? International Studies Quarterly 37 (4), 459–489.

Lal, R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304, 1623-1627.

Lal, R., Griffin, M., Apt, J., Lave, L. und Morgan, M. G. (2004): Managing soil carbon. Science 304, 393.

Lamla, J. und Neckel, S. (Hrsg.) (2006): Politisierter Konsum – konsumierte Politik. Wiesbaden: VS.

Landes, D. S. (1969): The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Landfried, C. (2002): Das politische Europa. Differenz als Potenzial der Europäischen Union. Baden-Baden: Nomos.

Langer, C. (2011): Wir haben das Ohr der Wirtschaft. Im Interview mit Barbara Gruber. Schrot&Korn 1, 28–31.

Latouche, S. (2010): Inzwischen kennt die französische Öffentlichkeit den Begriff „Décroissance". In: Seidl, I. und Zahrnt, A. (Hrsg.): Postwachstumsgesellschaft. Konzepte für die Zukunft. Marburg: Metropolis, 201–204.

Layard, R. (2005): Happiness: Lessons from a New Science. London: Penguin.

Le Quére, C., Raupach, M. R., Canadell, J. G. und Marland, G. (2009): Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. Nature Geoscience 2, 831–836.

Leakey, R. und Lewin, R. (1996): Die sechste Auslöschung. Lebensvielfalt und die Zukunft der Menschheit. Frankfurt/M.: Fischer.

Leemans, R., Asrar, G., Busalacchi, A., Canadell, J. G., Ingram, J., Larigauderie, A., Money, H., Norbre, C., Partwardhan, A., Rice, M., Schmidt, F., Seitzinger, S., Virji, H., Vörösmarty, C. und Young, O. R. (2009): Developing a common strategy for integrative global environmental change research and outreach: the Earth System Science Partnership. Environmental Sustainability 1, 1–10.

Leggewie, C. (1995): Die 89er. Porträt einer Generation. Hamburg: Hoffmann und Campe.

Leggewie, C. (2003): Justus Liebig trifft Georg Büchner: Sturm und Dung — eine fiktive Begegnung. Chemie in unserer Zeit 37 (6), 410–415.

Leggewie, C. (2010): Klimaschutz erfordert Demokratiewandel. vorgänge 2, 35–43.

Leggewie, C. (2011): Bewegete arabische Welt. Kommentar. Berlin: taz (21.01.2011).

Leggewie, C. und Welzer, H. (2009): Das Ende der Welt, wie wir sie kannten. Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie. Frankfurt/M.: Fischer.

Lehmann, P. (2009): Climate Policies with Pollution Externalities and Learning Spillovers. Leipzig: Helmholtz Zentrum für Umweltforschung.

Lehmbruch, G. (2002): Der unitarische Bundesstaat in Deutschland: Pfadabhängigkeit und Wandel. MPIfG Discussion Paper 2002/2. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.

Lehmbruch, G. (2003): Verhandlungsdemokratie. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.

Leibfried, S., Nullmeier, F. und Winter, G. (2010): Möglichkeiten einer globalen Transformation hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Winter.pdf. Berlin: WBGU.

Leimbach, M., Bauer, N., Baumstark, L., Lüken, M. und Edenhofer, O. (2010): Technological Change and International Trade – Insights from REMIND-R. The Energy Journal 31 (2), 109–136.

Leinfelder, R. (2009): Wie kann Wissenschaft für die Öffentlichkeit attraktiv gestaltet werden? Ein Vorgehen mit allen Sinnen am Beispiel des Museums für Naturkunde Berlin. In: Hanft, A. und Knust, M. (Hrsg.): Weiterbildung im Elfenbeinturm!? Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 113–121.

Leinfelder, R. (2010a): Vom Handeln zum Wissen – das Museum zum Mitmachen. In: Damaschun, F., Hackethal, S., Landsberg, H. und Leinfelder, R. (Hrsg.): Klasse, Ordnung, Art. 200 Jahre Museum für Naturkunde. Rangsdorf: Basilisken-Presse, 62–67.

Leinfelder, R. (2010b): Wir sind kein reiner Zufall! Evolution und Kreationismus. In: Gerhardt, V. und Schulte, D. (Hrsg.): Faszination Leben. München: Fink, 125–149.

Leiserowitz, A. A., Kates, R. W. und Parris, T. M. (2006): Sustainability values, attitudes, and behaviors: a review of multinational and global trends. Annual Review of Environment and Resources 31, 413–444.

Leiserowitz, A., Maibach, E., Roser-Renouf, C. und Smith, N. (2010): Climate Change in the American Mind: Public Support for Climate & Energy Policies in June 2010. Yale Project on Climate Change Communication. Internet: http://environment.yale.edu/climate/files/PolicySupportJune2010.pdf (gelesen am 17. November 2010). New Haven, CT: Yale University und George Mason University.

Lell, O. (2010): Dienste für Bürger und Verbraucher. Politische Perspektiven für Stromversorgung, Wasserwirtschaft und Bahnverkehr. Gutachten im Auftrag des Gesprächkreises Verbraucherpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Lenzen, M. (2008): Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: a review. ScienceDirect 49, 2178–2199.

Leopoldina (2009): Konzept für ein integriertes Energieforschungsprogramm für Deutschland. Halle/Saale: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Lepsius, M. R. (2000): Die Europäische Union als rechtlich konstituierte Verhaltensstrukturierung. In: Dreier, H. (Hrsg.): Rechtssoziologie am Ende des 20. Jahrhunderts. Tübingen: Mohr Siebeck, 289–305.

Lesage, D., van de Graaf, T. und Westphal, K. (2009): The G8's Role in Global Energy Governance Since the 2005 Gleneagles Summit. Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations 15 (2), 259–277.

Lesage, D., van den Graaf, T. und Westphal, K. (2010): Global Energy Governance in a Multipolar World. Surrey: Ashgate.

Lesser, J. A. und Su, X. (2008): Design of an economically efficient feed-in tariff structure for renewable energy development. Energy Policy 36, 981–990.

Levinthal, D. A. (1998): The slow pace of rapid technological change: gradualism and punctuation in technological change. Industrial and Corporate Change 7 (2), 217–247.

Levy, D. L. und Egan, D. (2003): A neo-gramscian approach to corporate political strategy: conflict and accommodation in the climate change negotiations. Journal of Management Studies 40 (4), 803–829.

Li, Q. und Reuveny, R. (2006): Democracy and environmental degradation. International Studies Quarterly 50, 935–956.

Li, F., Stolarski, R. S. und Newman, P. A. (2009): Stratospheric ozone in the post-CFC era. Atmospheric Chemistry and Physics 9, 2207–2213.

Lichtblick (2010): Das ZuhauseKraftwerk. Kundeninformation. Internet: http://www.lichtblick.de/h/Ueberblick_286.php (gelesen am 15. März 2011). Berlin: Lichtblick.

Liebig, J. (1840): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig: Viehweg.

Liebig, J. (1842): Die Thierchemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Braunschweig: Viehweg.

Liebowitz, S. J. und Margolis, S. E. (1995): Path dependence, lock-in and history. Journal of Law, Economics, and Organization 11, 205–226.

Lindenthal, A. (2009): Leadership im Klimaschutz. Die Rolle der Europäischen Union in der internationalen Umweltpolitik. Frankfurt/M.: Campus.

Lindenthal, A. (2010): Die G20-Umweltreform als Element einer Dekarbonisierungsstrategie. Anhang zur Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Winter.pdf. Berlin: WBGU.

Loorbach, D., van Bakel, J., Whiteman, G. und Rotmans, J. (2010): Business strategies for transitions towards sustainable systems. Business Strategy and the Environment 19, 133–146.

Lorenzoni, I., Nicholson-Cole, S. und Whitmarsh, L. (2007): Barriers perceived to engaging with climate change among public and their policy implications. Global Environmental Change 17, 445–459.

Lotze-Campen, H., Popp, A., Beringer, T., Müller, C., Bondeau, A., Rost, S. und Lucht, W. (2009): Scenarios of global bioenergy production: the trade-offs between agricultural expansion, intensification and trade. Ecological Modelling 221 (18), 2188–2196.

Lübbert, D. (2007): CO_2 Bilanzen verschiedener Energieträger in Vergleich – Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien und erneuerbaren Energien. Berlin: Deutscher Bundestag.

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005a): Ecosystems and Human Well-Being. Summary for Decision Makers. Washington, DC: Island Press.

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005b): Ecosystems and Human Well-Being. Current State and Trends. Washington, DC: Island Press.

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005c): Ecosystems and Human Well–Being. Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005d): Living Beyond Our Means. Natural Assets and Human Well–being. Statement from the Board. New York: MA Board.

MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005e): Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute.

Mackenzie, F. T., Ver, L. M. und Lerman, A. (2002): Century-scale nitrogen and phosphorus controls of the carbon cycle. Chemical Geology 190, 13–32.

Macknick, J. (2009): Energy and Carbon Dioxide Emission Data Uncertainties. IIASA Interim Report IR-09-32. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.

Maddisson, A. (2010): Historical Statistics of the World Economy: Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP 1–2008 AD. Groningen: Groningen Growth and Development Centre.

Magliveras, K. (1995): Best intentions but empty words: the European Ombudsman. European Law Review 4, 401–409.

Malloch-Brown, M. (2008): Can the UN be reformed? Global Governance: A Review of Multilateralism and International Organizations 14 (1), 1–12.

Malthus, T. R. (1798): Essay on the Principle of Population. London: Johnson.

Mann, M. E., Zhang, Z., Hughes, M. K., Bradley, R. S., Miller, S. K., Rutherford, S. und Ni, F. (2008): Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. Proceedings of the National Academy of Sciences 105 (36), 13252–13257.

Mannheim, K. (1964): Das Problem der Generationen. In: Wolff, K. H. (Hrsg.): Wissenssoziologie. Auswahl aus dem Werk. Neuwied, Berlin: Luchterhand, 509–565.

Mansbridge, J. (2003): Rethinking representation. American Political Science Review 97 (4), 515–528.

Maras, K. (2009): Lobbyismus in Deutschland. Aus Politik und Zeitgeschichte 3–4, 33–38.

Marlow, H. J., Hayes, W. K., Soret, S., Carter, R. L., Schwab, E. R. und Sabaté, J. (2009): Diet and the environment: does what you eat matter? The American Journal of Clinical Nutrition 89 (supplement), 1699S–1703S.

Marshall, M. G. und Cole, B. R. (2009): Global Report 2009. Conflict, Governance, and State Fragility. Wien: Center for Systemic Peace und Center for Global Policy.

Marshall, T. H. (1992): Bürgerrechte und soziale Klassen. Zur Soziologie des Wohlfahrtsstaates. Frankfurt/M.: Campus.

Martinez-Alier, J., Pascual, U., Vivien, F.-D. und Zaccai, E. (2010): Sustainable de-growth: mapping the context, criticsms and future prospects of an emergent paradigm. Ecological Economics 69, 1741–1747.

Masing, J. (1997): Die Mobilisierung des Bürgers für die Durchsetzung des Rechts. Berlin: Duncker & Humblot.

Matthes, F. (2010): Der Instrumenten-Mix einer ambitionierten Klimapolitik im Spannungsfeld von Emissionshandel und anderen Instrumenten. Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin: BMU.

Mattoo, A., Subramanian, A., van der Mensbrugghe, D. und He, J. (2009): Reconciling Climate Change and Trade Policy. Washington, DC: Peterson Institute for International Economics.

Maunz, T. und Dürig, G. (2010): Grundgesetz. Loseblatt-Kommentar. München: Beck.

Mayntz, R. (1997): Soziale Dynamik und politische Steuerung: theoretische und methodologische Überlegungen. Frankfurt/M.: Campus.

Mayntz, R. (2002): Kausale Rekonstruktion: Theoretische Aussagen im akteurzentrierten Institutionalismus. Mannheimer Vorträge Nr. 17. Mannheim: Mannheimer Zentrum für Europäische Sozialforschung.

Mayntz, R. (2009): Über Governance. Institutionen und Prozesse politischer Regelung. Schriften aus dem Max-Planck-Insitut für Gesellschaftsforschung. Band 62. Frankfurt/M.: Campus.

McKinsey (2009): Pathways to a Low-Carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. Report. New York: McKinsey & Company.

McKinsey (2010): Climate Change Special Initiative. Internet: http://www.mckinsey.com/clientservice/ccsi/ (gelesen am 13. April 2010). New York: McKinsey & Company.

McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D. und Uauy, R. (2007): Food, livestock production, energy, climate change, and health. The Lancet (13), doi:10.1016/S0140-6736(07) 61256-2.

McNeill, J. R. (2002): Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World. New York: Norton.

Meadows, D., Meadows, D. L., Randers, J. und Behrens III, W. W. (1972): Die Grenzen des Wachstums – Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. München: DVA.

Mehling, M., Best, A., Marcellino, D., Perry, M. und Umpfenbach, K. (2010): Transforming Economies Through Green Investment. Needs, Progress and Policies. Climate & Energy Paper Series. Washington, DC: The German Marshall Fund of the United States.

Mehra, B., Merkel, C. und Bishop, A. P. (2004): Internet for empowerment of minority and marginalized communities. New Media & Society 6 (5), 781–802.

Meier, C. (1978): Ein antikes Äquivalent des Fortschrittsgedankens: Das „Könnens-Bewußtsein" des 5. Jahrhunderts v. Chr. Historische Zeitschrift 226 (2), 265–316.

Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J. und Allen, M. R. (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. Nature 458, 1158–1161.

Mejlgaard, N. und Stares, S. (2010): Participation and competence as joint components in a cross-national analysis of scientific citizenship. Public Understanding of Science 19 (5), 545–561.

Menke, C. und Pollmann, A. (2007): Philosophie der Menschenrechte zur Einführung. Hamburg: junius.

Mensch, G. (1975): Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Frankfurt/M.: Umschau.

Meridian International Research (2008): The Trouble with Lithium 2. Under the Microscope. Martainville: Meridian International Research.

Merkel, W. (2010): Systemtransformation. Eine Einführung in die Theorie und Empirie der Transformationsforschung. Wiesbaden: VS.

Merkel, W., Puhle, H.-J., Croissant, A., Eicher, C. und Thiery, P. (2003): Defekte Demokratie. Band 1: Theorie. Opladen: VS.

Merkur-Online (08.07.2009): Grünen-Chef Özdemir drückt in Penzberg den Solarschalter. Die Solaranlage des Islamischen Forums in Penzberg ist in Betrieb. Internet: http://www.merkur-online.de/lokales/landkreis-weilheim/gruenen-chef-oezdemir-drueckt-penzberg-solarschalter-395567.html (gelesen am 14. März 2011). München: Merkur-Online.

Messner, D. (1993): Der schwierige Weg aus der Krise des binnenmarktorientierten Industrialisierungsmodells: Das Beispiel Uruguay. In: Bodemer, K., Licio, M. und Nolte, D. (Hrsg.): Uruguay zwischen Tradition und Wandel. Hamburg: Institut für Iberoamerikakunde, 61–97.

Messner, D. (1997): The Network Society. Economic Development and International Competitiveness as Problems of Social Governance. London: Frank Cass.

Messner, D. (1998): Die Transformation von Staat und Politik im Globalisierungsprozess. In: Messner, D. (Hrsg.): Die Zukunft des Staates und der Politik: Möglichkeiten und Grenzen politischer Steuerung in der Weltgesellschaft. Bonn: Dietz, 14–43.

Messner, D. (2006): Machtverschiebungen im internationalen System: Global Governance im Schatten des Aufstiegs von China und Indien. In: Debiel, T., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2007. Frieden, Entwicklung, Umwelt. Frankfurt/M.: Fischer, 45–60.

Messner, D. (2009): Globalisierung am Scheideweg. Große Transformation und globale Systemrisiken. Vortrag auf der 13. „Eine-Welt-Landeskonferenz" am 6. und 7. März 2009. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Messner, D. (2010): Wie die Menschheit Die Klimakrise meistern Kann – Ein optimistisches Essay. Aus Politik und Zeitgeschichte 60, 28–34.

Messner, D. (2011): Drei Wellen globalen Wandels. Global Governance -Dynamiken in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts. In: Welzer, H. und Wiegandt, K. (Hrsg.): Perspektiven einer nachhaltigen Entwicklung. Wie sieht die Welt von morgen aus? Frankfurt/M.: Fischer, im Druck.

Messner, D. und Rahmstorf, S. (2009): Kipp-Punkte im Erdsystem und ihre Auswirkungen auf Weltpolitik und Weltwirtschaft. In: Debiel, T., Messner, D., Nuscheler, F., Roth, M. und Ulbert, C. (Hrsg.): Globale Trends 2010. Frieden, Entwicklung, Umwelt. Frankfurt/M.: Fischer, 261–280.

Messner, D., Schade, J. und Weller, C. (2003): Weltpolitik zwischen Staatenanarchie und Global Governance. In: Hauchler, I., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2004/2005. Frankfurt/M.: Fischer, 235–251.

Messner, D., Saravia, E., Sidiropoulos, E. und Wang, Y. (2009): Globalisation at the Crossroad: An „International Panel on Systemic Risks in the Global Economy" is Needed. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Meyer-Ohlendorf, N., Mehling, M. und Umpfenbach, K. (2009): Ecologic-Analyse der Konjunkturprogramme zur Bewältigung der Finanz- und Wirtschaftskrise aus Umweltsicht. Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Ecologic.pdf. Berlin: WBGU.

Meyerhoff, J. und Petschow, U. (1996): Nachhaltige Entwicklung als langfristiger Wandlungsprozeß. Konsequenzen für die Wirtschafts- und Umweltpolitik. In: Gerken, L. (Hrsg.): Ordnungspolitische Grundfragen einer Politik der Nachhaltigkeit. Baden-Baden: Nomos, 173–222.

Michaelis, N. V. (2009): Wohlstandsmessung 2.0. E+Z 50 (12), 470–471.

Michaelowa, A. und Michaelowa, K. (2010): Coding Error or Statistical Embellishment? The Political Economy of Reporting Climate Aid. Working Paper 56. Zürich: Centre for Comparative and International Studies, Universität und ETH Zürich.

Michaelowa, A. und Purohit, P. (2007): CDM Potential of Wind Power Projects in India. Paper 1–8. Hamburg: Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut.

MicroEnergy International (2008): Grameen Shakti – Mikrofinanzierung und erneuerbare Energien für ländliche Entwicklung. Internet: http:www.microenergy-international.com (gelesen am 10. Februar 2011). Berlin: MicroEnergy International.

Midlarsky, M. I. (1998): Democracy and the environment: an empirical assessment. Journal of Peace Research 35, 341–361.

Milward Brown Optimor (2009): BrandZ. Most Valuable Brands. Internet: http://www.millwardbrown.com/Sites/mbOptimor/Default.aspx (gelesen am 4. Februar 2011). New York: Milward Brown Optimor.

Mobility (2010): Das ist Mobility. Kundeninformation. Internet: http://www.mobility.ch/de/pub/so_funktionierts/das_ist_mobility.htm (gelesen am 15. März 2011). Luzern: Mobility Car Sharing.

Mohiuddin, S. (2006): Expanding the role of microfinance in promoting renewable energy access in developing countries. The Georgetown Public Policy Review 11 (1), 119–124.

Mojon-Azzi, S. M., Wagner, U. und Mojon, D. S. (2002): Ein Rahmenkonzept zur Analyse von wissenschaftlichem Fehlverhalten. Gesundheitsökonomie & Qualitätsmanagement 7 (2), 114–124.

Möllers, C. (2010): Egoismus und Solidarität. Im Meer der Freiheit: Zwingt uns die drohende Klimakatastrophe, liberale Freiheitsrechte einzuschränken? Antworten von Christoph Möllers, Rainer Forst, Claus Leggewie, Gernot Böhme und Christoph Menke. Die Zeit 50, 58.

Moner-Girona, M. (2008): A New Scheme for the Promotion of Renewable Energies In Developing Countries. Ispra: Joint Research Center (JRC) European Commission.

Monopolkommission (2009): Strom und Gas 2009: Energiemärkte im Spannungsfeld von Politik und Wettbewerb. Sondergutachten. Bonn: Monopolkommission.

Möser, K. (2002): Geschichte des Autos. Frankfurt/M., New York: Campus.

Müller, H. (2008): Wie kann eine neue Weltordnung aussehen? Wege in eine nachhaltige Politik. Frankfurt/M.: Fischer.

Müller, B. (2011): Time to Roll Up the Sleeves – Even Higher! Oxford Energy and Environment Brief. Oxford, UK: The Oxford Institute for Energy Studies.

Münkler, H. (2005): Imperien. Die Logik der Weltherrschaft – Vom Alten Rom bis zu den Vereinigten Staaten. Berlin: Rowohlt.

Muñoz, M. und Najam, A. (2010): Civil Society as Policy Entrepreneurs for Better Global Environmental Governance, Unveröffentlichtes Manuskript. Boston, MA: Boston University's Pardee Center.

Muñoz, M., Thrasher, R. und Najam, A. (2009): Measuring the negotiation burden of multilateral environmental agreements. Global Environmental Politics 9, 1–13.

Najam, A. (2005): Neither necessary, nor sufficient: why organizational tinkering will not improve environmental governance. In: Biermann, F. und Bauer, S. (Hrsg.): A World Environmental Organization. Solution or Threat for Effective International Governance? Hunts, Burlington: Ashgate, 236–264.

Najam, A. (2010): Renewing the International Renewable Energy Agency (IRENA). Internet: http://www.energyboom.com/emerging/renewing-international-renewable-energy-agency-irena (gelesen am 10. März 2011). Energy Boom.

Nakicenovic, N. (1996): Decarbonization: Doing more with less. Technological Forecasting and Social Change 51 (1), 1–17.

Nakicenovic, N., Grübler, A. und McDonald, A. (Hrsg.) (1998): Global Energy Perspectives. Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T. Y., Kram, T., Lebre La Rovere, E., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Priyadarshi, S., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N. und Dadi, Z. (2000): Special Report on Emissions Scenarios. Working Group III. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

NASA – National Aeronautics and Space Administration (2011): GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). Internet: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/ (gelesen am 5. März 2011). Washington, DC: NASA.

Nast, M. (2007): Nahwärme: Der Missing Link zwischen kleiner KWK, Erneuerbaren Energien und Wärmeverbrauchern. Vortrag beim BMU-Workshop „Perspektiven der Brennstoffzelle" – Berlin, 14.03.2007. Stuttgart: Institut für Technische Thermodynamik der DLR.

National Geographic Society (2009a): Greendex. Consumer Choice and the Environment. A Worldwide Tracking Survey. Internet: http://www.nationalgeographic.com/greendex/index.html (gelesen am 14. Dezember 2009). Washington, DC: National Geographic Society.

National Geographic Society (2009b): Greendex. Consumer Choice and the Environment. A Worldwide Tracking Survey. Full Report. Internet: http://www.nationalgeographic.com/greendex/assets/GS_NGS_Full_Report_May09.pdf (gelesen am 17. November 2010). Washington, DC: National Geographic Society.

NEF – New Economics Foundations (2009): The Great Transition. London: NEF.

Neij, L., Andersen, P. D., Durstewitz, M., Helby, P., Hoppe-Kilpper, M. und Morthorst, P. E. (2003): Experience Curves: A Tool for Energy Policy Assessment. Final Report of the EXTOOL Project. Lund: Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies Sweden.

Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A. G. und Kaltenborn, B. P. (2009): The Environmental Food Crisis – The Environment's Role in Averting Future Food Crises. A UNEP Rapid Response Assessment. Arendal: UNEP-GRID.

Nettesheim, M. (2010): Das Energiekapitel im Vertrag von Lissabon. JuristenZeitung 1, 19–25.

Neuhoff, K. (2005): Large-scale deployment of renewables for electricity generation. Oxford Review of Economic Policy 21 (1), 88–110.

Neuhoff, K., Fankhauser, S., Guerin, E., Hourcade, J. C., Jackson, H., Rajan, R. und Ward, J. (2010): Structuring International Financial Support for Climate Change Mitigation in Developing Countries. Discussion Papers 976. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.

Neukamm, M. (2009): Evolution im Fadenkreuz des Kreationismus: Darwins religiöse Gegner und ihre Argumentation. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Newman, P. A., Oman, L. D., Douglass, A. R., Fleming, E. L., Frith, S. M., Hurwitz, M. N., Kawa, S. R., Jackman, C. H., Krotkov, N. A., Nash, E. R., Nielsen, J. E., Pawson, S., Stolarski, R. S. und Velders, G. J. M. (2009): What would have happened to the ozone layer if chlorofluorocarbons (CFCs) had not been regulated? Atmospheric Chemistry and Physics 9, 2113–2128.

Neyer, J. und Beyer, C. (2004): Politische Theorie: 22 umkämpfte Begriffe zur Einführung. In: Göhler, G., Iser, M. und Kerner, I. (Hrsg.): Wiesbaden: VS, 173–189.

Nicholls, R. J., Hanson, S., Herweijer, C., Patmore, N., Hallegatte, S., Corfee-Morlot, J., Château, J. und Muir-Wood, R. (2008): Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes Exposure Estimates. OECD Environment Working Papers No. 1. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

NKGCF – German National Committee on Global Change Research (2008): Global Change Research in Germany 2008. München: NKGCF.

Nohlen, D. (2005): Transitionsforschung. In: Nohlen, D. und Schultze, R.-O. (Hrsg.): Lexikon der Politikwissenschaft, Band 2. München: Beck,1037–1039.

Nolte, D. (2000): Lateinamerika in Zeiten der Globalisierung: Wirtschaftlicher Umbruch und Regionalisierung. In: Tetzlaff, R. (Hrsg.): Weltkulturen unter Globalisierungsdruck. Erfahrungen und Antworten aus den Kontinenten. Bonn: Dietz, 296–330.

Norad – Norwegian Agency for Development and Cooperation (2010): Leveraging Private Investment to Clean Energy Projects: A Guidance Note for Norwegian Development Assistance. Oslo: Norwegian Agency for Development and Cooperation.

Nordhaus, W. D. und Tobin, J. (1973): Is growth obsolete? In: Moss, M. (Hrsg.): The Measurement of Economics and Social Performance. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 509–564.

NorGer (2011): NorGer in Zahlen. Internet: http://www.norger.biz/norger/deutsch/das_projekt/article45629.ece (gelesen am 13. Januar 2011). Kristiansand: NorGer.

Nullmeier, F. und Dietz, M. (2010): Möglichkeiten einer globalen Transformation hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft – institutionelle, instrumentelle und legitimatorische Anforderungen. Teil 1 der Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Winter.pdf. Berlin: WBGU.

Nünning, V. und Nünning, A. (2002): Erzähltheorie transgenerisch, intermedial, interdisziplinär. Trier: WVT.

Nuscheler, F. und Messner, D. (2009): Wandel von weltpolitischen Kräftekonstellationen und Machtordnungen. In: Debiel, T., Messner, D., Nuscheler, F., Roth, M. und Ulbert, C. (Hrsg.): Globale Trends 2010. Frieden, Entwicklung, Umwelt. Frankfurt/M.: Fischer, 35–60.

Oasa, E. K. (1987): The political economy of international agricultural research in glass. In: Glaeser, B. (Hrsg.): The Green Revolution Revisited: Critique and Alternatives. Sidney: Allen & Unwin, 13–55.

Oberthür, S. und Gehring, T. (2005): Reforming international environmental governance: an institutional perspective on proposals for a World Environment Organization. In: Biermann, F. und Bauer, S. (Hrsg.): A World Environment Organization: Solution or Threat for Effective International Environmental Governance? Aldershot: Ashgate, 205–235.

ODI – Overseas Development Institute (2008): The Global Financial Crisis and Developing Countries. ODI Background Note. London: ODI.

Odum, H. T. (1971): Environment, Power and Society. New York: Wiley.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2001): Environmentally Related Taxes in OECD Countries – Issues and Strategies. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2008): OECD Umweltausblick bis 2030. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2009a): The Economics of Climate Change Mitigation. Policies and Options for Global Action Beyond 2012. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2009b): Eco-Innovation in Industry. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2010a): Interim Report of the Green Growth Strategy: Implementating our Commitment for a Sustainable Future. Meeting of the Council at Ministerial Level, 27–28 May 2010. C/MIN(2010)5. Paris: OECD.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2010b): The OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2010c): Perspectives on Global Development 2010: Shifting Wealth. Paris: OECD.

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2010d): Cities and Climate Change. Paris: OECD.

Offe, C. (1972): Strukturprobleme des kapitalistischen Staates. Aufsätze zur politischen Soziologie. Frankfurt/M.: Campus.

Offe, C. und Guggenberger, B. (1984): An den Grenzen der Mehrheitsdemokratie. Politik und Soziologie der Mehrheitsregel. Opladen: Heun.

Ohlhorst, D. (2009): Windenergie in Deutschland. Konstellationen, Dynamiken und Regulierungspotenziale im Innovationsprozess. Wiesbaden: VS Research.

Ohndorf, M., Schubert, R. und Rohling, M. (2010): Mainstreaming Impact Over Time – Who Measures What For Whom? Prepared for the KfW Financial Sector Development Symposium 2008 „Greening the Financial Sector – How to Mainstream Environmental Finance in Developing Countries". Zürich: ETH.

Ökologisches Wirtschaften (2007): Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit. Sonderveröffentlichung des BMBF in der Zeitschrift Ökologisches Wirtschaften, Heft 4. München: oekom.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A. und Sombroek, W. (1990): World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Explanatory Note. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre.

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A. und Sombroek, W. G. (1991): World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation GLASOD. Wagingen: International Soil Reference and Information Centre.

Osterhammel, J. (2009): Die Verwandlung der Welt. Eine Geschichte des 19. Jahrhunderts. München: Beck.

Ostrom, E. (2003): Toward a behavioral theory linking trust, reciprocity, and reputation. In: Ostrom, E. und Walker, J. (Hrsg.): Trust and Reciprocity. New York: Russels Sage Foundation, 19–79.

Ostrom, E. (2009): A Polycentric Approach for Coping with Climate Change. Background Paper to the 2010 World Development Report. Policy Research Paper 5095. Washington, DC: World Bank.

Ostrom, E. (2010): Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. Global Environmental Change 20, 550–557.

Ostrom, E. und Walker, J. (2003): Trust and Reciprocity: Interdisciplinary Lessons from Experimental Research. New York: Russell Sage Foundation.

Oswald, A. J. (1997): Happiness and economic performance. Economic Journal 107 (5), 1815–1831.

Otto, F. (2008): Der Prophet des Kapitalismus. Geo Epoche 30, 38–39.

Paech, N. (2005): Nachhaltiges Wirtschaften jenseits von Innovationsorientierung und Wachstum. Marburg: Metropolis.

Paech, N. (2009a): Die Postwachstumsökonomie – ein Vademecum. Zeitschrift für Sozialökonomie 46 (160–161), 28–31.

Paech, N. (2009b): Wachstum light? Qualitatives Wachstum ist eine Utopie. Wissenschaft & Umwelt Interdisziplinär 13 (84–93),

Park, R. E. (1928): Human migration and the marginal man. American Journal of Sociology 33, 881–893.

Parks, B. C. und Roberts, J. T. (2006): Environmental and ecological justice. In: Betsill, M. M., Hochstetler, K. und Stevis, D. (Hrsg.): International Environmental Politics. Houndmills, Basingstoke: Palgrave Macmillan,

Parson, E. A. (2003): Protecting the Ozone Layer: Science and Strategy. Oxford, New York: Oxford University Press.

Pattberg, P. H. (2007): Private Institutions and Global Governance. The New Politics of Environmental Sustainability. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Pauly, D. (1995): Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. Trends in Ecology & Evolution 10, 430.

Payne, R. A. (1995): Freedom and the environment. Journal of Democracy 6 (3), 41–55.

PBL – Netherlands Environmental Assessment Agency (2009a): Growing within Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome. Bilthoven: PBL.

PBL – Netherlands Environmental Assessment Agency (2009b): Meeting the 2 °C Target. From Climate Objective to Emission Reduction Measures. Bilthoven: PBL.

PBL – Netherlands Environmental Assessment Agency (2010): Rethinking Global Biodiversity Strategies. Exploring Structural Changes in Production and Consumption to Reduce Biodiversity Loss. Bilthoven: PBL.

Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P. W., Fernandez-Manjarres, J. F., Araujo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W. L., Chini, L., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guenette, S., Hurtt, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R. J., Sumaila, U. R. und Walpole, M. (2010): Scenarios for global biodiversity in the 21st century. Science 330, 1496–1501.

Perez, C. (2002): Technological Revolutions and Financial Capital – The Dynamics of Bubbles and Golden Ages. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Perlmutter, D. D. (2008): Blogwars: The New Political Battleground. Oxford, New York: Oxford University Press.

Peters, G. und Hertwich, E. (2008a): Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption. Climatic Change 86 (1), 51–66.

Peters, G. P. und Hertwich, E. G. (2008b): CO_2 embodied in international trade with implications for global climate policy. Environmental Science & Technology 42 (5), 1401–1407.

Petrini, C. (2007): Gut, sauber und fair. Grundlagen einer neuen Gastronomie. Wiesbaden: TreTorri.

Pew Research Center (2009): Modest Support for „Cap and Trade" Policy. Fewer Americans See Solid Evidence of Global Warming. Internet: http://people-press.org/reports/pdf/556.pdf (gelesen am 17. November 2010). Washington, DC: Pew Research Center.

Piepenbrink, J. (2009): Editorial Korruption. Aus Politik und Zeitgeschichte 3–4, 2.

Pierson, P. (2000): Increasing return, path dependence, and the study of politics. American Political Science Review 94, 251–268.

Pierson, P. (2004): Politics in Time – History, Institutions and Social Analysis. Princeton, New York: Princeton University Press.

PIK – Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2007): Potsdam-Memorandum: Schlussfolgerungen des Symposiums „Global Sustainability: A Nobel Cause", Potsdam, Deutschland, 8. bis 10. Oktober 2007. Die Notwendigkeit einer großen Transformation. Potsdam: PIK.

Polanyi, K. (1944): The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Time. Boston, MA: Beacon Press.

Pollack, M. A. (2003): The Engines of European Integration: Delegation, Agency and Agenda Setting in the EU. Oxford, NY: Oxford University Press.

Pollack, M. A. (2006): Delegation and discretion in the European Union. In: Hawkins, D. G., Lake, D. A., Nielson, D. L. und Tierney, M. J. (Hrsg.): Delegation and Agency in International Organizations. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 165–196.

Popp, A., Lotze-Campen, H. und Bodirsky, B. (2010): Food consumption, diet shifts and associated non-CO_2 greenhouse gases from agricultural production. Global Environmental Change doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.02.001, 451–462.

Porter, A. L. und Rafolds, I. (2009): Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. Scientometrics 81, 719–745.

Pötter, B. (2010): Ausweg Öko-Diktatur? Wie unsere Demokratie an der Umweltkrise scheitert. München: oekom.

Priewe, J. und Rietzler, K. (2010): Deutschlands nachlassende Investitionsdynamik 1991–2010. Ansatzpunkte für ein neues Wachstumsmodell. Expertise im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Programm Transfer-21 (2007): Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrerbildung – Kompetenzerwerb für zukunftsorientiertes Lehren und Lernen. Berlin: Programm Transfer-21, Koordinierungsstelle FU Berlin.

Project Catalyst (2010): From Climate Finance to Financing Green Growth. Brüssel: Climate Works Foundation, European Climate Foundation (ECF).

Prugh, T., Flavin, C. und Sawin, J. L. (2005): Changing the oil economy. In: Institute, W. (Hrsg.): State of the World 2005: Redefining Global Security. Washington, DC: Worldwatch Institute, 100–120.

PT DLR – Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (2007): Sozial-ökologische Forschung. Rahmenkonzept 2007–2010. Bonn: Projektträger im DLR.

PTRC – Petroleum Technology Research Centre (2011): IEA-GHG Weyburn-Midale CO_2 Monitoring & Storage Project. Response to the Petro-Find Geochem. LTD. Study. Regina, SK, Canada: PTRC.

Putterman, L. (2008): Agriculture, diffusion and development: ripple effects of the Neolithic Revolution. Economica 75, 729–748.

Raeithel, G. (1995): Geschichte der nordamerikanischen Kultur. Band 1: Vom Puritanismus bis zum Bürgerkrieg 1600–1860. Frankfurt/M.: Zweitausendeins.

Ragwitz, M., Huber, C. und Resch, G. (2007): Promotion of renewable energy sources: effects of innovation. International Journal of Public Policy 2 (1/2), 32–56.

Rahmstorf, S. (2007): A semi–empirical approach to projecting future sea–level rise. Science 315, 368–370.

Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C. und Foley, J. A. (2008): Farming the planet: 1. geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. Global Biogeochemical Cycles 22, 19.

Raskin, P., Banuri, T., Gallopín, G., Gutman, P., Hammond, A., Kates, R. und Swart, R. (2002): Great Transition – The Promise and Lure of the Times Ahead. Report of the Global Scenario Group. SEI PoleStar Series Report No. 10. Boston: Stockholm Environment Institute.

Raskin, P. D., Electris, C. und Rosen, R. A. (2010): The century ahead: searching for sustainability. Sustainability 2, 2626–2651.

Rauchhaupt, U. (2005): Wittgensteins Klarinette. Gegenwart und Zukunft des Wissens. Berlin: Berliner Taschenbuchverlag.

Raupach, M. R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J. G., Klepper, G. und Field, C. B. (2007): Global and regional drivers of accelerating CO_2 emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (24), 10288–10293.

Ravallion, M. und Chen, S. (2010): The Impact of the Global Financial Crisis on the World's Poorest. Internet: www.voxeu.org/index.php?q=node/3520 (gelesen am 5. März 2011). London: VoxEU.org.

Reiche, D. (2005): Zur zentralen Bedeutung des Nationalstaates im Mehrebenensystem. Ein Beitrag zur gegenwärtigen Governance-Diskussion. FFU-Report 04-2005. Berlin: FU Berlin, Forschungsstelle für Umweltpolitik.

Reid, W. V., Chen, D., Goldfarb, L., Hackmann, H., Lee, Y. T., Mokhele, K., Ostrom, E., Raivio, K., Rockström, J., Schellnhuber, H. J. und Whyte, A. (2010): Earth system science for global sustainability: grand challenges. Science Education 330, 916–917.

Reinalda, B. (2011): Non-State actors in the international system of states. In: Reinalda, B. (Hrsg.): The Ashgate Research Companion to Non-State Actors. Aldershot: Ashgate, 3–19.

Reinert, E. (2007): How Rich Countries Got Rich … and Poor Countries Stay Poor. London: Constable.

Reisch, L. A. und Oehler, A. (2009): Behavioural Economics: Eine neue Grundlage für die Verbraucherpolitik? DIW Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, „Verbraucherpolitik zwischen Markt und Staat" 78 (3), 30–43.

Reiß, M. (1997): Change Management als Herausforderung. In: Reiß, M., von Rosenstiel, L. und Lanz, A. (Hrsg.): Change Management: Programme, Projekte und Prozesse. USW-Schriften für Führungskräfte 31. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 5–29.

REN21 (2010): Renewables Global Status Report 2010. Paris: REN21.

Riahi, K., Dentener, F., Gielen, D., Grubler, A., Klimont, Z., Krey, V., McCollum, D., Nakicenovic, N., Pachauri, S., Rao, S., van Ruijven, B., van Vuuren, D. und Wilson, C. (2010): Knowledge Module 17: The GEA Scenario – Energy Transition Pathways for Sustainable Development. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.

Rickerson, W. H., Sawin, J. L. und Grace, R. C. (2007): If the shoe FITs: using feed-in tariffs to meet U.S. renewable electricity targets. The Electricity Journal 20 (4), 73–86.

Roadmap 2050 (2011): Roadmap 2050. A Practical Guide to a Prosperous, Low Carbon Europe: Volume 1 – Technical and Economic Analysis. Internet: http://www.roadmap2050.eu/downloads (gelesen am 14. März 2011). Den Haag, Brüssel: European Climate Foundation, Energy Strategy Center.

Roberts, J. T. und Parks, B. C. (2007): A Climate of Injustice. Global Inequality, North-South Politics, and Climate Policy. Cambridge, MA: MIT Press.

Roberts, T. J., Starr, K., Jones, T. und Abdel-Fattah, D. (2008): The Reality of Official Climate Aid. Oxford, UK: Oxford Institute for Energy Studies.

Robine, J.-M., Cheung, S. L. K., Roy, S. L., Oyen, H. V., Griffiths, C., Michel, J.-P. und Herrmann, F. R. (2008): Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. Comptes Rendus Biologies 331 (2), 171–178.

Rochester, M. J. (1986): The rise and fall of international organizations as a field of study. International Organization 40 (4), 777–813.

Rockström, J. und Karlberg, L. (2010): The quadruple squeeze: defining the safe operation space for freshwater use to achieve a triply green revolution in the anthropocene. Ambio 39, 257–265.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Paersson, A., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C., A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. und Foley, J. A. (2009a): A safe operating space for humanity. Nature 46, 472–475.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Witt, C. A., Hughes, T. M. C., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlim, S., Snyder, P. K., Constanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Livermann, D., Richardson, K., Crutzen, P. J. und Foley, J. A. (2009b): Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14 (2), 32.

Rogers, E. M. (2003): Diffusion of Innovations. New York: Free Press.

Rokeach, M. (1968): Beliefs, Attitudes and Values: A Theory of Organization and Change. San Francisco: Jossey-Bass.

Rosen, R. A., Electris, C. und Raskin, P. D. (2010): Searching for Sustainability. Global Scenarios for the Century Ahead. Boston: Tellus Institute.

Rosenau, J. N. und Czempiel, E.-O. (1992): Governance Without Government: Order and Change in World Politics. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Rosenberg, R. (2010): Does Microcredit Really Help Poor People? Focus Note No. 59 Washington, DC: Consultative Group to Assist the Poor.

Ross, E. (1998): The Malthus Factor: Poverty, Politics and Population in Capitalist Development. London: Zed Books.

Rössel, J. (2006): Daten auf der Suche nach einer Theorie. Ronald Ingleharts Analysen des weltweiten Wertewandels. In: Möbius, S. und Quadflieg, D. (Hrsg.): Kultur. Theorien der Gegenwart. Wiesbaden: VS, 545–556.

Rost, J. (2002): Umweltbildung – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Was macht den Unterschied? Zeitschrift für Internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik 1, 1–10.

Rotmans, J., Kemp, R. und van Asselt, M. (2001): More evolution than revolution: transition management in public policy. The Journal of Futures Studies, Strategic Thinking and Policy 3 (1), 15–31.

Ruddigkeit, D. (2009): Border Tax Adjustment an der Schnittstelle von Welthandelsrecht und Klimaschutz vor dem Hintergrund des Europäischen Emissionszertifikatehandels. Beiträge zum Transnationalen Wirtschaftsrecht Heft 89. Halle (Saale): Universität Halle-Wittenberg.

Ruttan, V. (1977): The green revolution: seven generalizations. International Development Review 19, 16–23.

Saretzki, T. (2007): Demokratie und Umweltpolitik: Konzeptionelle und methodologische Probleme der makroquantitativ ausgerichteten vergleichenden Umwelt- und Demokratieforschung. Politische Vierteljahresschrift 48 (Sonderheft 39), 409–429.

Sartori, G. (1992): Demokratietheorie. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Saviotti, P. P. (1996): Technological Evolution, Variety and the Economy. Cheltenham: Edward Elgar.

Schaal, G. und Ritzi, C. (2008): Rationale Selbstbindung und die Qualität politischer Entscheidungen – liberale und deliberative Perspektiven. In: Schaal, G. S. (Hrsg.): Rationale Selbstbindungen. Berlin: Lit, 55–74.

Schaal, G. S. und Ritzi, C. (2009): Empirische Deliberationsforschung. Köln: Max Planck-Institut für Gesellschaftsforschung.

Scharpf, F. W. (1985): Die Politikverflechtungs-Falle: Europäische Integration und deutscher Föderalismus im Vergleich. Politische Vierteljahresschrift 26 (4), 323–356.

Scharpf, F. W. (1993): Positive und negative Koordination in Verhandlungssystemen. In: Héritier, A. (Hrsg.): Policy Analyse. Kritik und Neuorientierung. Politische Vierteljahresschrift. Sonderheft 24. Opladen: Westdeutscher Verlag, 57–83.

Scharpf, F. W. (1999): Regieren in Europa. Effektiv und demokratisch? Frankfurt/M.: Campus.

Scheffer, M. (2009): Critical Transitions in Nature and Society. Princeton: Princeton University Press.

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folkes, C. und Walker, B. H. (2001): Catastrophic shifts in ecosystems. Nature 413, 591–596.

Schellnhuber, H. J. und Huber, V. (2010): Towards a great land-use transformation? In: Richardson, A. D. (Hrsg.): Synthesis Report – Climate Change: Global Risks, Challenges & Decisions. Second Edition. Kopenhagen: University of Copenhagen, 35.

Schimank, U. (2009): Die Moderne: eine funktional differenzierte kapitalistische Gesellschaft. Berliner Journal für Soziologie 19, 327–351.

Schirm, S. (2007): Die Rolle Brasiliens in der globalen Strukturpolitik. DIE Discussion Paper Nr. 16. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Schlacke, S. (2007): Das Umwelt-Rechtsbehelfsgesetz. Natur und Recht 8 (13), 8–16.

Schlacke, S. (2008): Information, Beteiligung und Rechtsschutz im Umweltgesetzbuch. In: Köck, W. (Hrsg.): Auf dem Weg zu einem Umweltgesetzbuch nach der Föderalismusreform. Baden-Baden: Nomos, 107–136.

Schlacke, S., Schrader, C. und Bunge, T. (2010): Informationsrechte, Öffentlichkeitsbeteiligung und Rechtsschutz im Umweltrecht: Aarhus-Handbuch. Berlin: Duncker & Humblot.

Schmalz-Bruns, R. (1995): Reflexive Demokratie. Baden-Baden: Nomos.

Schmidt, M. G. (2006): Demokratietheorien. Eine Einführung. Wiesbaden: VS.

Schneider, H. K. (1991): Abschied vom Wirtschaftswachstum und vom Stabilitätsgesetz? In: Stratmann-Mertens, E., Hickel, R. und Priewe, J. (Hrsg.): Wachstum – Abschied von einem Dogma. Kontroverse über eine ökologisch-soziale Wirtschaftspolitik. Frankfurt/M.: Fischer, 117–126.

Schneider, U. und Smith, P. (2009): Energy intensities and greenhouse gas emission mitigation in global agriculture. Energy Efficiency 2 (2), 195–206.

Schneider, M., Thomas, S., Froggatt, A., Koplow, D. und Hazemann, J. (2009): The World Nuclear Industry Status Report - with particular emphasis on economic Issues. Paris: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Schoch, F. (2008): Gewährleistungsverwaltung: Stärkung der Privatrechtsgesellschaft? Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 245, 241–247.

Schomerus, T. (1989): Ein Ombutsmann mit Klagebefugnis statt Verbandsklage im Naturschutzrecht? Natur und Recht, 171.

Schreiber, W. (2006): Wahlrecht von Geburt an – Ende der Diskussion? Deutsches Verwaltungsblatt, 1341ff.

Schüler, D., Buchert, M., Liu, R., Dittrich, S. und Merz, C. (2011): Study on Rare Earths and their Recycling. Freiburg: Öko-Institut.

Schultze, R.-O. (2003): Wahlforschung. In: Andersen, U. und Woyke, W. (Hrsg.): Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik. Opladen: Leske+Budrich, 681–685.

Schultze, R.-O. (2010): Artikel Partei. In: Nohlen, D. und Schultze, R.-O. (Hrsg.): Lexikon der Politikwissenschaft. München: Beck, 616–618.

Schwägerl, C. (2010): Menschenzeit. Zerstören oder gestalten? Die entscheidende Epoche unseres Planeten. München: Riemann, Random House.

Schwarze, J. (2009): EU-Kommentar. Baden-Baden: Nomos.

Schweizer-Ries, P. (2010): Abschlussbericht. Umweltpsychologische Untersuchung der Akzeptanz von Maßnahmen zur Netzintegration Erneuerbarer Energien in der Region Wahle – Mecklar (Niedersachsen Hessen). Internet: http://www.forum-netzintegration.de/uploads/media/Abschlussbericht_Akzeptanz_Netzausbau_Juni2010.pdf (gelesen am 17. November 2010). Berlin: Forum Netzintegration.

Scott, J. (1998): Seeing Like a State. New Haven: Yale University Press.

Scrace, I. und MacKerron, G. (Hrsg.) (2009): Energy for the Future. A New Agenda. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Seidl, I. und Zahrnt, A. (2010): Postwachstumsgesellschaft. Konzepte für die Zukunft. Marburg: Metropolis.

Sen, A. (1999): Development as Freedom. New York: Anchor.

Service, R. F. (2010): Chinese policies could pinch U.A. efforts to make electric vehicles. Science 329, 377.

Seubert, S. (2009): Das Konzept des Sozialkapitals. Eine demokratietheoretische Analyse. Frankfurt/M.: Suhrkamp.

Shearman, D. und Smith, J. W. (2007): The Climate Change Challenge and the Failure of Democracy. Westport, London: Praeger.

Shiklomanov, I. A. (2000): Appraisal and Assessment of World Water Resources. Water International 25 (1), 11–32.

Shiklomanov, A. und Rodda, J. C. (2003): World Water Resources at the Beginning of the 21st Century. Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Shiva, V. (1989): The Violence of the Green Revolution: Ecological Degradation and Political Conflict in Punjab. Dehra Dun: Research Foundation for Science and Ecology.

Shiva, V. (1991): The Violence of the Green Revolution: Third World's Agriculture, Ecology and Politics. Penang: Third World Network.

Sidiras, D. K. und Koukios, E. G. (2004): Solar systems diffusion in local markets. Energy Policy 31 (18), 2007–2018.

Siebold, T. (1995): Die sozialen Dimensionen der Strukturanpassung. Eine Zwischenbilanz. INEF-Report 13. Duisburg: INEF.

Sieferle, R. P. (2010): Lehren aus der Vergangenheit für die Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft. Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Sieferle.pdf. Berlin: WBGU.

Sieferle, R. P., Krausmann, F., Schandl, H. und Winiwarter, V. (2006): Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung. Köln: Böhlau.

Sijm, J. P. M. (2002): The Performance of Feed-in Tarrifs to Promote Renewable Electricity in European Countries. Petten: Energy Research Centre of the Netherlands.

Siller, P. (2010): Demokratie und Klimawandel: Ökologen als Vordenker einer Expertokratie? Internet: http://www.boell.de/stiftung/akademie/akademie-postdemokratie-expertokratie-8729.html (gelesen am 2. Dezember 2010). Berlin: Grüne Akademie der Heinrich-Böll-Stiftung.

Silvertown, J., Cook, L., Cameron, R., Dodd, M. und McConway, K. (2011): Citizen science reveals unexpected continental-scale evolutionary change in a model organism. Public Library of Science ONE 6 (4), e18927. doi:18910.11371/journal.pone.0018927.

Simms, A., Johnson, V. und Chowla, P. (2010): Growth isn't Possible – Why we Need a new Economic Direction. London: New Economics Foundation.

Simon, N. (2010): Internationale Umweltgovernance für das 21. Jahrhundert: Herausforderungen, Reformprozesse und Handlungsoptionen vor der Rio-Konferenz 2012. Berlin: Stiftung Wissenschaft und Politik.

Sinn, H.-W. (2008): Public policies against global warming: a supply side approach. International Tax and Public Finance 15, 360–394.

Sinn, H. W. (2010): Euro-Krise. Ifo-Schnelldienst 10 (Sonderausgabe), 3–9.

Skopcol, T. (1982): Bringing the state back. Social Science Research Items 36, 1–8.

Slow Food International (1989): Bewegung zur Wahrung des Rechts auf Genuss. Manifest. Internet: http://slowfood.de/wirueberuns/slow_food_manifest_paris/ (gelesen am 14. März 2011). Paris: Slow Food International.

Smil, V. (2000): Feeding the World. A Challenge for the Twenty-First Century. Cambridge, MA: MIT Press.

Smith, G. (2009): Democratic Innovations. Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B. A., Ogle, S., O´Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, D. E., Pan, G., Romanenkow, V., Schneider, U. A. und Towprayoon, S. (2007): Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture Ecosystems & Environment 118, 6–28.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., MKumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O´Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanekov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M. und Smith, J. (2008): Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society 363, 789–813.

Soares–Filho, B. S., Nepstad, D. C., Curran, L. M., Cerqueira, G. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P. und Schlesinger, P. (2006): Modelling conservation in the Amazon basin. Nature 440, 520-523.

Sommer, B. (2011): Interdependenzen und Ungleichzeitigkeiten im Kontext des anthropogenen Klimawandels. Leviathan: Berliner Zeitschrift für Sozialwissenschaft 39, 55–72.

Son, S.-W., Tandon, N. F., Polvani, L. M. und Waugh, D. W. (2009): Ozone hole and southern hemisphere climate change. Geophysical Research Letters 36 (L15705), 5.

Sorrell, S. (2007): The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence for Economy-wide Energy Savings from Improved Energy Efficiency. London: UK Energy Research Centre.

Sovacool, B. K. (2008): Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical survey. Energy Policy 36, 2950ff.

Spannowsky, W., Runkel, P. und Goppel, K. (2010): Raumordnungsgesetz – Kommentar. München: Beck.

Specht, M., Baumgart, F., Feigl, B., Frick, V., Stürmer, B., Zuberbühler, U., Sterner, M. und Waldstein, G. (2009): Speicherung von Bioenergie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz. Themenheft "Forschen für globale Märkte erneuerbarer Energien". FVEE Jahrestagung 2009. Berlin: ForschungsVerbund Sonnenenergie.

Sprinz, D. F. (2009): Long-term environmental policy: definition, knowledge, future research. Global Environmental Politics 9 (3), 1–8.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2008): Umweltgutachten 2008: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: SRU.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2010): 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar. Berlin: SRU.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2011): Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Berlin: SRU.

SRzG – Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (2009): Generationengerechtigkeit, das Wahlrecht durch Eintragung und weitere Beteiligungsrechte von Kindern und Jugendlichen. Internet: http://www.generationengerechtigkeit.de/images/stories/Publikationen/positionspapiere/pp_kinderrechte.pdf (gelesen am 11. Februar 2011). Stuttgart: SRzG.

Stadler, I. (2006): Demand Response: Nichtelektrische Speicher für Elektrizitätsversorgungssysteme mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Habilitation. Berlin: dissertation.de.

Staffhorst, M. (2006): The Way to Competitiveness of PV – An Experience Curve and Break-even Analysis. Dissertation. Kassel: Kassel University Press.

Stanford University (2010): Global Warming Poll. Internet: http://woods.stanford.edu/docs/surveys/Global-Warming-Survey-Selected-Results-June2010.pdf (gelesen am 17. November 2010). Stanford, CA: Stanford University.

Steffani, W. (1999): Wahlrecht von Geburt an als Demokratiegebot? Zeitschrift für Parlamentsfragen 30, 563–567.

Steffen, K., Crutzen, P. J. und McNeill, C. I. (2007): The anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. Ambio 36 (8), 614–621.

Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D. P., den Elzen, M. J. G., Eickhout, B. und Kabat, P. (2009): Climate benefits of changing diet. Climatic Change 95, 83–102.

Steiner, A., Wilde, T., Bradbrook, A. J. und Schutyser, F. (2006): International institutional arrangements in support of renewable energy. In: Assmann, D. (Hrsg.): Renewable Energy. A Global Review of Technologies, Policies and Markets. London: 152–162.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., V., C., Rosales, M. und de Haan, C. (2006): Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Livestock Environment and Development (LEAD) Initiative.

Stern, N. (2006): The Economics of Climate Change. Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Stern, N. (2008): A Blueprint for a Safer Planet. London: Random House.

Sterner, M. (2009): Bioenergy and Renewable Power Methane in 100% Renewable Energy Systems. Limiting Global Warming by Transforming Energy Systems. Dissertation. Internet: http://www.upress.uni-kassel.de/publi/abstract.php?978-3-89958-798-2 (gelesen am 18. November 2009). Kassel: Kassel University Press.

Sterner, M. (2010): Nachhaltige Weltenergiesysteme: Wege in eine kohlenstoffarme Energiezukunft. In: Debiel, T., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2010. Frieden, Entwicklung, Umwelt. Frankfurt/M.: Fischer, 299–317.

Sterner, M., Gerhardt, N., Saint-Drenan, Y. M., von Oehsen, A., Hochloff, P., Kocmajewski, M., Lindner, P., Jentsch, M., Pape, C., Bofinger, S. und Rohrig, K. (2010): Energiewirtschaftliche Bewertung von Pumpspeicherwerken und anderen Speichern im zukünftigen Stromversorgungssystem. Kassel: Fraunhofer IWES.

Stevenson, B. und Wolfers, J. (2008): Economic Growth and Subjective Well-Being: Reassessing the Easterlin Paradox. Brookings Papers on Economic Activity. Washington, DC: Brookings Institution.

Stiglitz, J. E., Sen, A. und Fitoussi, J.-P. (2009a): Survey of Existing Approaches to Measuring Socio-Economic Progress. Internet: http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr (gelesen am 17. November 2009). London: Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.

Stiglitz, J. E., Sen, A. und Fitoussi, J.-P. (2009b): Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Internet: http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr (gelesen am 17. November 2009). London: Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.

Strassburg, B., Turner, K., Fisher, B., Schaeffer, R. und Lovett, A. (2008): An Empirically-Derived Mechanism of Combined Incentives to Reduce Emissions from Deforestation. CSERGE Working Paper ECM 08-01. Norwich: Centre for Social and Economic Research on the Global Environment.

Streek, W. (1994): Staat und Verbände. Politische Vierteljahresschrift Sonderheft, 7–36.

Streek, W. und Schmitter, P. C. (1985): Private Interest Government: Beyond Market and State. Beverly Hills, London: SAGE Publications.

Strengers, B., Leemans, R., Eickhout, B., de Vries, B. und Bouwman, L. (2004): The land-use projections and resulting emissions in the IPCC SRES scenarios as simulated by the IMAGE 2.2 model. Geo Journal 61, 381–393.

Stuenkel, O. (2010): Responding to Global Development Challenges. Views from Basil and India. DEI Discussion Paper Nr. 11. Internet: http://www.die-gdi.de/CMS-Homepage/openwebcms3.nsf/(ynDK_contentByKey)/ANES-89YHBD?Open&nav=expand:Publikationen;active:Publikationen%5CANES-89YHBD (gelesen am 14. März 2011). Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Subak, S. (1999): Global environmental costs of beef production. Ecological Economics 30, 79–91.

Suding, K. N., Lavorel, S., Chapin III, F. S., Cornelissen, J. H. C., Diaz, S., Garnier, E., Goldberg, D., Hooper, D. U., Jackson, S. T. und Navas, M.-L. (2008): Scaling environmental change through the community-level: a trait-based response-and-effect framework for plants. Global Change Biology 14, 1–16.

Sukhdev, P. (2008): The Economics of Ecosystems & Biodiversity. An Interim Report. Brüssel: European Communities.

Sullivan, J. L., Clark, C. E., Han, J. und Wang, M. (2010): Life-Cycle Analysis Results of Geothermal Systems in Comparison to Other Power Systems. Argonne, IL: Center for Transportation Research Energy Systems Division, Argonne National Laboratory.

Sumner, A. (2010): Global Poverty and the New Bottom Billion: Three-quarters of the World's Poor Live in Middle-Income Countries. Brighton: Institute of Development Studies.

Sünderhauf, H. (1997): Mediation bei der außergerichtlichen Lösung von Umweltkonflikten in Deutschland. Schriften des Vereins für Umweltrecht Nr. 10. Berlin: Verein für Umweltrecht.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2008): Das deutsche Finanzsystem – Effizienz steigern, Stabilität erhöhen. Expertise im Auftrag der Bundesregierung. Wiesbaden: SVR.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2009): Die Zukunft nicht aufs Spiel setzen. Jahresgutachten 2009/10. Wiesbaden: SVR.

SVR – Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2010): Chancen für einen stabilen Aufschwung. Jahresgutachten 2010/11. Wiesbaden: SVR.

Swartz, W., Sala, E., Tracey, S., Watson, R. und Pauly, D. (2010): The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). Public Library of Science ONE 5 (12), doi:10.1371/journal.pone.0015143.

SZ – Süddeutsche Zeitung (2010): Geißler – Schlichterspruch enthält Nachbesserungen. Internet: http://www.sueddeutsche.de/politik/stuttgart-geissler-schlichterspruch-enthaelt-nachbesserungen-1.1028582 (gelesen am 25. November 2010). München: SZ.

Szydlik, M. (2000): Lebenslange Solidarität? Generationenbeziehungen zwischen erwachsenen Kindern und Eltern. Opladen: Leske + Budrich.

Tagesspiegel (30.11.2010): Lufthansa fliegt mit Biosprit. Als weltweit erste Fluggesellschaft will die Deutsche Lufthansa den Einsatz von umweltfreundlichen Biokraftstoffen bei einem Langzeitversuch im regulären Liniendienst erproben. Internet: http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/lufthansa-fliegt-mit-biosprit/3508950.html (gelesen am 14. März 2011). Berlin: Tagesspiegel.

Tahil, W. (2007): The Trouble With Lithium. Implications of Future PHEV Production for Lithium Demand. Martainville: Meridian International Research.

Tans, P. (2011): Trends in Atmospheric Carbon Dioxide – Recent Global CO_2. Globally Averaged Marine Surface Annual Mean Data. Internet: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html (gelesen am 12. Januar 2011). Boulder, CO: National Oceanic and Atmospheric Administration.

Taylor, R. P., Govindarajalu, C., Levin, J., Meyer, A. S. und Ward, W. A. (2008): Energy Efficiency – Lessons from Brazil, China, India and Beyond. Washington, DC: World Bank.

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. London: Earthscan.

Terberger, E. (2002): Mikrofinanzierung: Allheilmittel gegen Armut? Ruperto Carola Ausgabe 3/2002. Heidelberg: Universität Heidelberg.

Teske, S., Schäfer, O., Zervors, A., Beranek, J., Tunmore, S. und Krewiit, W. (2008): energy [r]evolution. A Sustainable Global Energy Outlook. Berlin: European Renewable Energy Council und Greenpeace.

Tetzlaff, R. (1996): Weltbank und Währungsfonds: Gestalter der Bretton-Woods-Ära. Opladen: Leske + Budrich.

Thaler, R. H. (1985): Mental accounting and consumer choice. Marketing Science 4 (3), 199–214.

Thaler, R. H. (1999): Mental accounting matters. Journal of Behavioral Decision Making 12, 183–206.

Thaler, R. H. und Sunstein, C. R. (2008): Nudge. Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness. New Haven: Yale University Press.

Thalmann, P. (2004): The public acceptance of green taxes: 2 million voters express their opinion. Public Choice 119, 179–217.

The Royal Society (2005): Ocean Acidification due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. London: The Royal Society.

The St. James's Palace Memorandum (2009): St. James's Palace Memorandum. „Handeln für eine klimaverträgliche und gerechte Zukunft". London, Großbritannien, 26. bis 28. Mai 2009. Cambridge, UK: University of Cambridge, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung.

Thiele, R. und Wiebelt, M. (2000): Sind die Anpassungsprogramme von IWF und Weltbank gescheitert? Eine Bilanz der Erfahrungen von zwei Jahrzehnten. Kiel Discussion Papers 357. Kiel: Institut für Weltwirtschaft Kiel.

Thielen, M. (2009): Zur Zukunft des lebenslangen Lernens in Hochschulen und in Wissenschaftseinrichtungen. In: Hanft, A. und Knust, M. (Hrsg.): Weiterbildung im Elfenbeinturm!? Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 13–16.

Thier, K. (2010): Storytelling. Eine narrative Managementmethode. Heidelberg: Springer Medizin.

Thorpe, A. (2009): Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. Climatic Change 93, 407–411.

Tichy, G. (2009): Nachhaltiges Wachstum? Zum Thema dieses Hefts. Forum Wissenschaft und Umwelt: Nachhaltiges Wachstum? Wissenschaft und Umwelt Interdisziplinär. Wien: Forum Wissenschaft und Umwelt.

Tomasello, M. (2009): Why we Cooperate. Cambridge, MA: MIT Press.

Toyota Motor Corporation (2010): Toyota startet Batterie-zu-Batterie-Recycling. Internet: http://www.toyota.de/innovation/environment/news/details_2010_12.aspx (gelesen am 15. März 2011). Köln: Toyota.

Tranaes, F. (2006): Danish Wind Energy. Internet: http://www.dkvind.dk/eng/publications/danish_wind_energy.pdf (gelesen am 17. November 2010). Arhus: Danish Wind Turbine Owners Association.

Transparency International (2005): Global Corruption Report. Special Focus: Corruption in Construction and Post-Conflict Reconstruction. Berlin: Transparency International.

Transparency International (2008): Global Corruption Report 2008: Corruption in the Water Sector. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Transparency International (2011): Working Paper No 01/2011: Reducing Demand for Illegal Timber: Targeting Corruption in Customs and Procurement. Berlin: Transparency International.

True, J. und Mintrom, M. (2001): Transnational networks and policy diffusion: the case of gender mainstreaming. International Studies Quarterly 45 (1), 27–57.

Trumbull, D. J., Bonney, R., Bascom, D. und Cabral, A. (2000): Thinking scientifically during participation in a citizen-science project. Science Education 84 (2), 265–275.

Tsebelis, G. (2002): Veto Players. How Political Institutions Work. Princeton, New York: Princeton University Press.

Tukker, A., Bausch-Goldbohm, S., Verheijden, M., de Koning, A., Klejin, R., Wolf, O. und Pérez Dominguez, I. (2009): Environmental Impacts of Diet Changes in the EU. EUR 23783 EN. Brüssel: European Commission Institute for Prospective Technological Studies.

Tully, J. (2009): The Crisis of Global Citizenship, Article Presented at a Lecture in the Goethe University Frankfurt/M. under the Auspices of the Cluster of Excellence on the Formation of Normative Orders. Frankfurt/M.: Universität Frankfurt.

Turner, W. R., Bradley, B. A., Estes, L. D., Hole, D. G., Oppenheimer, M. und Wilcove, D. S. (2010): Climate change: helping nature survive the human response. Conservation Letters 00, 1–9.

UBA – Umweltbundesamt (2008): Grenzsteuerausgleich für Mehrkosten infolge nationaler europäischer Umweltschutzinstrumente – Gestaltungsmöglichkeiten und WTO-rechtliche Zulässigkeit. Climate Change 05/08. Dessau: UBA.

UBA – Umweltbundesamt (2010): Leitfaden Klimaschutz im Stadtverkehr. Dessau: UBA.

UBA – Umweltbundesamt (2011): Statusbericht zur Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung. Climate Change 6. Dessau: UBA.

UKERC – UK Energy Research Centre (2009): UKERC Energy 2050 Research Report 1: Pathways to a Low Carbon Economy: Energy SystemsModelling. London: King's College London.

Ulvila, M. und Pasanen, J. (Hrsg.) (2009): Sustainable Futures. Replacing Growth Imperative and Hierarchies with Sustainable Ways. Helsinki: Ministry for Foreign Affairs.

UN – United Nations (1992): Rio Declaration on Environment and Development. New York: UN.

UN – United Nations (2008a): Energy Statistics Yearbook. New York: UN Statistics Division.

UN – United Nations (2008b): World Urbanisation Prospects: The 2007 Revision. New York: UN Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

UN – United Nations (2009a): Report of the Commission of Experts of the President of the United Nations General Assembly on Reforms of the International Monetary and Financial System. Internet: http://www.un.org/ga/econcrisissummit/docs/FinalReport_CoE.pdf (gelesen am 13. Dezember 2010). New York: UN.

UN – United Nations (2009b): Introduction – The Significance of Cooperatives to a World in Crisis. Background Paper on Cooperatives. Internet: http:www.un.org/esa/socdev/social/kooperatives/documents/survey/background.pdf (gelesen am 21. Februar 2011). New York: UN.

UN – United Nations (2010): The Millennium Development Goals Report 2010. New York: UN.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development (2009): Review of Marine Transport. New York, Genf: UNCTAD.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development (2010a): Promoting Poles of Clean Growth to Foster the Transition to a More Sustainable Economy. Genf: UNCTAD.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development (2010b): World Investment Report 2010. Investing in a Low-Carbon Economy. Genf: UNCTAD.

UN DESA – United Nations Department of Economics and Social Affairs (2009a): Promoting Development, Saving the Planet. World Economic and Social Survey 2009. E/2009/50/Rev.1ST/ESA/319. New York: UN DESA.

UN DESA – United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division (2009b): World Population Prospects: The 2008 Revision. Internet: http://esa.un.org/unpp (gelesen am 16. September 2010). New York: UN DESA.

UN DESA – United Nations Department of Economic and Social Affairs (2010): World Urbanization Prospects: The 2009 Revision. File 17a: Urban Population (Thousands), Number of Cities and Percentage of Urban Population by Size Class of Urban Settlement, Major Area, Region and Country, 1950–2025. POP/DB/WUP/Rev.2009/2/F17a. New York: UN DESA.

UNDP – United Nations Development Programme (2006): Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis. New York: UNDP.

UNDP – United Nations Development Programme (2007): Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World. New York: UNEP.

UNDP – United Nations Development Programme (2010): Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. New York: UNDP.

UNDP – United Nations Development Programmei und ESMAP – World Bank Energy Sector Management Assistance Program (2005): Energy Services for the Millennium Development Goals. The Millennium Project. Washington, DC: World Bank.

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe (2010): Financing Global Climate Change Mitigation. ECE Energy Series No. 37. Genf: UNECE.

UNEP – United Nations Environment Programme (2002): Global Environment Outlook GEO–3. Past, Present and Future Perspectives. Nairobi: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2003): Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. New York: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2007): Global Environment Outlook GEO–4. Environment for Development. Nairobi: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2008): Reforming Energy Subsidies. New York: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2009): A Global Green New Deal. Report Prepared for the Economics and Trade Branch, Division of Technology, Industry and Economics. Genf: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2010a): The Emissions Gap Report. Are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2 °C or 1.5 °C? Nairobi: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2010b): UNEP Emerging Issues: Environmental Consequences of Ocean Acidification: A Threat to Food Security. Nairobi: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2010c): Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production. Paris: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2010d): Priority Products and Materials Report. Internet: http://

www.unep.org/resourcepanel/ (gelesen am 17. Februar 2011). Nairobi: UNEP.

UNEP – United Nations Environment Programme (2011): Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi: UNEP.

UNEP Risoe – United Nations Environment Programme Centre on Energy Climate and Sustainable Development (2011): CDM Projects by Host Region. Internet: http://cdmpipeline.org/cdm-projects-region.htm (gelesen am 15. Februar 2011). Roskilde: UNEP Risoe Centre.

UNEP SEFI – United Nations Environment Programme Sustainable Energy Finance Initiative (2008): Public Finance Mechanisms to Mobilise Investment in Climate Change Mitigation. An Overview of Mechanisms Being Used Today to Help Scale up the Climate Mitigation Markets, with a Particular Focus on the Clean Energy Sector. New York: UNEP SEFI.

UNEP SEFI – United Nations Environment Programme Sustainable Energy Finance Initiative (2009a): Private Financing of Renewable Energy. A Guide for Policymakers. New York: UNEP SEFI.

UNEP SEFI – United Nations Environment Programme Sustainable Energy Finance Initiative (2009b): Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009. New York: UNEP SEFI.

UNEP-SEFI – United Nations Environment Programme Sustainable Energy Finance Initiative und BNEF – Bloomberg New Energy Finance (2010): Global Trends in Sustainable Energy Investment 2010. Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency. Paris: BNEF.

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2009): Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3. New York: UNESCO.

UNESCO – United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2010): UNESCO Science Report 2010. Zusammenfassung. Bonn: Deutsche UNESCO-Kommission.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2008): Investment and Financial Flows to Address Climate Change – An Update. Bonn: UNFCCC Sekretariat.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2009): Copenhagen Accord. Decision 2/CP.15. Bonn: UNFCCC Sekretariat.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2010): The Cancun Agreements: Outcome of the work of the Ad hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention. Decision 1/CP.16. Bonn: UNFCCC Sekretariat.

UNGA – United Nations General Assembly (1948): Allgemeine Erklärung der Menschenrechte. UNGA Res. 217/A (III) vom 10. Dezember 1948. New York: UNGA.

UNICEF – United Nations Childrens Fund und WHO – World Health Organisation (2004): Meeting the MDG Drinking Water and Sanitation Target. A Mid–term Assessment of Progress. New York: UNICEF, WHO.

UN-Energy (2010): Looking to the Future. New York: UN.

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2002): Global Campain on Urban Governance. Concept Paper. Nairobi: UN-Habitat.

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2008): State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide. London: Earthscan.

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2009): Planning Sustainable Cities. Global Report on Human Settlements. Nairobi: UN Habitat.

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2010a): State of African Cities Report. Nairobi: UN Habitat.

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2010b): The State of China's Cities 2010/2011. London: Earthscan.

Underdal, A. (1998): Leadership in international environmental negotiations: designing feasible solutions. In: Underdal, A. (Hrsg.): The Politics of International Environmental Management. Dordrecht: Kluwer, 101–127.

Urry, J. (2010): Consuming the planet to excess. Theory, Culture & Society 27 (2–3), 191–212.

US-AID – US Agency for International Development (2009): Microfinance and Climate Change: Can MFIs Promote Environmental Sustainability? Speaker's Corner Summary Report. Washington, DC: US-AID.

US-DoE – US Department of Energy (2006): Practical Experience Gained During the Operation of the Great Plains Gasification Plant and Implications for Future Projects. Washington, DC: US-DoE.

US-DoE – US Department of Energy (2011): Clean Renewable Energy Bonds (CREBs). Internet: http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=US45F&State=federal&currentpageid=1&ee=0&re=1 (gelesen am 16. Februar 2011). Washington, DC: Database of State Incentives for Renewables & Efficiency.

US-EIA – US Energy Information Administration (2010): International Energy Outlook 2010. Washington, DC: US-EIA.

US-EPA – United States Environmental Protection Agency (2006): Global Anthropogenic Non-CO_2 Greenhouse Gas Emissions: 1990–2020. Washington, DC: US-EPA.

USGS – US Geological Survey (2010a): Lithium. 2008 Minerals Yearbook [Advanced Release]. Internet: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/myb1-2008-lithi.pdf (gelesen am 9. März 2010). Reston, VA: USGS.

USGS – US Geological Survey (2010b): Lithium. Mineral Commodity Summaries 2010. Internet: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2010-lithi.pdf (gelesen am 9. März 2010). Reston, VA: USGS.

USGS – US Geological Survey (2010c): Phosphate Rock. Mineral Commodity Summaries 2010. Internet: http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2010-phosp.pdf (gelesen am 9. März 2010). Reston, VA: USGS.

Vaccari, D. A. (2009): Phosporus: a looming crisis. Scientific American 6, 54–59.

van den Bosch, S. und Rotmans, J. (2008): Deepening, Broadening and Scaling Up. A Framework for Steering Transition Experiments. Delft, Rotterdam: Knowledge Centre for Sustainable System Innovations and Transitions, TNO Strategy and Policy.

van Goeverden, C., Rietveld, P., Peeters, P. und Koelemeijer, J. (2006): Subsidies in public transport. European Transport 32, 5–25.

van Vuuren, D. (2009): Growing within Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome. Bilthoven: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

van Vuuren, D. P., den Elzen, M. G. J., Lucas, P. L., Eickhout, B., Strengers, B. J., van Ruijven, B., Wonink, S. und van Houdt, R. (2007): Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. Climatic Change 81 (2), 119–159.

van Vuuren, D. P., Isaac, M., den Elzen, M. G. J., Stehfest, E. und van Vliet, J. (2010): Low stabilization scenarios and implications for major world regions from an integrated assessment perspective. The Energy Journal 31 (Special Issue 1), 165–192.

Vasa, A. und Neuhoff, K. (2011): The Role of CDM Post 2012. Carbon Pricing for Low-Carbon Investment Project. Berlin:

Climate Policy Initiative, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.

Vaubel, R. (2006): Principal-agent problems in international organizations. Review of International Organizations 1 (2), 125–138.

Veblen, T. (2007): Theorie der feinen Leute: Eine ökonomische Untersuchung der Institutionen. Frankfurt/M.: Fischer.

Velders, G. J. M., Andersen, S. O., Daniel, J. S., Fahey, D. W. und McFarland, M. (2007): The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. Proceedings of the National Academy of Sciences 104 (12), 4814–4819.

Verba, S., Schlozman, K. L. und Brady, H. E. (1995): Voice and Equality: Civic Voluntarism in American Politics Cambridge, New York: Harvard University Press.

Vermeer, M. und Rahmstorf, S. (2009): Global sea level linked to global temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences (early edition), doi/10.1073/pnas.0907765106.

Victor, P. A. (2008): Managing Without Growth: Slower by Design not Disaster. Cheltenham: Edward Elgar.

Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. und Stuart, S. N. (2008): Wildlife in a Changing World: An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Gland: IUCN.

Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., Schlesinger, W. H. und Tilman, D. G. (1997a): Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. Issues in Ecology 7 (3), 737–750.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. und Melillo, J. M. (1997b): Human domination of Earth's ecosystems. Science 277, 494–499.

Vollmers, F. (2011): Die ungeliebte Artenvielfalt. Frankfurt/M.: Frankfurter Allgemeine Zeitung (22.01.2011), C4.

von Alemann, K. (1989): Organisierte Interessen in der Bundesrepublik. Opladen: Leske+Budrich.

von Alemann, U. (2005): Dimensionen politischer Korruption. Beiträge zum Stand der internationalen Forschung (Sonderheft 35 der Politischen Vierteljahresschrift). Wiesbaden: VS.

von Braun, J. (2010): Ursachen und Konsequenzen internationaler Landakquirierung in Entwicklungsländern. Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik 3 (3), 2.

von Braun, J. und Meinzen-Dick, R. (2009): Land Grabbing by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

von Danwitz, T. (2004): Aarhus-Konvention: Umweltinformation, Öffentlichkeitsbeteiligung, Zugang zu den Gerichten. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht, 272–282.

von Hirschhausen, C., Wand, R. und Beestermöller, C. (2010): Bewertung der dena-Netzstudie II und des europäischen Infrastrukturprogramms. Gutachten im Auftrag des WWF Deutschland. Berlin: TU-Berlin WIP.

von Koerber, K., Kretschmer, J. und Prinz, S. (2008): Globale Ernährungsgewohnheiten und -trends. Expertise für das WBGU-Hauptgutachten „Welt im Wandel: Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008_ex10.pdf (PDF). Berlin: WBGU.

Wagner, H.-J., Koch, M. K., Burkhardt, J., Größe Böckmann, T., Feck, N. und Kruse, P. (2007): CO_2 Emissionen der Stromerzeugung. Brennstoff, Wärme, Kraft 59 (10), 44–52.

Walk, H. (2007): Partizipative Governance. Beiteiligungsformen und Beteiligungsrechte im Mehrebenensystem der Klimapolitik. Wiesbaden: VS.

Walk, H. (2008): Partizipative Governance. Beteiligungsformen und Beteiligungsrechte im Mehrebenensystem der Klimapolitik. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Walsh, J. E. und Chapman, W. L. (2001): Twentieth-century sea ice variations from observational data. Annals of Glaciology 33, 444–448.

Wang, Y. (2009): Chinese diplomacy since 1949. Beijing Review 52 (45), 10–13.

Wara, M. und Victor, D. G. (2008): A Realistic Policy on International Carbon Offsets. Stanford Law School Working Paper 74. Internet: http://www.law.stanford.edu/publications/details/4032/ (gelesen am 16. Februar 2011). Stanford: Stanford Law School.

Watson, J. (2009): Technology assessment and innovation policy. In: Scrase, I. und MacKerron, G. (Hrsg.): Energy for the Future. A New Agenda. Basingstoke: Palgrave, 123–147.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2004): Mobility 2030: The Sustainable Mobility Project. Genf, Washington, DC: WBCSD.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1994): Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Hauptgutachten 1994. Bonn: Economica.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1995): Szenario zur Ableitung globaler CO_2–Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien. Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin. Sondergutachten 1995. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1997): Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Hauptgutachten 1997. Berlin, Heidelberg: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000a): Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre. Hauptgutachten 1999. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000b): Welt im Wandel: Neue Strukturen globaler Umweltpolitik. Hauptgutachten 2000. Berlin, Heidelberg: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Hauptgutachten 2003. Berlin: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2005): Welt im Wandel: Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik. Hauptgutachten 2004. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2006): Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten 2006. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2007a): Neue Impulse für die Klimapolitik: Chancen der deutschen Doppelpräsidentschaft nutzen. Politikpapier 5. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2007b): Abschluss der Klimakonferenz in Bali: Wichtiger Teilerfolg für den globalen Klimaschutz in letzter Minute. WBGU-Presseerklärung vom 17.12.2007. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2008): Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel. Hauptgutachten 2007. Berlin, Heidelberg: Springer.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009a): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Hauptgutachten 2009. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009b): Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz. Sondergutachten 2009. Berlin: WBGU.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2010): Klimapolitik nach Kopenhagen. Auf drei Ebenen zum Erfolg. Politikpapier 6. Berlin: WBGU.

Weber, M. (1984): Soziologische Grundbegriffe. Tübingen: Mohr.

Weber, M. (1992): Politik als Beruf (Vortragsmitschrift mit Nachwort von Ralf Dahrendorf). Frankfurt/M.: Reclam.

WEC – World Energy Council (2004): Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment. London: WEC.

Welzel, C. (2006): A Human Development View on Value Change Trends (1981–2006). Internet: http://www.worldvaluessurvey.org (gelesen am 17. November 2009). Stockholm: World Values Survey.

Weiler, J. H. H. (1991): The transformation of Europe. The Yale Law Journal 100, 2403–2483.

Weingart, P. (2001): Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und Medien in der Wissensgesellschaft. Weilerswist: Velbrück.

Weinlich, S. (2011): Reform of the UN Development System: New Multilateralist Reform Coalition Needed. DIE-Briefing Paper Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.

Weisdorf, J. L. (2005): From foraging to farming: explaining the Neolithic Revolution. Oxford Economic Papers 58 (2), 264–287.

Weiss, T. G. (2009): What happened to the idea of world government? International Studies Quarterly 53 (2), 253–271.

Weiss, T. G. und Daws, S. (2007): World politics: continuity and change since 1945. In: Weiss, T. G. und Daws, S. (Hrsg.): The Oxford Handbook on the United Nations. New York: Oxford University Press, 3–38.

Weitzman, M. L. (1974): Prices versus quantities. Review of Economic Studies 41 (4), 477–491.

Welzel, C. (2006): A Human Development View on Value Change Trends (1981–2006). Internet: http://www.worldvaluessurvey.org (gelesen am 17. November 2009). Stockholm: World Values Survey.

Wende, P. (2001): Großbritannien 1500–2000. Oldenbourg Grundriss der Geschichte. Band 32. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Wende, P. (2008): Das Britische Empire: Geschichte eines Weltreichs. München: Beck.

Westle, B. (2006): Wahlrecht von Geburt an – Rettung der Demokratie oder Irrweg? Zeitschrift für Parlamentsfragen 37, 96–114.

White, T. (2000): Diet and the distribution of environmental impact. Ecological Economics 34 (1), 145–153.

WI – Wuppertal Institut für Klima Umwelt und Energie (2006): Microfinance and Renewable Energy. Investing in a Sustainable Future, I. Issue 2006, WISONS of sustainablity, PREP 5. Wuppertal: WI.

Wiegmann, K., Eberle, U., Fritsche, U. R. und Hünecke, K. (2005): Ernährungswende. Umweltauswirkungen von Ernährung. Stoffstromanalysen und Szenarien. Darmstadt, Hamburg: Öko-Institut.

Wiesenthal, H. (1995): Konventionelles und unkonventionelles Organisationslernen. Zeitschrift für Soziologie 2, 137–155.

Willke, H. (1998): Systemisches Wissensmanagement. Stuttgart: UTB. Wilkinson, R. und Willett, K. (2009): The Spirit Level: Why More Equal Societies Almost Always Do Better. London: Penguin.

Willer, H., Yussefi-Menzler, M. und Sorensen, N. (2008): The World of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends 2008. Internet: http://orgprints.org/13123/4/world-of-organic-agriculture-2008.pdf (gelesen am 13. Dezember 2010). Bonn: IFOAM, FiBL.

Willis, R., Webb, M. und Wilsdon, J. (2007): The Disrupters. Lessons for Low-carbon Innovation from the New Wave of Environmental Pioneers. London: NESTA.

Windolf, P. (2005): Finanzmarkt-Kapitalismus: Analyse zum Wandel von Produktionsregimen. Wiesbaden: VS.

Winkler, H. A. (2009): Geschichte des Westens. Von den Anfängen in der Antike bis zum 20. Jahrhundert. München: Beck.

Winter, G. (2010): Zur Architektur globaler Governance des Klimaschutzes. Teil 2 der Expertise für das WBGU-Gutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation". Internet: http://www.wbgu.de/wbgu_jg2011_Expertise_Winter.pdf. Berlin: WBGU.

Winters, A. und Shahid, Y. (2007): China and India: Competing With Giants. Washington, DC: World Bank.

Wippermann, C. (2009): Die soziokulturelle Karriere des Themas „Ökologie": Eine kurze Historie vor dem Hintergrund der Sinus-Lebensweltforschung. Internet: http://www.sociovision.de/uploads/tx_mpdownloadcenter/karriere_oekologie.pdf (gelesen am 17. November 2010). Heidelberg: Sinus-Institut.

Wippermann, C., Kleinhückelkotten, S., Flaig, B. B. und Calmbach, M. (2009): Umweltbewusstsein und Umweltverhalten der sozialen Milieus in Deutschland. Dessau: Umweltbundesamt.

Wittmann, V. (2006): Digital Divide – auf dem Weg zu einer Weltinformationsgesellschaft? In: Debiel, T., Messner, D. und Nuscheler, F. (Hrsg.): Globale Trends 2007. Frankfurt/M.: Fischer, 209–224.

Wolff, P. (2005): Entwicklungspolitik und Armutsbekämpfung. In: Messner, D. und Scholz, I. (Hrsg.): Zukunftsfragen der Entwicklungspolitik. Baden-Baden: Nomos, 54–69.

Woodcock, J., Edwards, P., Tonne, C., Armstrong, B. G., Ashiru, O., Banister, D., Beevers, S., Chalabi, Z., Chowdhury, Z., Cohen, A., Franco, O. H., Haines, A., Hickman, R., Lindsay, G., Mittal, I., Mohan, D., Tiwari, G., Woodward, A. und Roberts, I. (2009): Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: urban land transport. The Lancet 374 (9705), 1930–1943.

Woods, M. (2003): Conflicting environmental visions of the rural: windfarm development in Mid Wales. Sociologia Ruralis 43 (3), 271–288.

World Bank (2009a): Swimming Against the Tide: How Developing Countries are Coping with the Global Crisis. Background Paper Prepared by World Bank Staff for the G20 Finance Ministers and Central Bank Governors Meeting, Horsham United Kindom on March 13–14, 2009. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2009b): World Development Report 2009: Spatial Disparities and Development Policy. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2010a): Global Monitoring Report 2010. The MDGs after the Crisis. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2010b): World Development Report 2010: Development and Climate Change. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2010c): Making the Most of Public Finance for Climate Action. Issues Brief #2. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2011a): Data by Country. Internet: http://data.worldbank.org/country (gelesen am 5. März 2011). Washington, DC: World Bank.

World Bank (2011b): World Development Indicators 2011. Washington, DC: World Bank.

Worldwatch Institute (2004): State of the World 2004: Special Focus – The Consumer Society. Washington, DC: Worldwatch Institute.

WR – Wissenschaftsrat (2009): Bewertungsmatrix für das Forschungsrating in der Elektro- und Informationstechnik. Köln: WR.

WR – Wissenschaftsrat (2010a): Empfehlungen zur Differenzierung der Hochschulen. Drs. 10387-10. Köln: WR.

WR – Wissenschaftsrat (2010b): Empfehlungen zur vergleichenden Forschungsbewertung in den Geisteswissenschaften. Köln: WR.

WRAP – Waste & Resources Action Programme (2009): Household Food and Drink Waste in the UK. Final Report. Banbury, UK: WRAP.

WRI – World Resources Institute (2008): The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. Washington, DC: WRI.

WRI-CAIT – World Resources Institute - Climate Analysis Indicator Tool (2011): The CAIT Climate Analysis Indicator Tool. Washington, DC: WRI.

Wright, A. (1984): Innocence abroad: American agricultural research in Mexico. In: Colman, B., Jackson, W. und Wendell, B. (Hrsg.): Meeting the Expectations of the Land: Essays in Sustainable Agriculture and Stewardship. San Francisco: North Point Press, 124–138.

WTO – World Trade Organization und UNEP – United Nations Environment Programme (2009): Trade and Climate Change. Genf: WTO und UNEP.

Wunder, S. (2005): Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. CIFOR Occasional Paper 42. Bogor Barat: Center for International Forestry Research.

Wüstenhagen, R., Wolsink, M. und Bürer, M. J. (2007): Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. Energy Policy 25 (5), 2683–2691.

WVS – World Values Survey (2009): World Values Survey 2005 Official Data File v. 20090901. Stockholm: World Values Survey Association

WVS – World Values Survey (2010): Values Change the World. World Values Survey. Stockholm: World Values Survey Association.

Yang, G. (2009): The Power of the Internet in China. Citizen Activism Online. New York: Columbia University Press.

Young, N. und Matthews, R. (2007): Experts' understanding of the public: knowledge control in a risk controversy. Public Understanding of Science 16 (2), 123–144.

Zahran, S., Kim, E., Chen Xi und Lubell, M. (2007): Ecological development and global climate change: a cross-national study of Kyoto Protocol ratification. Society & Natural Resources 20 (1), 37–55.

Zakaria, F. (2008): The Post-American World. New York: W.W. Norton.

Zangl, B. und Zürn, M. (2004): Make Law, Not War: Internationale und Transnationale Verrechtlichung als Bausteine für Global Governance. In: Zangl, B. und Zürn, M. (Hrsg.): Verrechtlichung: Bausteine für Global Governance? Bonn: Dietz, 12–45.

Zelli, F., Biermann, F., Pattberg, P. und von Asselt, H. (2010): The consequences of fragmented climate governance architecture: a policy appraisal. In: Biermann, F., Pattberg, P. und Zelli, F. (Hrsg.): Global Climate Governance Beyond 2010. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 25–34.

Zhao, M. und Running, S. W. (2010): Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. Science 329, 940–943.

Zia, A. und Todd, A. M. (2010): Evaluating the effects of ideology on public understanding of climate change science: How to improve communication across ideological divides? Public Understanding of Science 19 (6), 743–761.

Ziehm, C. (2010): Vollzugsdefizite im Bereich des Klimaschutzrechts. ZUR 2010, 411–418.

Ziesing, H.-J. (2009): Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050 – Vom Ziel her denken. Frankfurt/M.: WWF Deutschland.

Zschiesche, M. und Rosenbaum, M. (2005): Empirische Analysen zur Öffentlichkeitsbeteiligung in den neuen Ländern am Beispiel immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren im Zeitraum 1991–2001. Berlin: Unabhängiges Institut für Umweltfragen.

Zürn, M., Ecker-Ehrhardt, M. und Binder, M. (2007): Politische Ordnungsbildung wider Willen. Zeitschrift für Internationale Beziehungen 14, 129–165.

Glossar

10

Aarhus-Konvention
Erster völkerrechtlicher Vertrag, der Informations-, Beteiligungs- und Klagerechte für Bürgerinnen und Bürger in Umweltangelegenheiten festlegt. Das Abkommen wurde 1998 in der dänischen Stadt Aarhus unter der Ägide der UN-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) verabschiedet und trat 2001 in Kraft. Bisher haben über 40 europäische und zentralasiatische Staaten die Konvention ratifiziert. Sie setzt sich aus drei Säulen zusammen: Der Gewährleistung des Zugangs zu Umweltinformationen, der Beteiligung der Öffentlichkeit an umweltrelevanten Verfahren und dem Zugang zu Gerichten. Die verstärkte Rolle der Öffentlichkeit in der Durchsetzung des Umweltschutzes stellt eine neue Stufe in der Entwicklung des Umweltrechts dar.

Anthropozän
Bedeutet das Zeitalter des Menschen und lehnt sich namentlich an geologische Zeitalter (etwa das Paläozän oder das Holozän) an. Der Begriff wurde von Nobelpreisträger Paul Crutzen gemeinsam mit Eugene Stoermer im Jahr 2000 geprägt und bezeichnet ein Erdzeitalter, in dem die Einwirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt eine globale Dimension erreicht haben. Dies führt zu teilweise erheblichen Veränderungen der Ökosysteme bis hin zu deren Zerstörung. Zu den wichtigsten Veränderung durch den Menschen zählen der Klimawandel oder auch das antarktische Ozonloch.

Budgetansatz des WBGU
Konzept des WBGU für eine globale Lastenteilung im Klimaschutz. Kern des Ansatzes ist die Einigung der Staatengemeinschaft auf eine Obergrenze für die noch zu emittierende Gesamtmenge an Kohlendioxid aus fossilen Quellen bis 2050 (Globalbudget), um gefährliche Klimaänderungen zu vermeiden. Das Globalbudget wird entsprechend der Bevölkerungszahl auf alle Staaten verteilt. Durch einen zwischenstaatlichen → Emissionshandel können Länder, die aufgrund hoher Pro-Kopf-Emissionen Schwierigkeiten haben, mit ihrem Budget auszukommen Emissionsrechte hinzukaufen, während Länder mit niedrigen Pro-Kopf-Emissionen durch den Verkauf von Emissionsrechten Einnahmen generieren können.

Carbon Leakage
(Geographische) Verlagerung des Ausstoßes von CO_2-Emissionen infolge nationaler oder regionaler Klimaschutzmaßnahmen, die die Wirkung der Klimaschutzmaßnahmen unterminiert. Carbon Leakage kann bedingt sein durch (1) Standortverlagerungen von Unternehmen von einem Land (bzw. einer Region) mit Klimapolitik in ein Land ohne Klimapolitik aufgrund von Wettbewerbsdruck und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, (2) Substitution von Produkten aus Ländern mit Klimapolitik durch Produkte aus Ländern ohne Klimapolitik aufgrund von Preisvorteilen oder (3) Anstieg der Nachfrage nach CO_2-intensiven Energieträgern oder CO_2-intensiven Produkten in Ländern ohne Klimapolitik aufgrund gesunkener Weltmarktpreise für CO_2-intensive Energieträger infolge des Nachfragerückgangs in Ländern mit Klimapolitik.

Carbon Dioxide Capture and Storage
→ Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (CCS)

Change Agents
→ Pioniere des Wandels

CO_2-Bepreisung
Internalisierung der gesellschaftlichen Kosten von CO_2-Emissionen durch einen Preismechanismus. CO_2-Bepreisung kann entweder mit Hilfe einer Steuer auf CO_2-Emissionen oder über die Definition einer CO_2-Emissionsobergrenze und gleichzeitiger Einführung eines Systems handelbarer Zertifikate erfolgen. In letzterem Fall bildet sich der Preis für den Ausstoß einer Einheit CO_2 auf dem Markt für CO_2-Zertifikate durch Angebot und Nachfrage. Die Höhe der CO_2-Steuer oder die ausgegebene CO_2-Zertifikatsmenge sollten theoretisch so gewählt werden, dass der Preis für den Ausstoß einer Einheit CO_2 den gesellschaftlichen Kosten der Emissionen entspricht, d.h. den auf die Gegenwart

abgezinsten künftigen Schäden, die durch den Ausstoß einer Einheit CO_2 verursacht werden.

CO_2eq
→ Kohlendioxidäquivalente

Dekarbonisierung
Die Dekarbonisierung der Energiesysteme beschreibt den historisch beobachtbaren Trend des Übergangs von kohlenstoffreichen Energiequellen (Biomasse, Kohle) zu weniger kohlenstoffintensiven (Öl und Gas) und zunehmend CO_2-emissionsfreien Energieträgern (Solar, Wind, Wasserkraft). Oft besitzen die moderneren Energieträger auch höhere Energiedichten, sind universeller nutzbar (z. B. Strom), sicherer, sauberer und für den Endverbraucher bequemer.

Deliberative Beteiligungsverfahren
Verfahren für einen diskursorientierten Prozess der demokratischen Konsens- und Entscheidungsfindung. Der Politikwissenschaftler James S. Fishkin hat in „Deliberative Opinion Polls" eine repräsentative Gruppe an Bürgern eingeladen, damit diese sich gemeinsam zu einem aktuellen politischen Thema beraten und daraus Entscheidungsempfehlungen erarbeiten. Damit sollte der politische Wille der Bürger ermittelt werden, nachdem sie sich gründlich informieren und über die zur Entscheidung stehende Frage haben nachdenken können. Deliberative Entscheidungsprozesse sollten in der Praxis so ausgestaltet sein, dass sie tatsächlich zu Informations- und Reflexionsgewinnen führen.

Einspeisevergütung
Entgelte, die Stromerzeuger für den ins öffentliche Stromnetz eingespeisten Strom, z. B. aus der Nutzung erneuerbarer Energiequellen, erhalten. Die Einspeisevergütung beeinflusst maßgeblich die Wirtschaftlichkeit der stromerzeugenden Anlagen. Sie wird in der Regel zeitlich degressiv gestaltet.

Emissionshandel
Ökonomisches Instrument zur Beschränkung oder Reduktion umweltschädigender Emissionen. Die Emissionsmenge wird beschränkt und in handelbare Zertifikate aufgeteilt. Die Emissionsrechte können unter den Handelsteilnehmern gehandelt werden, so dass sich im Idealfall eine kostenoptimale Verteilung der festgelegten Gesamtreduktion ergibt. Im Kioto-Protokoll der Klimarahmenkonvention ist dieses Instrument auf staatlicher Ebene für die verpflichteten Länder eingeführt worden. Darüber hinaus haben einzelne Staaten oder Staatengruppen (z. B. die EU) Emissionshandelssysteme eingeführt, bei denen Unternehmen ihre Emissionsrechte untereinander handeln können.

Energiearmut
Mangel an ausreichenden Wahlmöglichkeiten beim Zugang zu erschwinglichen, zuverlässigen, qualitativ hochwertigen, sicheren, gesundheitlich unbedenklichen und umweltschonenden Energiedienstleistungen zur Deckung der Grundbedürfnisse. Länder mit verbreiteter Energiearmut zeichnen sich in der Regel durch große Entwicklungsprobleme aus. Von Energiearmut betroffen sind rund 38 % der Weltbevölkerung, die vor allem auf traditionelle Biomassenutzung angewiesen sind. Aufgrund der Schadstoffbelastung durch die offenen Feuer sterben pro Jahr über 1,5 Mio. Menschen.

Endenergie
Energie, die nach der Umwandlung der Primärenergie in Sekundärenergie und nach dem Transport zum Endverbraucher in nutzbarer Form zur Verfügung steht (z. B. Briketts, elektrischer Strom aus der Steckdose, Benzin an der Tankstelle). Die Endenergie ist die dritte Stufe der Energieflusskette von Primär- über Sekundär- zu Nutzenergie.

Energieeffizienz
Technische Effizienz von Endnutzungsgeräten (beispielsweise Haushaltsgeräten) oder Anlagen (beispielsweise Kraftwerken), meistens quantifiziert durch ihren Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung.

Energieintensität
Energieeinsatz bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt.

G8/G8+5
Informelles Forum von Staats- und Regierungschefs, das 1975 erstmals als G6 der Staaten Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan und USA zusammentrat und 1976 durch Kanada und 1998 durch Russland zur G8 ergänzt wurde. Zudem ist die Europäische Kommission bei den Gipfeln vertreten. Als Weltwirtschaftsgipfel der führenden Volkswirtschaften ins Leben gerufen entwickelte sich die G7/G8 zu einem der wichtigsten Foren globaler Politikgestaltung. Als Reaktion auf den Vorwurf mangelnder globaler Legitimation werden seit 2005 auch die fünf führenden → Schwellenländer Brasilien, China, Indien, Mexiko und Südafrika als sogenannte „Outreach-Länder" zu einem erweiterten Dialog eingeladen (G8+5). Mit Einrichtung der → G20 auf Ebene der Staats- und Regierungschefs wurde das Dialogangebot der G8 obsolet.

G20
Globales Forum, das 1999 als Reaktion auf die wirtschaftliche Globalisierung und die Asienkrise zusammentrat, um die Steuerungsprobleme der globalen Wirtschafts- und Finanzpolitik zu erörtern. Im Kontext

der globalen Finanzkrise der Jahre 2008/2009 konnte die G20 durch die Einbeziehung der Staats- und Regierungschefs erheblich an politischem Gewicht gewinnen und sich auch in anderen Politikfeldern als alternatives Forum zur → G8/G8+5 etablieren. Die Mitglieder der G20 sind Argentinien, Australien, Brasilien, China, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Indonesien, Italien, Japan, Kanada, Mexiko, Russland, Saudi Arabien, Südafrika, Südkorea, Türkei und die USA sowie die Europäische Union.

Gesellschaftsvertrag
Hypothetisches Konstrukt mit dem in sogenannten Vertragstheorien staatliche Ordnung begründetet wird. Nach den Vertretern der klassischen Vertragstheorie – wie Thomas Hobbes, John Locke oder Jean-Jacques Rousseau – schließen sich Individuen aus freien Willen in einem politischen Gemeinwesen zusammen und verpflichten sich, zum Schutz vor Gewalt und der Abwendung anderer Übel dessen Regeln zu befolgen und Pflichten nachzukommen. Die zentrale Idee des vom WBGU entwickelten neuen Weltgesellschaftsvertrags ist, dass Individuen und die Zivilgesellschaften, die Staaten und die Staatengemeinschaft sowie die Wirtschaft und die Wissenschaft kollektive Verantwortung für die Vermeidung gefährlichen Klimawandels und die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen der Menschheit. Ein zentrales Element in einem solchen Gesellschaftsvertrag ist der → gestaltende Staat.

Gestaltender Staat
Zentrales Element in einem → Gesellschaftsvertrag für die vom WBGU skizzierte Transformation in eine klimaverträgliche Gesellschaft. Er vermittelt zwei Aspekte, die häufig getrennt oder konträr gedacht werden: einerseits die Stärkung des Staates, der im politischen Mehrebenensystem aktiv Prioritäten setzt und diese (etwa mit Bonus-Malus-Lösungen) deutlich macht, und andererseits verbesserte Mitsprache-, Mitbestimmungs- und Mitwirkungsmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger.

Governance
Bezeichnet generell das Steuerungs- und Regelungssystem einer politischen Einheit. Das Konzept ist in Abgrenzung zum Begriff Government (Regierung) entstanden und soll ausdrücken, dass politische Steuerung nicht nur hierarchisch vom Staat, sondern auch von privaten Akteuren wie Verbänden wahrgenommen wird. Governance-Kapazitäten bezeichnen die Befähigung zur Governance durch funktionsfähige Steuerungsinstitutionen und Regelungssysteme.

Global Governance
Für das Konzept Global Governance gibt es keine einvernehmliche Definition; teils wird der Begriff normativ, teils analytisch gebraucht. Im Allgemeinen wird damit die Vertiefung der internationalen Kooperation und die Schaffung und Stärkung multilateraler Regelwerke zur Bewältigung globaler Herausforderungen umschrieben. Global Governance beschreibt insbesondere das Zusammenwirken staatlicher und nicht staatlicher Akteure von der lokalen bis zur globalen Ebene. Der Begriff Global-Governance-Architektur bezieht sich auf eine entsprechende multilaterale internationale Ordnung. Als deutsche Übersetzungen gelten etwa Weltordnungspolitik oder globale Strukturpolitik.

Green Growth
→ Grünes Wachstum

Große Transformation
Das Konzept einer „großen Transformation" wurde 1944 durch den ungarischen Ökonom Karl Polanyi in seiner gleichnamigen Analyse der Industriellen Revolution geprägt. Es analysiert den umfassenden systemischen Wandel nationaler Ökonomien in Wechselwirkung mit den Strukturen der Weltwirtschaft. In Anlehnung an Polanyis Transformationsverständnis definiert der WBGU eine die → planetarische Leitplanken berücksichtigende Große Transformation als umfassenden Wandel, der einen Umbau der nationalen Ökonomien und der Weltwirtschaft innerhalb dieser Leitplanken vorsieht, um irreversible Schädigungen des Erdsystems sowie von Ökosystemen und deren Auswirkungen auf die Menschheit zu vermeiden.

Grünes Wachstum (Green Growth)
Wirtschaftswachstum, das mit dem Erhalt der natürlichen Ressourcen vereinbar ist, indem die Produktionsfaktoren einer Volkswirtschaft (Boden, Arbeit, Kapital) zunehmend in den Bereich umweltfreundlicher Produktionsweisen gelenkt werden. Ziel ist eine möglichst vollständige Entkopplung des Wirtschaftswachstums von Emissionen und Ressourcenverbrauch, vor allem durch die Förderung technologischer Innovationen. Durch eine Erhöhung der Ressourceneffizienz und die Schließung von Stoffkreisläufen wird angestrebt, die Ressourcenentnahme langfristig zu minimieren. Grünes Wachstum ist dann erreicht, wenn bei positivem Wirtschaftswachstum Umweltbelastungen und Ressourcenentnahme stagnieren oder sogar rückläufig werden.

Hochleistungsnetz (Super-Grid)
Energieinfrastruktur für den Transport von Strom über weite Distanzen (häufig transkontinentale Netze). Mit

Hochspannungsgleichstromübertragung (HVDC) ist dies mit geringen Energieverlusten möglich.

Intelligente Netze (Smart-Grid)
Durch intelligente Netze können Stromerzeuger, Speicher und Stromnutzer informationstechnisch miteinander verbunden und gesteuert werden. Dies ermöglicht eine Optimierung der miteinander verbundenen Bestandteile.

Internationale Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA)
Die IRENA (International Renewable Energy Agency) wurde 2009 von 75 Staaten in Bonn als internationale Regierungsorganisation mit dem Ziel gegründet, die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien in der Welt zu fördern. Das Gründungsstatut trat 2010 in Kraft und wurde von 148 Staaten und der EU unterzeichnet. Hauptsitz der Organisation ist Abu Dhabi in den Vereinigten Arabischen Emiraten.

Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (CCS)
Prozess, bei dem CO_2 aus Verbrennungsprozessen bei der Energieerzeugung oder aus industriellen Prozessen abgetrennt, zu einem Speicherort transportiert und eingelagert wird. Ziel ist es, das CO_2 langfristig von der Atmosphäre zu isolieren.

Kohlendioxidäquivalente (CO_2eq)
Kohlendioxidäquivalente sind ein Maß dafür, wieviel ein Gasgemisch zum Treibhauseffekt beiträgt. Dafür wird mit Hilfe des Umrechnungsfaktors Global Warming Potential die Klimawirksamkeit anderer Treibhausgase als CO_2-Menge ausgedrückt. Dadurch können alle Treibhausgase in einer Einheit erfasst und in ihrer Wirkung miteinander verglichen werden.

Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung 2012 (UNCSD 2012)
Zwanzig Jahre nach der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED, auch Erdgipfel von 1992 genannt) wird im Jahr 2012 die Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung (United Nations Conference on Sustainable Development 2012, auch „Rio+20-Konferenz") stattfinden. Die Konferenz hat die beiden Schwerpunkte „Green economy in the context of sustainable development and poverty eradication" und „Institutional framework for sustainable development". UNCSD 2012 wird wie UNCED 1992 erneut in Rio des Janeiro stattfinden.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
In Anlagen mit KWK wird aus dem eingesetzten Brennstoff nicht nur Strom erzeugt, sondern gleichzeitig auch die Abwärme genutzt. Die dabei anfallende Wärme wird beispielsweise als Heizungswärme eingesetzt (Fernwärme). In der Industrie kann sie für wärmeabhängige Produktionsprozesse genutzt werden. Ein Beispiel für die KWK ist das Blockheizkraftwerk.

Lastmanagement
Abgleich von Angebot und Nachfrage bei der Stromversorgung durch Management der Nachfrage. Zeitlich flexible Verbraucher werden so gesteuert, dass sie vor allem zu Zeiten hoher Stromproduktion Energie nachfragen. Der Einsatz von Erzeugungs- und Lastmanagement (z.B. durch die Nutzung → intelligenter Netze) hilft, die Fluktuationen in der Stromversorgung zu glätten. Potenziale für Lastmanagement werden im Bereich der Industrieproduktion, im Handel und im privaten Haushaltsbereich gesehen.

Leitplanken, planetarische
Planetarische Leitplanken sind ein Konzept des WBGU, das quantitativ definierte Schadensgrenzen beschreibt, deren Überschreitung nicht tolerierbare oder gar katastrophale Folgen hätte. Ein Beispiel ist die Klimaschutzleitplanke, nach der eine Erhöhung der global gemittelten Temperatur um mehr als 2 °C, bezogen auf den vorindustriellen Wert, verhindert werden soll. Nachhaltige Entwicklungspfade verlaufen innerhalb des durch die planetarischen Leitplanken eingegrenzten Bereichs. Dahinter steht die Einsicht, dass es kaum möglich ist, eine wünschenswerte, nachhaltige Zukunft im Sinne eines zu erreichenden Zustands zu definieren. Man kann sich aber auf die Abgrenzung eines Bereichs einigen, der als inakzeptabel anerkannt wird und den die Gesellschaft vermeiden will. Die Einhaltung der Leitplanken ist ein notwendiges, aber nicht hinreichendes Kriterium für Nachhaltigkeit.

Lernkurve
Veränderung des Verhältnisses zwischen Aufwand/Kosten und Ertrag mit zunehmender Ausübung eines Produktionsprozesses bzw. mit zunehmender Ausbringungsmenge eines Produktes. Gründe für eine Verbesserung des Verhältnisses zwischen Aufwand und Ertrag sind Routinegewinne, technischer Fortschritt, sparsamere Verwendung von Produktionsfaktoren und Skaleneffekte, d.h. Kostenersparnisse aufgrund höherer produzierter Stückzahlen.

Lock-in-Effekt (Einschließungseffekt)
Der Lock-in-Effekt beschreibt das Verharren in einer bestimmten Situation aufgrund der Entscheidung für

eine bestimmte Technologie. Eine Veränderung der Situation ist aufgrund hoher (Anfangs-)Investitionen (versunkene Kosten, sunk costs) oder anderer struktureller Begrenzungen unwirtschaftlich oder organisatorisch nicht zu leisten. Beispielsweise kann es zum Lock-in bestimmter Technologien kommen (→ Pfadabhängigkeit), wenn der spätere Wechsel zu alternativen Technologien hohe Kosten verursacht oder gesamte Produktionsketten sowie gesellschaftliche Strukturen angepasst werden müssten.

Multilateralismus
Institutionalisierte Kooperation der Staaten in internationalen Organisationen (wie der UN) oder sonstigen Regelwerken (z. B. Konventionen). Unilateralimus bezeichnet demgegenüber eine einseitige, an den nationalen Interessen eines Staates ausgerichtete Politik. Hier werden multilaterale Problemlösungen nur insoweit genutzt, als sie zur Wahrung der eigenen Interessen notwendig erscheinen.

Multipolare Weltordnung
Begriff für eine durch die Konkurrenz mehrerer großer Mächte im internationalen System geprägte Weltordnung. Sie steht im Gegensatz zur Unipolarität, in der ein übermächtiger Akteur (Hegemon) die globale Politik bestimmt. Der internationale Systemkonflikt zwischen Ost und West während des Kalten Krieges repräsentierte eine von den USA und der Sowjetunion dominierte bipolare Weltordnung.

Nachhaltige Entwicklung
1987 von der Brundtland-Kommission als Entwicklung definiert, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen. Heute existiert eine Vielzahl von Nachhaltigkeitsdefinitionen. Allen gemeinsam ist der Anspruch, dass ökonomische, soziale und umweltverträgliche Entwicklung gleichzeitig voran getrieben werden müssen.

Nudges
Englisches Wort für „Schubser". Begriff, der im Zusammenhang mit dem „libertären Paternalismus" von Richard Thaler und Cass Sunstein geprägt wurde. Nudges beschreiben die bewusste Gestaltung von Entscheidungssituationen, so dass die Entscheidungen des Einzelnen in eine bestimmte (für ihn vorteilhafte) Richtung gelenkt wird, beispielsweise durch die Vorgabe einer Option mit Ausstiegsmöglichkeit. Dahinter steckt die Erkenntnis, dass Individuen nicht immer rationale Entscheidungen unter Abwägung aller relevanten Informationen treffen können, da dies mit hohen Transaktionskosten und kognitivem Aufwand verbunden ist.

Ökosystemleistungen
Ökosystemleistungen sind Vorteile, die Menschen von Ökosystemen haben. Dies sind u. a. Versorgungsleistungen wie Nahrung oder Wasser, Regulierungsleistungen wie Überflutungsschutz oder Schutz vor der Ausbreitung von Krankheiten, kulturelle Leistungen oder Erholungsleistungen und unterstützende Leistungen wie der Nährstoffkreislauf, die die Lebensbedingungen auf der Erde erhalten.

Pfadabhängigkeit
Situation, in der eine laufende Entwicklung durch historische Entwicklungen oder Entscheidungen bestimmt wird und damit einem Pfad folgt, dessen Struktur sich im Lauf der Zeit verfestigt (→ Lock-in-Effekt). Dass sich beispielsweise eine Technologie gegenüber einer anderen am Markt durchsetzt, ist nicht unbedingt auf ihre Überlegenheit zurückzuführen, sondern kann das Ergebnis historischer Zufälligkeiten und eines sich selbst verstärkenden Prozesses sein. Die Kosten der „traditionellen" Technik sind im Vergleich zu den Anfangsinvestitionen einer neuen Technologie niedrig, da Lerneffekte bei der Anwendung genutzt wurden und man auf kompatible Techniken und Standards zurückgreifen kann.

Pioniere des Wandels (Change Agents)
Als Pioniere des Wandels werden in der Diffusions-, Innovations- und Transitionsforschung Akteure bezeichnet, denen bei der Initiierung und Gestaltung von Veränderungsprozessen eine zentrale Bedeutung zukommt. Meistens handelt es sich dabei zunächst um einzelne Personen und kleine Gruppen, die in Transformationsprozessen verschiedene Aufgaben oder Funktionen erfüllen. Dazu zählen die Identifikation von Alternativen, Entwicklung, Kommunikation und Mediation, Synthese, Investieren, Optimierung, Verbreitung usw.

Primärenergie
→ Kasten 4.1-2

Rio+20-Konferenz
→ Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung 2012

Schwellenländer
Länder, die in kurzer Zeit einen erfolgreichen Prozess der Industrialisierung oder wirtschaftlichen Entwicklung durchlaufen und „an der Schwelle" zum Industrieland stehen. Soziale Entwicklungsindikatoren wie die Alphabetisierungsrate, Säuglingssterblichkeit oder

Lebenserwartung können dabei z.T. weit hinter den wirtschaftlichen Indikatoren zurückbleiben. Im Kontext antizipierbarer globaler Machtverschiebungen prägte die Goldman Sachs Gruppe im Jahr 2001 den Begriff der BRIC(S)-Staaten (zunächst Brasilien, Russland, Indien, China, seit 2010 auch Südafrika) mit Blick auf die künftigen Wachstumspole der Weltwirtschaft. Im Kontext der internationalen Klimapolitik wird häufig auf die BASIC-Staaten (Brasilien, Südafrika, Indien, China) Bezug genommen.

Smart-Grid
→ intelligente Netze

Super-Grid
→ Hochleistungsnetz

Supranationalität
Charakterisiert einen bestimmten Typ von Staatenverbindung, der stark von der herkömmlichen Kooperation souveräner Staaten abweicht und daher mit „Überstaatlichkeit" umschrieben werden kann. Die Besonderheit der Supranationalität liegt darin, dass einer zwischenstaatlichen Einrichtung die Kompetenz zum Erlass von Rechtsakten eingeräumt wird, die unmittelbar in den innerstaatlichen Bereich der beteiligten Staaten hineinwirken. Dies ist nur möglich, weil die Mitgliedstaaten der zwischenstaatlichen Einrichtung unter Zurückdrängung ihrer eigenen Rechte Hoheitsrechte übertragen haben. Beispiel für eine supranationale Organisation ist die EU.

Transformation (Transition)
Die Begriffe beziehen sich auf Form und Verlauf eines Übergangs oder einer Veränderung, sind aber in unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen (u.a. Genetik, Mathematik, Linguistik, Technik) verschieden besetzt und definiert. Der WBGU rekurriert im vorliegenden Gutachten vor allem auf die sozialwissenschaftliche Transitionsforschung, die auf die Analyse politischer Systemwechsel fokussiert, als Zweig der vergleichenden Regierungslehre in der Regel bezogen auf den Übergang von autoritären Regimen zu Demokratien. Der Begriff der Transformation konkurriert hierbei u.a. mit dem häufig synonym verwendeten Begriff der Transition. Gegenstand der Analyse sind dabei stets weitreichende Prozesse gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Wandels (vgl. → Große Transformation).

UNCSD 2012
→ Konferenz der Vereinten Nationen über nachhaltige Entwicklung 2012

Wirtschaftswachstum
Zunahme der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft, gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt, d.h. an der Zunahme des Werts aller in der Volkswirtschaft innerhalb eines bestimmten Zeitraums produzierten Güter und Dienstleistungen im Vergleich zu einem Referenzzeitraum, bewertet in Marktpreisen. Reales Wirtschaftswachstum basiert beispielsweise auf einer besseren Auslastung bestehender Produktionskapazitäten, auf einer Erweiterung der Produktionskapazitäten oder auf einer Verbesserung der Qualität der hergestellten Produkte.

Erratum

Die Angaben in diesem Erratum wurden in der elektronischen Version bereits korrigiert. Stand November 2013.

Die Tabellen auf den Seiten 121 und 122 enthalten fehlerhafte Werte und werden durch die folgenden Tabellen ersetzt.

Tabelle 4.1-2
Globale Energievorkommen fossiler und nuklearer Quellen. Erhebliche Unsicherheit besteht in der Abschätzung von Reserven und Ressourcen.
Quelle: Die hier präsentierten repräsentativen Zahlen sind Schätzungen des WBGU basierend auf GEA, 2011

	Historische Produktion bis 2008	Produktion im Jahr 2008	Reserven	Ressourcen	Weitere Vorkommen
	[EJ]	[EJ]	[EJ]	[EJ]	[EJ]
Konventionelles Öl	6.500	170	6.350	4.967	
Unkonventionelles Öl	500	23	3.800	34.000	47.000
Konventionelles Gas	3.400	118	6.000	8.041	
Unkonventionelles Gas	160	12	42.500	56.500	490.000
Kohle	7.100	150	21.000	440.000	
Gesamt: fossile Quellen	17.660	473	79.650	543.507	537.000
Konventionelles Uran	1.300	26	2.400	7.400	
Unkonventionelles Uran				4.100	2.600.000

Tabelle 4.1-3
Potenzielle Emissionen als Folge der Nutzung der fossilen Reserven und Ressourcen. Dargestellt ist zudem deren Potenzial, die 2 °C-Leitplanke zu gefährden. Diese Gefährdung ist als Faktor ausgedrückt, mit dem die bei vollständiger Nutzung der jeweiligen Reserven und Ressourcen entstehenden CO_2-Emissionen das bis 2050 zulässige Emissionsbudget von 750 Gt CO_2 aus fossilen Quellen (Kasten 1.1-1) überschreiten würden. Die Zahlen beziehen sich allein auf CO_2, andere Treibhausgase sind nicht berücksichtigt. Sie basieren auf den Werten von Tabelle 4.1-2.
Quelle: basierend auf Tabelle 4.1-2 und GEA, 2011

	Historische Produktion bis 2008	Produktion im Jahr 2008	Reserven	Ressourcen	Weitere Vorkommen	Summe: Reserven, Ressourcen und weitere Vorkommen	Faktor mit dem allein diese Emissionen das 2 °C-Emissionsbudget überschreiten
	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	[Gt CO_2]	
Konventionelles Öl	505	13	493	386	–	879	1
Unkonventionelles Öl	39	2	295	2.640	3.649	6.584	9
Konventionelles Gas	192	7	339	455	–	794	1
Unkonventionelles Gas	9	1	2.405	3.197	27.724	33.325	44
Kohle	666	14	1.970	41.277	–	43.247	58
Gesamt: Fossile Energieträger	1.411	36	5.502	47.954	31.373	84.829	113

Erratum

In Kapitel 1.2.5 auf Seite 63 in der linken Spalte wurde versehentlich eine falsche Angabe übernommen. Im zweiten Absatz muss es bei der Flächenangabe „Milliarden“ heißen anstatt „Millionen“:

„In den letzten Jahrzehnten hat die Zunahme der landwirtschaftlichen Produktion das Bevölkerungswachstum überkompensiert (IAASTD, 2009). Dabei hat sich die landwirtschaftlich genutzte Fläche kaum vergrößert (von 1,4 auf 1,5 **Mrd.** ha, 1950–2005), …“

Welt im Wandel
Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation

Der WBGU begründet in diesem Bericht die dringende Notwendigkeit einer globalen Transformation zur klimaverträglichen Gesellschaft. Er zeigt zugleich ihre Machbarkeit und präsentiert zehn konkrete Maßnahmenbündel zur Beschleunigung des erforderlichen Umbaus. Damit diese Große Transformation gelingen kann, muss die Menschheit gemeinsame Verantwortung für die Vermeidung eines gefährlichen Klimawandels übernehmen. Dazu sollte ein neuer Gesellschaftsvertrag zwischen Staat und Bürgerschaft geschlossen werden.

„Das neue WBGU-Gutachten ‚Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation' erscheint zu einer Zeit, in der die Völker dieser Welt sich zunehmend zu einer nachhaltigen und klimaverträglichen Zukunft bekennen. Die Studie zeigt, dass dies nur gelingen kann, wenn Staaten, Unternehmen und die gesamte Zivilgesellschaft gemeinsam die richtigen Weichen stellen und alle Mittel der regionalen, nationalen und globalen Zusammenarbeit ausschöpfen. Dafür verdient dieses Buch breite Beachtung."

Christiana Figueres
Exekutivsekretärin der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC)

9 783936 191387

ISBN 978-3-936191-38-7