

Bode, Sven et al.

## Research Report

Klimawandel. HWWI (Teil A): Klimawandel und Wirtschaft. Berenberg Bank (Teil B): Probleme, Herausforderungen und Strategieansätze aus der Sicht von Unternehmen und Investoren

Strategie 2030 - Vermögen und Leben in der nächsten Generation, No. 5

## Provided in Cooperation with:

Hamburg Institute of International Economics (HWWI)

*Suggested Citation:* Bode, Sven et al. (2007) : Klimawandel. HWWI (Teil A): Klimawandel und Wirtschaft. Berenberg Bank (Teil B): Probleme, Herausforderungen und Strategieansätze aus der Sicht von Unternehmen und Investoren, Strategie 2030 - Vermögen und Leben in der nächsten Generation, No. 5, Berenberg Bank und Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI), Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/102542>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



Hamburgisches  
WeltWirtschafts  
Institut

# KLIMAWANDEL

## Strategie 2030

VERMÖGEN UND LEBEN IN  
DER NÄCHSTEN GENERATION.

— EINE INITIATIVE —

— DES HAMBURGISCHEN —

WELTWIRTSCHAFTSINSTITUTS

UND DER BERENBERG BANK

*Privatbankiers*  *gegründet 1590*

**BERENBERG BANK**

*Joh. Berenberg, Gossler & Co. AG*





Hamburgisches  
WeltWirtschafts  
Institut

## **Klimawandel**

### **HWWI (Teil A)**

Klimawandel und Wirtschaft

### **Berenberg Bank (Teil B)**

Probleme, Herausforderungen und Strategieansätze  
aus der Sicht von Unternehmen und Investoren

## **Strategie 2030**

VERMÖGEN UND LEBEN IN  
DER NÄCHSTEN GENERATION.  
— EINE INITIATIVE —  
— DES HAMBURGISCHEN —  
WELTWIRTSCHAFTSINSTITUTS  
UND DER BERENBERG BANK

*Privatbankiers*  *gegründet 1590*

**BERENBERG BANK**

*Joh. Berenberg, Gossler & Co. K.G.*

»Berenberg Bank · HWWI: Strategie 2030 – Klimawandel«  
ist eine gemeinsame Studie der  
Berenberg Bank · Neuer Jungfernstieg 20 · 20354 Hamburg und des  
HWWI Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut · Heimhuder Straße 71 · 20148 Hamburg

Autoren:

Dr. Sven Bode, Dr. Silvia Stiller, Jan Wedemeier (Teil A)  
Cornelia Koller, Wolfgang Pflüger, Julian Blohmke (Teil B)  
Stand: September 2007

Wir haben uns bemüht, alle in dieser Studie enthaltenen Angaben sorgfältig zu recherchieren und zu verarbeiten. Dabei wurde zum Teil auf Informationen Dritter zurückgegriffen. Einzelne Angaben können sich insbesondere durch Zeitablauf oder infolge von gesetzlichen Änderungen als nicht mehr zutreffend erweisen. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität sämtlicher Angaben kann daher keine Gewähr übernommen werden.

Bezug über:

Berenberg Bank · Öffentlichkeitsarbeit  
Neuer Jungfernstieg 20 · 20354 Hamburg  
Telefon (040) 350 60-710 · Telefax (040) 350 60-907 · e-Mail: [presse@berenberg.de](mailto:presse@berenberg.de)

## Strategie 2030 – Vermögen und Leben in der nächsten Generation

**»Wenn der Mensch nicht über das nachdenkt,  
was in ferner Zukunft liegt,  
wird er das schon in naher Zukunft bereuen.«**

(KONFUZIUS, CHINESISCHER PHILOSOPH, 551–479 v. CHR.)

Die Welt steht vor einer Zeitenwende. Große makroökonomische und geopolitische Trends werden das Leben und Wirtschaften der Menschheit in der nächsten Generation verändern!

Dazu zählen die neue Dimension religiös motivierter terroristischer Bedrohung westlicher Demokratien, die mit der Erweiterung der Europäischen Union verbundene Einführung des Euro als nationalstaatlich übergreifende Gemeinschaftswährung, die Entstehung neuer wirtschaftlicher Schwergewichte in Asien (Volksrepublik China, Indien) mit unausweichlichen Folgen für Rohstoff- und Kapitalmärkte, die Herausforderungen einer rapide alternden Bevölkerung in vielen Industrienationen mit all ihren Konsequenzen für Staatsfinanzen, Sozialsysteme, Arbeitsorganisation, Standortentscheidungen etc. oder der Klimawandel.

Dies alles vollzieht sich vor dem Hintergrund fortgesetzter Technologiesprünge in einer sich globalisierenden Wirtschaft. In der Folge finden politische, gesellschaftliche, technologische und wirtschaftliche Veränderungen immer rascher statt. Mehr noch: Sie beeinflussen sich wechselseitig – mal verstärkend, mal aber auch bremsend – und werden so in der Wahrnehmung der Menschen immer komplexer, auch im Sinne von weniger greifbar. Dies gilt umso mehr, als sie weit in die Zukunft reichen, im Fall des demografischen Wandels sogar generationenübergreifend wirken.

Trotz aller Unsicherheit – eines ist klar: Politiker, unternehmerisch Handelnde und Privatpersonen müssen sich diesem tief greifenden Wandel planerisch und gestalterisch stellen.

So dürfte es ein lohnendes Unterfangen sein, nach Orientierung gebenden Wegweisern zu suchen, sie als solche zu identifizieren und mögliche Wegstrecken sowie Zielorte zu beschreiben. Diesem Versuch dient die gemeinsam vom Hamburgischen WeltWirtschaftsInstitut (HWWI) und der Berenberg Bank getragene Schriftenreihe »Strategie 2030 – Vermögen und Leben in der nächsten Generation«. Sie vereint die Expertise von über unsere Landesgrenzen hinaus anerkannten Konjunkturforschern mit den umfassenden Erfahrungen eines führenden in der Vermögensverwaltung tätigen Privatbankhauses.

Wir wünschen den Lesern eine anregende und nützliche Lektüre!

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung Teil A	8
1. Einleitung	9
2. Klimawandel	10
2.1 Grundlagen des Klimawandels	10
2.2 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen	11
2.3 Auswirkungen des Klimawandels	14
2.4 Handlungsoptionen: Anpassung und Vermeidung	20
3. Klimapolitik und -instrumente	22
3.1 Von der Kenntnis des Klimawandels zu konkreten Emissionszielen	22
3.2 Flexibler Mechanismus zur Erreichung der Emissionsziele	22
3.3 Industrieanlagen im EU-Emissionshandelssystem	25
3.4 Klimapolitische Instrumente im Verkehrssektor	26
3.5 Klimapolitische Instrumente für private Haushalte	29
3.6 Aktueller Stand des internationalen Klimaregimes	30
3.7 Offene Fragen für die Zeit nach 2012	31
4. Entwicklung der Preise für Emissionsrechte	35
4.1 Treffsicherheit von Preisprognosen in der Vergangenheit	35
4.2 Einflussfaktoren für die zukünftige Preisentwicklung von Emissionsrechten	37
5. Produktion alternativer Energien	39
Literatur- und Quellenverzeichnis Teil A	99

Zusammenfassung Teil B	46
1. Die Folgen der Erderwärmung gehen alle an	48
2. Die Bedeutung des Klimawandels aus Kapitalmarktsicht	50
2.1 Investoren machen Druck	50
2.2 Wie groß ist der »Markt« für Klimaschutz?	51
3. Branchen im Kohlendioxid-Dilemma – Gewinner und Verlierer	52
3.1 Land- und Forstwirtschaft	52
3.1.1 Vom Agrar- zum Energie-Wirt	52
3.1.2 Wälder als CO <sub>2</sub> -Senken und alternative Anlageklasse	55
3.1.2.1 So wirkt der Temperaturanstieg	55
3.1.2.2 Verfügbarkeit und Nachfrageentwicklung	56
3.1.2.3 Wälder als alternative Anlageklasse	57
3.2 Energieversorgungsunternehmen vor grundlegendem Wandel	59
3.2.1 Der Markt für erneuerbare Energien	60
3.2.2 Erneuerbare Energien aus Kapitalmarktsicht	62
3.2.3 Konventionelle Kraftwerksbetreiber unter Druck	63
3.3 Versicherungsunternehmen – Risiken werden neu verteilt	66
3.4 Bausektor: ein Pullover für das Haus – technischer Küstenschutz für das Land	68
3.4.1 Wohnungsbau: im Zeichen von Energiespar- und Wetterschutzmaßnahmen	69
3.4.1.1 Wärmedämmung wird zum A und O	69
3.4.1.2 Das wasserfeste Haus ist gefragt	71
3.4.2 Öffentlicher Bau: planen unter Unsicherheit	71
3.4.2.1 Küstenschutz ist Gebäudeschutz	71
3.4.2.2 Regen- und Hochwassermanagement	72
3.4.3 Konsequenzen für Investoren und Unternehmen	73
3.5 Tourismus und Freizeit vor dem (Klima-)Wandel	74
3.5.1 Wintersaison: Schnee wird zum knappen Gut	74
3.5.2 Sommersaison: Gesundheit contra Urlaubsfreude	75
3.5.3 Konsequenzen für Investoren und Unternehmen	76
3.5.3.1 Rügen: das neue Mallorca Europas?	76
3.5.3.2 Strategiewechsel ist gefragt	77

3.6	Pharmaindustrie – Das Klima schlägt auf die Gesundheit	78
3.6.1	Ernst zu nehmende Gefahr – Krankheiten wie in den Tropen?	78
3.6.2	Wachsende Gefahr: »Hitzetod«	79
3.6.3	Schleichende Gefahr: mangelnde Hygiene	80
3.6.4	Konsequenzen für Unternehmen und Investoren	80
3.7	Verkehr – Technologie – Utopie	81
3.7.1	Verkehr ... und wieder kommt die Infrastruktur ins Spiel	81
3.7.2	Effizienztechnologie wird zur neuen Schlüsselbranche	82
3.8	Automobilindustrie/Transportsektor	86
3.8.1	Wachsende Weltbevölkerung und steigende Mobilität	86
3.8.2	Eindämmung der Emissionen klimaschädlicher Gase	86
3.8.2.1	Emissionen aus dem Transportsektor	87
3.8.2.2	Neue Rahmenbedingungen zur Reduzierung der Emissionen durch den Gesetzgeber	87
3.8.3	Wandel im Automobilsektor	88
3.8.4	Chancen für die Fahrzeughersteller	90
3.8.5	Langfristige Eindämmung der Emissionen durch Innovation	91
3.8.6	Schmutzige Schifffahrt	91
3.8.7	Luftbelastung durch die Luftfahrt	92
3.9	Chemie: Umweltsünder oder Umweltschützer?	93
3.9.1	Energieintensiver Chemiesektor	93
3.9.2	Chemikalien schützen das Klima	94
3.10	Zement – eine belastende Beimischung	95
3.10.1	Luftbelastung durch die Produktion von Zement	95
3.10.2	Klimaschutzansätze und Wachstum in der Zementbranche	96
	Literatur- und Quellenverzeichnis Teil B	101

Teil A

Klimawandel und Wirtschaft

**HWWI**

## Zusammenfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Ursachen des Klimawandels und gibt einen Überblick über mögliche Konsequenzen der sich ändernden klimatischen Bedingungen, ohne jedoch ein vollständiges Lösungsschema für den Umgang mit den Herausforderungen des vom Menschen verursachten Klimawandels präsentieren zu können. Von besonderer Relevanz hinsichtlich potentieller sozioökonomischer Auswirkungen des Klimawandels ist, dass diese regional höchst unterschiedlich ausfallen werden. Dies gilt sowohl für Regionen in unterschiedlichen Teilen der Erde als auch für unterschiedliche Regionen innerhalb von Ländern, auch in Deutschland. Handlungsmöglichkeiten zur Reduktion der potentiellen negativen Effekte des Klimawandels lassen sich grundsätzlich in die Anpassung an den Klimawandel sowie die Vermeidung von Treibhausgasemissionen unterscheiden, wobei auf Grund der Trägheit des Klimasystems die Anpassung an die negativen Auswirkungen des Klimawandels in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Denn selbst wenn es gelänge, auf Basis eines globalen Konsenses die Treibhausgasemissionen kurzfristig massiv zu senken, würde der Klimawandel über viele Jahrzehnte bzw. Jahrhunderte weiter voranschreiten. Unter den Politiken und Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgase nimmt der Emissionshandel eine immer bedeutendere Rolle ein. Eine detailliertere Analyse des Instruments zeigt, dass trotz der klaren theoretischen Fundierung des Konzepts eine Vorhersage der mittel- bis langfristigen Preise von Emissionsrechten schwierig bleibt. Zu sehr stehen wesentliche Parameter wie Emissionsziele oder Vermeidungskosten in einem komplexen Wirkungsgefüge und unter dem Einfluss der politischen Ökonomie.

# 1. Einleitung

*»Our actions now and over the coming decades could create risks of major disruption to economic and social activity, on a scale similar to those associated with the great wars and the economic depression of the first half of the 20<sup>th</sup> century. And it will be difficult or impossible to reverse these changes.«*

Stern Review (2006)

Der obige Ausschnitt aus dem Bericht des ehemaligen Chefökonom der Weltbank Niclas Stern macht einmal mehr deutlich, vor welcher Herausforderung die Menschheit angesichts des Klimawandels und seiner negativen Auswirkungen steht. Zwar liefert der Bericht wenige bzw. keine neuen Erkenntnisse. Er fasst vielmehr hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels den bisherigen Kenntnisstand pointiert zusammen, sodass klar wird, dass die Menschheit jetzt gemeinsam handeln muss. Was aber sind die Ursachen für den Klimawandel? Welche Konsequenzen wird der Klimawandel haben? Wer ist wie daran beteiligt und welche Handlungsoptionen bestehen?

Die vorliegende Studie gibt Antworten auf diese Fragen, ohne jedoch ein vollständiges Lösungsschema für den Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels präsentieren zu können. Hierfür ist die Materie zu komplex. Zwar bietet die neoklassische Umweltökonomie mit dem Optimierungsansatz »Grenznutzen gleich Grenzkosten« einen theoretischen Ansatz zur Lösung des Problems. Sie berücksichtigt allerdings weder die politische Ökonomie, in der wir leben, noch kann sie die in der Klimapolitik regelmäßig diskutierte Frage nach Gerechtigkeit beantworten.

Insofern besteht das Ziel des ersten Teils der Studie darin, die wichtigsten Zusammenhänge aufzuzeigen und dem Leser somit ein besseres Verständnis des Problems zu ermöglichen. Es folgt zunächst eine technisch-naturwissenschaftliche Einführung in die Thematik »Klimawandel«. Auf dieser Basis können bzw. müssen politische Entscheidungen getroffen werden. Diese werden im anschließenden Kapitel diskutiert. Da der Handel mit Emissionsrechten sowohl auf Staaten- wie auch auf Unternehmensebene zum vorherrschenden Politikinstrument wird, gibt Kapitel 4 eine Einführung in die Entwicklung von Preisen für diese Rechte. Emissionsrechte werden in Zukunft das Verhalten von nahezu allen Akteuren unserer Gesellschaft beeinflussen. Abschließend befasst sich Kapitel 5 mit der Produktion alternativer Energien.

## 2. Klimawandel

### 2.1 Grundlagen des Klimawandels

Der Begriff »Klimawandel« gewinnt in jüngster Zeit sowohl in der wissenschaftlichen als auch in der politischen Diskussion zunehmend an Bedeutung. Die Verwendung des Begriffs ist allerdings etwas unglücklich. Das Klima hat sich seit der Entstehung der Atmosphäre gewandelt und wird es auch in Zukunft.<sup>1</sup> Besorgniserregend sind vielmehr die Geschwindigkeit und die Ursachen für den derzeit wahrnehmbaren Wandel, wie der exzessive Ausstoß von Treibhausgasen (THG) durch den Menschen.

Der für den Klimawandel verantwortliche Treibhauseffekt ist weder gefährlich noch unbekannt. Ohne ihn wäre Leben auf der Erde unmöglich, weil dann die Durchschnittstemperatur auf der Erde deutlich unter 0 °C läge. Die sogenannten ursächlichen Treibhausgase halten bestimmte, von der Erdoberfläche reflektierte, Strahlen vom Wiederaustritt in das Weltall ab und erwärmen somit die Atmosphäre. Dieser Zusammenhang wurde bereits Anfang des 19. Jahrhunderts vom französischen Mathematiker Fourier entdeckt. 1896 sagte der schwedische Forscher Svante Arrhenius voraus, dass sich die sogenannte Zusammensetzung der Atmosphäre durch die im Rahmen der Industrialisierung zunehmende Verbrennung fossiler Energieträger verändern und daraus eine vom Menschen verursachte Temperaturerhöhung resultieren würde. Der Ort der Emission eines Treibhausgases ist dabei für die Wirkung auf den globalen Klimawandel nicht entscheidend, da sich die Gase in der Atmosphäre verteilen. Im Umkehrschluss ist damit auch der Ort der Vermeidung einer Emission für den Klimaschutz irrelevant, womit sich die Implementierung von Politikinstrumenten wie z. B. Steuern oder Emissionshandelssystemen auf globaler Ebene motivieren lässt.

Die Möglichkeit eines anthropogenen Klimawandels<sup>2</sup> ist seit Svante Arrhenius bekannt. Dennoch dauerte es bis in die 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts, bis der Klimawandel durch Erwähnung eines möglichen »katastrophalen Erwärmungseffekts« in einem Umweltbericht des Generalsekretärs der Vereinten Nationen auf die politische Bühne gehoben wurde. Als Konsequenz nachfolgender alarmierender Studien wurde 1979 die erste Weltklimakonferenz abgehalten. Nach weiteren Konferenzen wurde 1988 schließlich der zwischenstaatliche Ausschuss für Klimawandel, das sogenannte Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), gegründet, um Regierungen fundiertes Wissen zum Klimawandel bereitzustellen. Seitdem hat das IPCC mehrere sogenannte »Sachstandsbericht« veröffentlicht, die die Grundlage der internationalen und nationalen Klimapolitik in vielen Staaten bilden (siehe nächstes Kapitel).

<sup>1</sup> Vgl. Berner/Streif (2000) sowie Glaser (2001).

<sup>2</sup> Mit anthropogenem Klimawandel wird der von Menschen verursachte Klimawandel bezeichnet.

## 2.2 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen

Das IPCC hat inzwischen einen »Korb« von sechs verschiedenen Treibhausgasen identifiziert. Da diese Gase eine unterschiedliche Lebensdauer in der Atmosphäre haben, ist die Klimawirksamkeit einer bestimmten Menge der verschiedenen Gase unterschiedlich. Um diese dennoch vergleichen zu können, wurden durch einen politischen Beschluss die sogenannten »Treibhausgaspotentiale« für eine Referenzperiode von 100 Jahren mit Kohlendioxid als Bezugsgas bestimmt (siehe Abbildung 1). Der Emission eines Moleküls Methan wird demnach die gleiche Klimawirksamkeit zugeschrieben wie der von 21 Molekülen Kohlendioxid. Mit Hilfe dieses Ansatzes, auch CO<sub>2</sub>-Äquivalent genannt, lassen sich die verschiedenen Treibhausgase in einem Politikinstrument wie dem Emissionshandel integrieren und somit eine effiziente Reduktion der Gase sicherstellen.

Abbildung 2 zeigt die Quellen für Kohlendioxid, welches das wichtigste Treibhausgas in Deutschland ist. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, entstehen mehr als zwei Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energieträger. In den Entwicklungsländern entsteht der Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen dagegen durch die massive Entwaldung (siehe Abbildung 3B). Ebenso wie die Emissionsquellen unterscheiden sich auch die Emissionen pro Kopf stark von Land zu Land, was im Rahmen der internationalen Klimaverhandlungen regelmäßig die Frage nach einer »gerechten« Verteilung der erlaubten Emissionen aufwirft (siehe Abbildung 4).

### Lebensdauer und Treibhausgas-Potential\*

Gas	Lebensdauer (Jahre)	Treibhausgas-potential
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	variabel	1
Methan (CH <sub>4</sub> )	12	21
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)	114	310
Wasserhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC)	1,5–264	140–11.700
Perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC)	2.600–50.000	6.500–9.200
Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> )	3.200	23.900

\* Zum Verständnis: Ein Molekül Methan hat die Wirkung von 21 Molekülen Kohlendioxid

Abb. 1

Quelle: IPCC (1996).

### Anteile der verschiedenen CO<sub>2</sub>-Quellen an den Gesamtemissionen in Deutschland, 2004

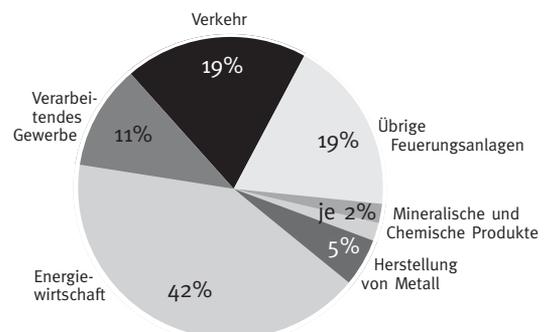


Abb. 2

Quelle: UBA (2006).

## Emissionsprofile von Gasen nach Quellen, 2000

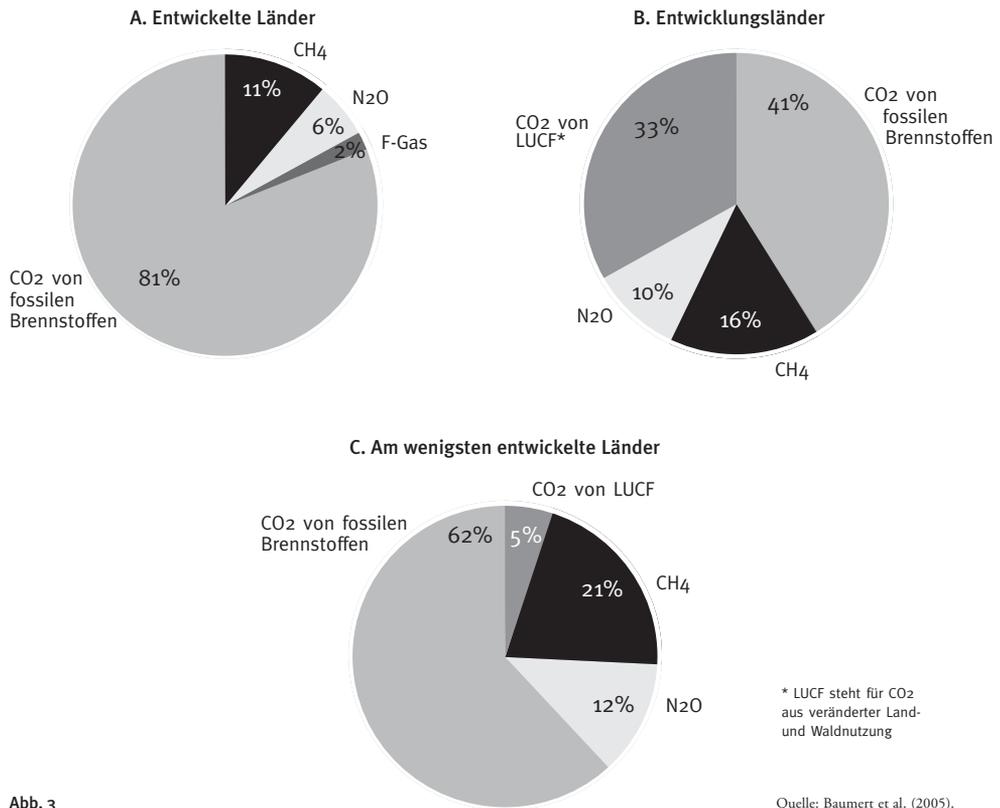


Abb. 3

Quelle: Baumert et al. (2005).

In einem Spezialbericht hat das IPCC (2000) verschiedene Emissionsszenarien für das 21. Jahrhundert vorgestellt. Als Haupttreiber für die Emissionsentwicklung werden der demografische Wandel, die wirtschaftliche und soziale Entwicklung sowie Veränderungsrate und Richtung des technologischen Wandels genannt. Mit diesen Treibern werden vier sogenannte »Storylines« erstellt, die die mögliche Entwicklung in diesem Jahrhundert beschreiben. Als Ergebnisse zeigen sich extrem unterschiedliche mögliche Emissionsniveaus für das Jahr 2100. In dem Extremszenario liegen die Treibhausgasemissionen mehr als sechsmal über dem Niveau von 1990 (siehe Abbildung 5). Vor dem Hintergrund dieser sehr unterschiedlichen Szenarien wird deutlich, dass auch die Aussagen über den möglichen Klimawandel bis zum Ende des Jahrhunderts sehr verschieden sein müssen.

## Emissionen pro Kopf ausgewählter Länder, in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent, 2000

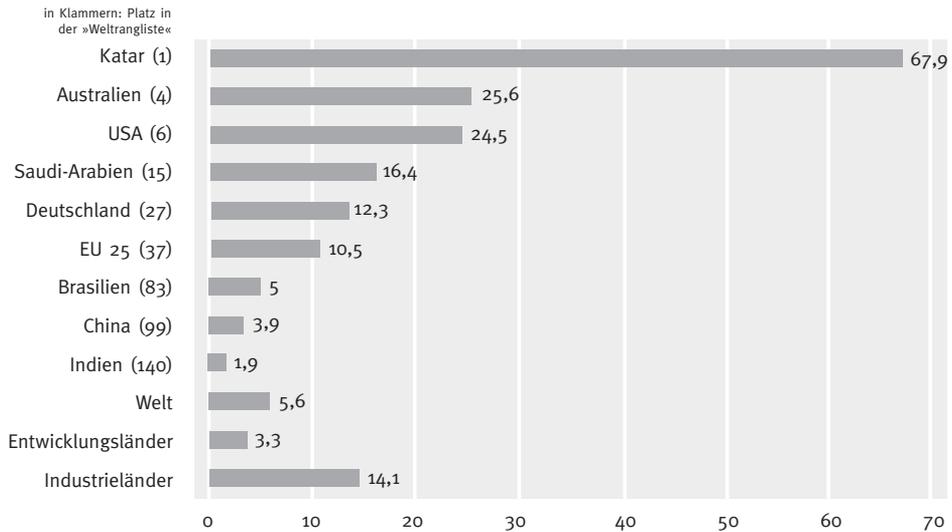


Abb. 4

Quelle: Baumert et al. (2005).

## Szenarien des Klimawandels Maximum und Minimum der Emissionsentwicklung

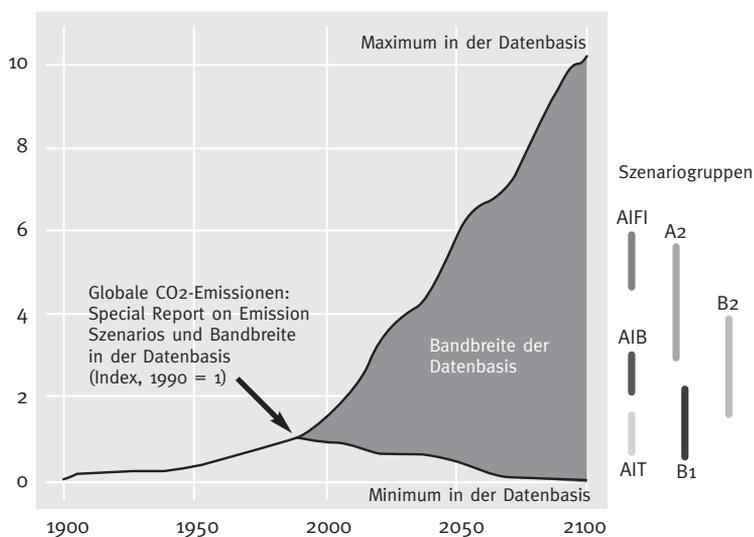


Abb. 5

Quelle: IPCC (2000).

### 2.3 Auswirkungen des Klimawandels

Als Maßgröße für den Klimawandel stehen verschiedene Parameter zur Verfügung, wobei die mittlere globale Oberflächentemperatur als guter Indikator für die Intensität des Klimawandels angesehen wird.<sup>3</sup> Für die zuvor genannten Szenarien des IPCC ergeben sich unterschiedliche Temperaturänderungen bis zum Jahr 2100 mit einem Maximum von plus 5,8 °C im Vergleich zu 1990. Der genaue Zusammenhang zwischen der Änderung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration und dem Temperaturanstieg ist allerdings nicht bekannt. Die Folgen, die sich aus dem Klimawandel ergeben, können dabei in unterschiedlichen Regionen höchst unterschiedlich ausfallen. So werden sich Hitzewellen in schon bereits wärmeren Klimagegenden vermutlich häufen und länger andauern als gegenwärtig. Es gibt z.B. im Mittelmeer Tendenzen zu mehr Trockenheit und Dürren. Ein anderes Beispiel ist, dass durch die steigende Erderwärmung der Meeresspiegel bereits im 20. Jahrhundert global um 17% gestiegen ist (vgl. IPCC 2007b).

Nicht nur Regionen in unterschiedlichen Teilen der Erde – wie die Malediven im Indischen Ozean und die Alpen – werden vom Klimawandel unterschiedlich betroffen sein. Auch innerhalb von Ländern, so beispielsweise in Deutschland, fallen die Klimaveränderungen voraussichtlich regional höchst unterschiedlich aus. So ergeben Simulationsmodelle für die deutschen Küstenregionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts einen relativ geringen Temperaturanstieg. Es besteht in den Küstengebieten jedoch eine hohe aktuelle Vulnerabilität, welche das Schadensrisiko für das »Mensch-Umwelt-System« beschreibt, auf Grund eventuell auftretender starker Sturmfluten.<sup>4</sup> Im Hinblick auf den Niederschlag implizieren die Ergebnisse von Simulationsmodellen bis zum Jahre 2100 Niederschlagssteigerungen von bis zu über 50% während der Wintermonate.<sup>5</sup> In einigen Regionen Ostdeutschlands wird hingegen die Wasserverfügbarkeit abnehmen und dadurch die Gefahr von Dürre steigen. Und in den Alpenregionen könnte sich, bei einem Temperaturanstieg von bis zu 2 °C bis zum Jahre 2050, die Schneegrenze um mehr als 1500 m nach oben verschieben. Für die Alpen besteht insgesamt eine relativ hohe Vulnerabilität, da die Anpassungsfähigkeiten der Natur (z.B. Biodiversität) und des Menschen (z.B. Wintersport und Hochwasser) in dieser Region (Naturraum) stark eingeschränkt sind. Das Mittelgebirge zeigt sich im Trend ohne Anpassungsmaßnahmen nicht stark vulnerabel. Hier ist das Klima, wie in den Küstenregionen und in Nordwestdeutschland, feucht und kühl, sodass sich durch die Erwärmung Potentiale für beispielsweise Landwirtschaft und Tourismus ergeben könnten. In Ballungsräumen hingegen muss mit einer hohen Vulnerabilität für Mensch und Verkehr gerechnet werden.<sup>6</sup> In vielen Städten Europas könnte aufgrund der zunehmenden Anzahl älterer Menschen ein steigender Anteil der Bevölkerung besonders empfindlich auf Hitzewellen reagieren.<sup>7</sup>

<sup>3</sup> Vgl. WGBU (2003).

<sup>4</sup> Vgl. Zebisch et al. (2005), siehe auch Elsner et al. (2005) zum Thema Klimawandel und regionale Wirtschaft in nordwestdeutschen Küstenregionen.

<sup>5</sup> Vgl. UBA (2007).

<sup>6</sup> Vgl. Zebisch et al. (2005).

<sup>7</sup> Vgl. Endlicher (2007).

## Mögliche sozioökonomische und ökologische Entwicklungen bei einem Temperaturanstieg

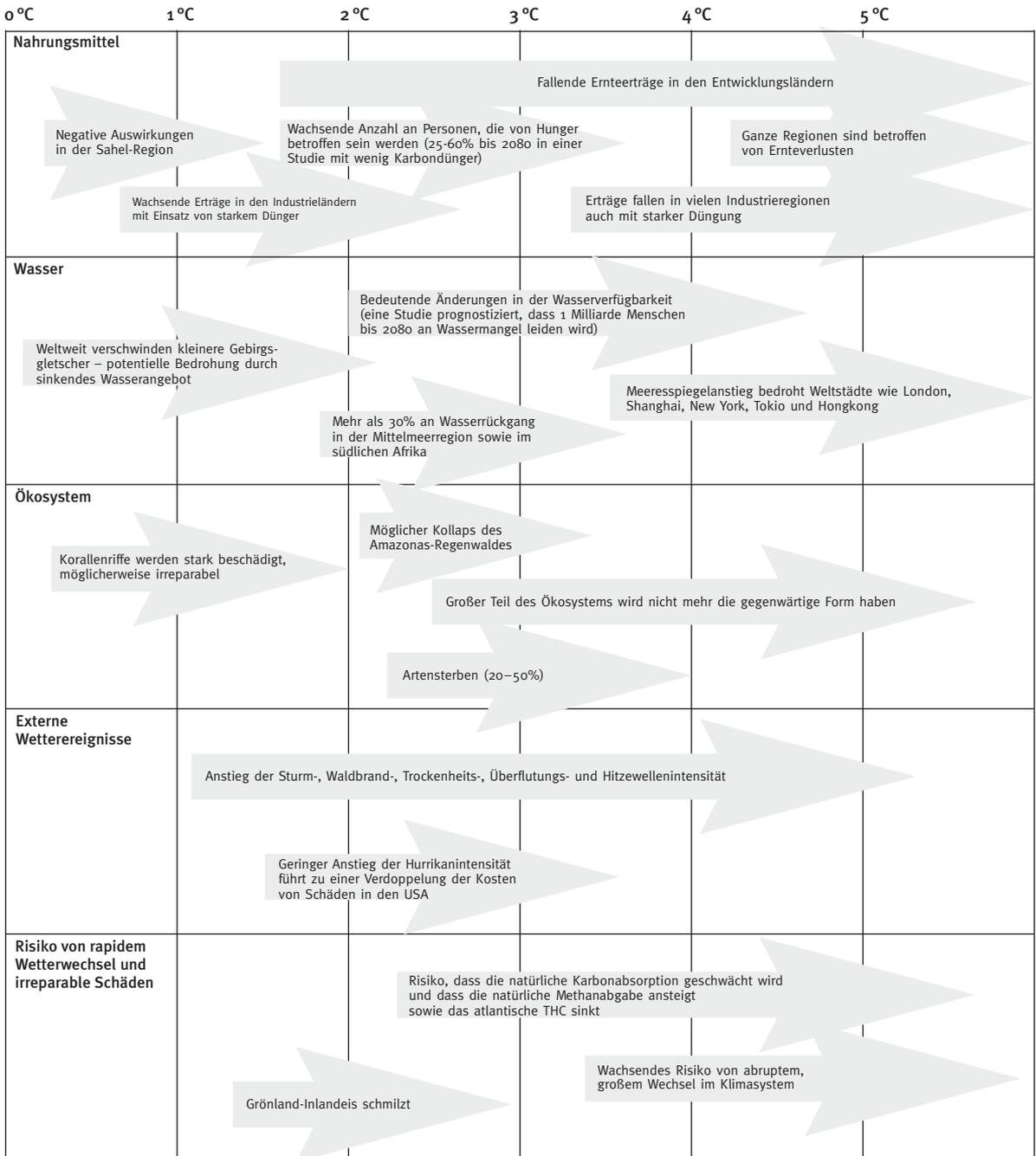


Abb. 6

Quelle: Stern Review (2006).

Abbildung 6 zeigt mögliche sozioökonomische und ökologische Entwicklungen bei einem Temperaturanstieg. Kasten 1 konkretisiert dies bei der Land- und Forstwirtschaft. Auf Grund der langen Zeiträume, die im Kontext des Klimawandels relevant sind, verwundert es nicht, dass die Angaben über die durch den Wandel verursachten Wirkungen und Kosten stark variieren. Das IPCC (2001a, 2007a) hält zunächst fest, dass die aggregierten Effekte des Klimawandels, gemessen als Änderung des Bruttoinlandprodukts, unabhängig vom genauen Ausmaß des Wandels für die zahlreichen Entwicklungsländer, negativ sind. Für Industrieländer dagegen ergeben sich für einen leichten Temperaturanstieg sowohl positive als auch negative Effekte. Für einen stark ausgeprägten Temperaturanstieg sind jedoch auch für die Industrieländer durchweg negativ zu bewertende Auswirkungen wahrscheinlich.

Die Versicherungswirtschaft hat in den letzten Jahrzehnten bereits eine Zunahme der wetterbedingten ökonomischen Verluste um ein Vielfaches registriert.<sup>8</sup> Nach einer Fortschreibung der Trends der Münchener Rückversicherung stiegen in den letzten drei Jahrzehnten die Schäden von extremen Wetterereignissen um das Fünfzehnfache an. Im Jahr 2002 wurden die globalen Schäden von der Münchener Rück auf 55 Mrd. US-\$ beziffert. Die Schäden der Hitzewelle in Europa in 2003 werden mit 10 bis 17 Mrd. Euro angegeben.<sup>9</sup> Neben den direkten ökonomischen Schäden sind aber auch andere Kosten zu bedenken wie z. B. die Veränderungen der landwirtschaftlichen Erträge oder gesundheitliche Aspekte. So kamen 2003 in der Hitzewelle in Europa ca. 35.000 Menschen ums Leben. Werden diese berücksichtigt, dann könnten die kumulierten Kosten bis zum Jahre 2050 bei einem Temperaturanstieg um 1 °C auf bis zu 214 Bill. US-Dollar ansteigen. Im Jahr 2050 selbst könnten die Schäden dann eine Höhe von 2 Bill. US-Dollar annehmen.<sup>10</sup> Der Stern Review gibt die Kosten des Klimawandels mit einem jährlichen Verlust von 5% bis 20% des globalen BIP an.<sup>11</sup> Wie die Auswirkungen, so sind auch die Kosten des Klimawandels regional sehr unterschiedlich.

8 Vgl. IPCC (2001b).  
 9 Vgl. Kempfert (2004).  
 10 Vgl. Kempfert (2002).  
 11 Vgl. Stern Review (2006).

### Klimatrends in Deutschland, Temperatur und Niederschlag über dem statistischen Mittel

Klimaelement	Zeitspanne	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Temperatur, in °C	1891-1990	0,6	0,7	1,2	0,8	0,8
	1901-2000	0,8	1,0	1,1	0,8	1,0
	1961-1990	0,8	0,4	0	1,7	0,7
	1981-2000	1,3	0,7	-0,1	2,3	1,1
Niederschlag, in %	1891-1990	11	0	16	19	9
	1901-2000	13	-3	9	19	9
	1961-1990	-9	-8	10	20	3
	1971-2000	13	4	14	34	16

Abb. 7

Quelle: Jonas et al. (2005).

## Auswirkungen des Klimawandels auf die Land- und Forstwirtschaft

Die Landwirtschaft wird zukünftig besonders stark vom Klimawandel betroffen sein, da durch den beschleunigten anthropogenen Klimawandel verstärkt negative Effekte auf Nutzpflanzen, Vieh und Boden Einfluss nehmen. So ist z.B. damit zu rechnen, dass sich neue Schädlingsarten, Krankheitserreger sowie Pilzkrankheiten bilden und Nutzpflanzen angreifen. Diese werden sich auch in Regionen ausbreiten, in denen sie vorher noch nicht waren, oder verstärkt auftreten. Begünstigt wird diese Ausbreitung insbesondere durch mildere Winter (vgl. Abbildung 7) und generell durch höhere Temperaturen, wodurch der Schädlingsbefall verfrüht im Jahr auftreten kann. Es liegen exemplarische Ergebnisse zum Pilzbefall mit Apfelschorf (der ausschließlich Äpfel befallt) für Baden-Württemberg aus dem Projekt KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) vor. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass vermehrt mit einem (primären) Infektionsrisiko mit Apfelschorf in den Jahren bis 2055 zu rechnen ist.<sup>1</sup> Ein Temperaturanstieg, wie er in den letzten Jahrzehnten stattfand, bedeutet ebenso Hitzestress für Tiere und Pflanzen. So verendeten im Rekordsommer 2003 in Frankreich mehrere Millionen Tiere in nicht klimatisierten Geflügelfarmen. Auch ist die Gewichtszunahme von Vieh bei hohen Temperaturen geringer, was die Fleischqualität zurückgehen lässt.<sup>2</sup> Allerdings stellte der Rekordsommer von 2003, in welchem die Temperatur 3,4°C über dem statistischen Mittel lag, eine Hitzeanomalie dar, welche im Trend der globalen Erwärmung liegt, aber zum Zeitpunkt des Auftretens noch als sehr extrem einzustufen war.<sup>3</sup>

Der Grundwasserspiegel könnte durch lange Hitzeperioden absinken und eine Wasserknappheit verursachen, wovon nicht nur die Landwirtschaft, sondern auch die privaten Haushalte, die Energieerzeuger, das verarbeitende Gewerbe und die Bauwirtschaft indirekt betroffen sein würden. Rosenzweig et al. (2004) stellen in einer Untersuchung von agrarwirtschaftlichen Gebieten in Argentinien, Brasilien, China, Ungarn, Rumänien und den USA fest, dass es bis zum Jahre 2050 zu Anpassungsmaßnahmen in der Bewässerung von Anbauflächen kommen muss, um noch adäquate Ernteerträge zu erzielen. Die Landwirtschaft in diesen untersuchten Gebieten produziert 70% der gegenwärtigen weltweiten Getreideerzeugnisse sowie 90% der weltweiten Sojaerzeugnisse.

Auch die Desertifikation, also die Ausbreitung wüstenartiger Verhältnisse, wird unter einem Temperaturanstieg und auf Grund steigender Bodenbelastung durch die Landwirtschaft und Waldrodung zunehmen. Durch die schon starke Beanspruchung des Bodens werden diese (Boden-)Flächen durch starke Regenfälle beschädigt, was zu Erosionen führt und die Desertifikation beschleunigt. Die Wüstenbildung ist eine Bedrohung, die nicht nur Entwicklungsländer betrifft, sondern ebenso die Schwellen-

Transformations- und Industrieländer. Im Jahre 2005 waren weltweit ca. zwei Milliarden Hektar der Acker- und Weidelandflächen von der Desertifikation betroffen, was etwa 15% der weltweiten Gesamtfläche ausmacht.<sup>4</sup> Dieser Prozess wird sich durch den Klimawandel noch verstärken, vor allem in den Entwicklungsländern. Auch die steigende Brandgefahr in der Wald- und Forstwirtschaft wird die Desertifikation begünstigen.

Inwieweit die Land- und Forstwirtschaft in Deutschland vom Klimawandel betroffen sein wird, hängt stark von der Anpassungsfähigkeit sowie von den regionalen Standorten ab. So ist das Gefährdungspotential, vom Klimawandel betroffen zu sein, im Süden und im Osten Deutschlands größer als im nordwestdeutschen Raum. Hintergrund hierfür ist u.a., dass Süd- und Südwestdeutschland überdurchschnittlich von einem Temperaturanstieg betroffen sein werden und dass der südliche sowie östliche Raum Deutschlands schon heute weniger (Jahres-)Niederschläge zu verzeichnen hat als der norddeutsche Raum.<sup>5</sup> Wenn aber die Temperaturen in Süd- und Südwestdeutschland stärker steigen und die Niederschlagsmenge während der Sommerzeit mäßiger ansteigt bzw. zurückgeht, ergibt sich hieraus ein Wasserdefizit. Für das Bundesland Baden-Württemberg liegen auch hier Ergebnisse einer Klimastudie vor. Die Studie (Projekt KLARA) geht von einem Ertragsrückgang von 14% für Weizen bis zum Jahre 2055 aus. Die Ertragsabnahmen sind mit einem Niederschlagsrückgang während des Sommers zu begründen.<sup>6</sup> Ebenso liegt für das deutsche Elbeinzugsgebiet eine PIK (Potsdam Institute for Climate Impact Research) Studie vor.<sup>7</sup> Bis 2055 wird hier mit einem Ertragsrückgang zwischen 9% und 14% für Roggen, Weizen und Gerste gerechnet. Auch hier sind die Ursachen für den Ertragsrückgang eine zu geringe Wasserverfügbarkeit sowie Hitzestress. Insgesamt wird es in Deutschland vermutlich zu mehr extremen Wetterereignissen kommen, wie es z. B. die Hitzeanomalie von 2003 war, was zu massiven Ernteertragsschwankungen führen wird. Die Höhe der landwirtschaftlichen Schäden für das Hitzejahr 2003 war für die EU insgesamt beträchtlich. Es wurde z.B. für Weizen ein Ernterückgang von 8,4% geschätzt. Die regionalen Diskrepanzen der Weizenerträge waren dabei stark ausgeprägt (Portugal ca. -56%, Frankreich -20,8%, Irland +30,5% und Dänemark +17,6% (jeweils gegenüber 2002)).<sup>8</sup> Wetterextrema können demnach Ackerkulturen stark schädigen und beeinflussen. Sie beeinflussen nicht nur die ökonomischen, sondern auch die ökologischen und gesundheitlichen Faktoren. Eine weitere Bedrohung geht von sogenannten interannuellen Variabilitäten – Klimaschwankungen von Jahr zu Jahr – aus. Diese erschweren es in der Landwirtschaft, eine Anpassung an das Klima vorzunehmen. Zudem könnte ein verstärkter Wassereinsatz in der Landwirtschaft einen Konflikt mit der (Wasser-)Grundversorgung der Bevölkerung entstehen lassen, da während der Hitzeperiode eine relative Wasserknappheit eintreten könnte. Bei C<sub>3</sub>-Pflanzen<sup>9</sup> hingegen führt eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der

Luft zu einer Verringerung des Wasserverbrauchs pro Einheit erzeugter Biomasse, da C<sub>3</sub>-Pflanzen eine verbesserte Wassernutzungseffizienz durch die gestiegene CO<sub>2</sub>-Konzentration aufweisen. Hierdurch könnte es zu einem verringerten Einsatz von Wasserressourcen kommen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration fördert bei C<sub>3</sub>-Pflanzen die Photosynthese, was zu einer Ertragssteigerung führen könnte (sogenannte CO<sub>2</sub>-Düngung). Allerdings kann es hierdurch zu einem verminderten Proteingehalt in den landwirtschaftlichen Erzeugnissen, wie Weizen, kommen. Insgesamt hängt der Ertrag der Ernte von der Wasserverfügbarkeit ab. Steht genug Wasser zur Verfügung, wird es auf Grund des Temperaturanstiegs und der CO<sub>2</sub>-Düngung zu einer Ertragssteigerung in Deutschland kommen. Sofern Anpassungsmaßnahmen getroffen werden, birgt der Klimawandel auf lange Sicht auch Chancen. So verschieben sich teilweise die Anbauggebiete von Südnach Nordeuropa, da hier die notwendigen Begebenheiten nun verbessert vorliegen, um Pflanzenarten des Südens anzubauen.

In der Forstwirtschaft hingegen sind Anpassungsmaßnahmen langwierig, da hier die Anpassung an veränderte klimatische Bedingungen Jahrzehnte dauert. Daher sind Anpassungsmaßnahmen schon heute von der Wald- und Forstwirtschaft gefordert. Als anfällig gelten vor allem Buchen- und Fichtenwälder. Bei der Fichte, die feuchte und kühle Standorte bevorzugt und eine der am häufigsten angebaute Baumarten Deutschlands darstellt, ist das Schadenspotential durch Trockenheit hoch. Allerdings gibt es genug Baumarten, die hitze- und trockenheitsresistent sind, was möglicherweise das Ernteertragspotential erhöht. Auch hier kann die gesteigerte CO<sub>2</sub>-Konzentration wachstumsfördernd auf Bäume wirken. Des Weiteren erhöht sich die Vegetationszeit wichtiger Waldbaumarten durch die Erwärmung. So verlängerte sich zwischen den 1960er- und 1990er-Jahren die Vegetationswachstumszeit der wichtigsten Waldbaumarten in Europa um bis zu 11 Tage. Der vierte Sachstandsbericht (AR4) des IPCC bestätigt das Ergebnis, dass die Vegetationswachstumszeit zunehmen wird und die Anzahl der Frosttage in den mittleren und höheren Breiten abnehmen wird.<sup>10</sup>

- 1 Vgl. Stock (2005).
- 2 Vgl. Adams et al. (1999).
- 3 Vgl. Jonas et al. (2005).
- 4 Vgl. Bräuninger und Stiller (2005a).
- 5 Der Jahresniederschlag gibt die Regenmenge in Liter pro Quadratmeter pro Jahr an.
- 6 Vgl. Stock (2005).
- 7 Vgl. Gerstengarbe (2003).
- 8 Vgl. COPA/COGECA (2003).
- 9 C<sub>3</sub>-Pflanzen sind Pflanzen wie Weizen, Reis, Zuckerrübe und Kartoffel. C<sub>4</sub>-Pflanzen sind hingegen Pflanzen wie Mais, Hirse und Zuckerrohr. Sie unterscheiden sich in der Art, wie die Pflanzen CO<sub>2</sub> ausnutzen. C<sub>4</sub>-Pflanzen sind beispielsweise in der Lage, das ihnen zur Verfügung stehende Kohlendioxid besser auszunutzen. Daher fällt bei C<sub>4</sub>-Pflanzen eine Ernteertragssteigerung mit einer Steigerung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes geringer aus (vgl. [www.strube-dieckmann.de](http://www.strube-dieckmann.de)). Daneben gibt es auch noch sogenannte CAM-Pflanzen (z. B. Kakteen).
- 10 Vgl. IPCC (2007b).

## 2.4 Handlungsoptionen: Anpassung und Vermeidung

Die gezeigten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse sowie die durch den Klimawandel verursachten Kosten werfen die Frage auf, welche Handlungsoptionen für die Politik bestehen. Diese lassen sich grundsätzlich in zwei Kategorien unterscheiden: Anpassung an den Klimawandel und Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Der Fokus der politischen Diskussion liegt zurzeit auf der Vermeidung der Emissionen. Auf Grund der Trägheit des Klimasystems wird die Anpassung an die negativen Auswirkungen in Zukunft zunehmend an Bedeutung gewinnen. Denn selbst wenn es gelänge, auf Basis eines globalen Konsenses die Treibhausgasemissionen kurzfristig massiv zu senken, würde der Klimawandel über viele Jahrzehnte bzw. Jahrhunderte weiter voranschreiten. Abbildung 8 zeigt dies für ausgewählte Effekte des Klimawandels.

Anpassungen an den Klimawandel und Reduktion von Emissionen können und werden grundsätzlich sowohl auf staatlicher als auch auf Unternehmensebene stattfinden. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel auf staatlicher Ebene können insbesondere im Bereich der Infrastruktur identifiziert werden, wie z.B. bei der Erhöhung von Deichen zum Schutz vor dem steigenden Meeresspiegel. Die Anpassung von Unternehmen hängt stark vom Geschäftsfeld ab. Während z.B. die Versicherungsindustrie ihre Modelle zur Berechnung der Versicherungsprämien anpassen muss, ist es für Kraftwerksbetreiber erforderlich, unter Umständen Produktionsunterbrechungen auf Grund fehlenden Kühlwassers in zunehmend heißen Sommern zu berücksichtigen.

Die Emissionsvermeidung setzt dagegen verständlicherweise – in der Regel durch staatliche Politiken und Maßnahmen gestützt – bei den Emittenten der Treibhausgase an. Kohlendioxid nimmt, nicht nur in Deutschland, die bedeutendste Rolle unter allen Treibhausgasen ein. Da es bei der Verbrennung fossiler Energieträger entsteht, bestehen insbesondere in Industrieländern die nachfolgenden Optionen zur Emissionsverringerung, die über verschiedene Instrumente initiiert werden können:

- Wechsel zu emissionsärmeren/emissionsfreien Brennstoffen
- Steigerung der Energieeffizienz auf der Angebots- und der Nachfrageseite
- CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Ablagerung<sup>12</sup>

Durch die mit der CO<sub>2</sub>-Vermeidung verbundenen zusätzlichen Kosten steigen in der Regel auch die Produktionskosten für emissionsintensive Produkte, sodass auch nachgelagerte Produkte über höhere Faktorkosten und damit in der Regel verbundene sinkende Nachfrage indirekt von den Politiken und Maßnahmen zur direkten Emissionsminderung betroffen sind. Abbildung 9 zeigt mögliche Handlungsoptionen eines Unternehmens im Hinblick auf Anpassung und Vermeidung.

12 Bei der sogenannten CO<sub>2</sub>-Abscheidung wird das CO<sub>2</sub> bei der Energieproduktion, bspw. in Kohlenkraftwerken, technisch »abgeschieden« und im Nachhinein unterirdisch gelagert bzw. gespeichert.

## Reaktion ausgewählter Bereiche der Ökosphäre nach Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

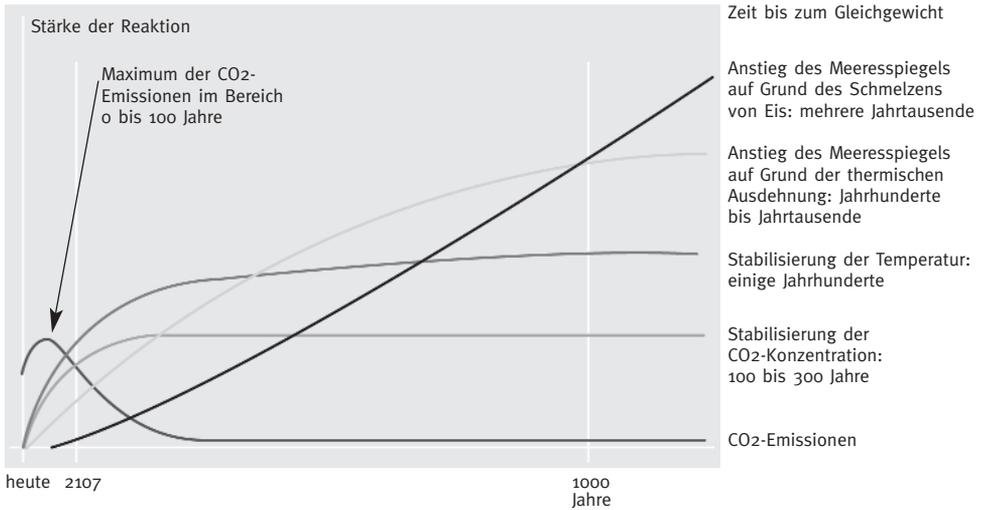


Abb. 8

Quelle: IPCC (2001b).

## Handlungsoptionen vor dem Hintergrund des Klimawandels am Beispiel eines Unternehmens der Tourismusbranche

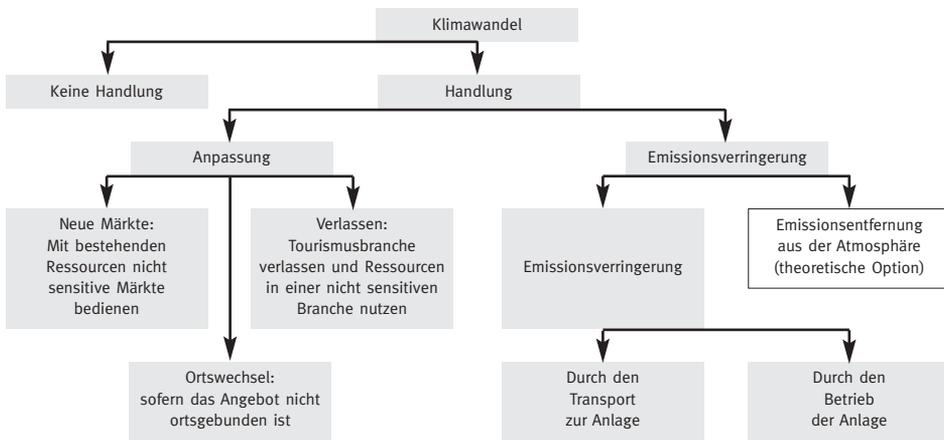


Abb. 9

Quelle: Bode et al (2003).

## 3. Klimapolitik und -instrumente

### 3.1 Von der Kenntnis des Klimawandels zu konkreten Emissionszielen

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt, wurde 1988 der zwischenstaatliche Ausschuss für Klimawandel, das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), gegründet. Auf Grund der Ergebnisse seiner Arbeit wurde 1992 im Rahmen des Erdgipfels von Rio de Janeiro die Klimarahmenkonvention verabschiedet.<sup>13</sup> Ziel der Konvention ist

*»... die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.«*

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden zunächst unverbindliche Verpflichtungen für die Gruppe der sogenannten Anlage-I-Länder (vornehmlich Industrie- und Transformationsländer) beschlossen. Es zeigte sich jedoch innerhalb kurzer Zeit, dass derartige Verpflichtungen ungeeignet sind, die Treibhausgasemissionen wirklich zu senken. Unter der sogenannten Ad-hoc-Gruppe des Berliner Mandats wurden ab 1995 daher erstmals konkrete Emissionsziele für einzelne Länder diskutiert, wobei die einzelnen Vertragsparteien unterschiedlichste Gerechtigkeitsprinzipien für die Bestimmung dieser Ziele anführten. Als Ergebnis wurden 1997 bei der Klimakonferenz in Kyoto differenzierte und verbindliche Emissionsziele für die meisten OECD-Länder (sogenannte Anlage-B-Länder des Kyoto-Protokolls) festgelegt. Die Ziele sind als erlaubte Emissionen in Bezug auf das Referenzjahr 1990 definiert. Die endgültige Festlegung folgte keinerlei Logik, sondern ist vielmehr als reines Verhandlungsergebnis zu sehen.<sup>14</sup>

Im Durchschnitt verpflichteten sich die Anlage-B-Länder, ihre Emissionen in der ersten Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 um 5,2% gegenüber dem Niveau von 1990 zu mindern. Nach der Konferenz von Kyoto kam es innerhalb der damaligen EU, die ein Reduktionsziel von 8% akzeptiert hatte, zu einem internen Lastenausgleich, bei dem das Gesamtziel noch einmal unterschiedlich auf die einzelnen Mitgliedstaaten verteilt wurde. Abbildung 10 zeigt die Emissionsziele nach dem Kyoto-Protokoll und nach dem EU-Lastenausgleich. Entwicklungsländer haben keine verbindlichen Emissionsziele übernommen.

### 3.2 Flexibler Mechanismus zur Erreichung der Emissionsziele

Wie im einführenden Kapitel erwähnt, ist es für die Klimawirksamkeit unerheblich, wo ein Treibhausgas emittiert bzw. nicht emittiert wird. Auf Grund dieser Tatsache wurden in Kyoto u. a. die nachfolgenden flexiblen Mechanismen vereinbart, mit deren Hilfe die Kosten für die

<sup>13</sup> Vgl. UNFCCC (1992).

<sup>14</sup> Vgl. Babiker et al. (2002), Torvanger et al. (1999) sowie Grubb et al. (1999).

**Emissionsziele nach dem Kyoto-Protokoll und nach dem EU-Lastenausgleich für die erste Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012, in Prozent der Emissionen im Referenzjahr 1990**

Vertragspartei	Emissionsziel*	Vertragspartei	Emissionsziel*	Vertragspartei	Emissionsziel*
Australien	108	Italien	93,5	Portugal	127
Belgien	92,5	Japan	94	Rumänien	92
Bulgarien	92	Kanada	94	Russ. Föderation	100
Dänemark	79	Kroatien	95	Schweden	104
Deutschland	79	Lettland	92	Schweiz	92
Estland	92	Liechtenstein	92	Slowakei	92
EU	92	Litauen	92	Slowenien	92
Finnland	100	Luxemburg	72	Spanien	115
Frankreich	100	Monaco	92	Tschech. Republik	92
Griechenland	125	Neuseeland	100	Ukraine	100
Großbritannien und Nordirland	87,5	Niederlande	94	Ungarn	94
Irland	113	Norwegen	101	USA	93
Island	110	Österreich	87		
		Polen	94		

Abb. 10

Quelle: Kyoto-Protokoll (1997).

Zielerreichung vermindert werden sollen: Internationaler Emissionshandel, Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM).

*Internationaler Emissionshandel:* Unter diesem Mechanismus können die Länder mit einem Emissionsziel (siehe Abbildung 10) »Emissionsrechte« direkt miteinander handeln. Bei den genannten Zielen handelt es sich also um eine Anfangsallokation. Ein Land kann durchaus mehr Gase ausstoßen, als ihm anfänglich Rechte zugewiesen wurden. Es muss in diesem Fall aber zusätzliche Emissionsrechte auf dem Markt erwerben. Da die Summe der verfügbaren Rechte begrenzt ist, fallen für das Land entsprechende Kosten an. Entscheidungskriterium für den Kauf ist die Frage, ob die Kosten der Reduktion um eine weitere Mengeneinheit an Treibhausgasen im nationalen Kontext teurer oder günstiger als der Erwerb eines Rechts auf dem internationalen Markt sind. Der Emissionshandel zwischen den Vertragsparteien ist ab dem Beginn der ersten Verpflichtungsperiode, d.h. ab 2008, möglich. Die Gesamtsumme an Emissionsrechten bleibt beim Handeln konstant.

*Joint Implementation:* Joint Implementation ist, wie der Clean Development Mechanism, ein projektbasierter Mechanismus, d.h., Emissionsrechte werden aus einem einzelnen, ganz bestimmten Projekt generiert. Die Funktionsweise wird in den folgenden beiden Absätzen erläutert. Wichtig ist an dieser Stelle, dass Joint Implementation ebenfalls nur zwischen Ländern mit Emissionsziel durchgeführt werden darf. Die Generierung von Emissionsrechten unter dem Joint-Implementation-Mechanismus ist ab 2008 möglich. Die Gesamtsumme an Rechten bleibt ebenfalls konstant.

*Clean Development Mechanism:* Dieser projektbasierte Mechanismus kann in den Ländern ohne Emissionsziel, d. h. maßgeblich in Entwicklungsländern, umgesetzt werden. Seine Existenz ist aus der politischen Diskussion heraus zu erklären. Im Vorfeld der Konferenz von Kyoto machten die Entwicklungsländer deutlich, dass der bisher beobachtbare Klimawandel maßgeblich durch die Industrieländer verursacht ist. Daher sei es zunächst Aufgabe der Industrieländer, ihre Emissionen zu mindern. Gleichzeitig wollte man die Entwicklungsländer nicht vollständig aus den Bemühungen um eine Emissionsreduktion entlassen, insbesondere weil auf Grund der durchschnittlich deutlich geringeren (technischen) Effizienz von vielen Anlagen in diesen Ländern die Vermeidungskosten deutlich geringer sind als in den Industrieländern. So kann mit gleichen finanziellen Mitteln beispielsweise der Wirkungsgrad eines Kraftwerkes in China um deutlich mehr Prozentpunkte erhöht werden als in Deutschland. Ferner soll der Mechanismus den Entwicklungsländern helfen, eine nachhaltige Entwicklung zu erlangen.

Bei den projektbasierten Mechanismen wird zunächst bestimmt, wie sich der Emissionsverlauf ohne Implementierung des Projekts entwickeln würde (sogenanntes Referenzszenario). Nach Implementierung des Projektes, z.B. dem Ersatz eines alten Dieselgenerators durch eine neue, effizientere Anlage, werden die tatsächlichen Emissionen gemessen. Die Differenz ergibt die Emissionsreduktion (siehe Abbildung 11). Über eine bestimmte Laufzeit können die Reduktionen nach festen Regeln von einem unabhängigen Gutachter verifiziert und zertifiziert werden. Diese Zertifizierung ermöglicht die Ausstellung von neuen Emissionsziehungsrechten (sogenannten Certified Emission Reduktionen, CER), die nun von Industrieländern erworben und für die Erfüllung ihrer Emissionsziele verwendet werden können.

Da die Generierung der Emissionsrechte auf Basis eines Referenzszenarios in Ländern ohne Emissionsziel erfolgt, nimmt die Gesamtmenge an Emissionsrechten beim Einsatz dieses

### Berechnung der Emissionsreduktion bei projektbasierten Mechanismen

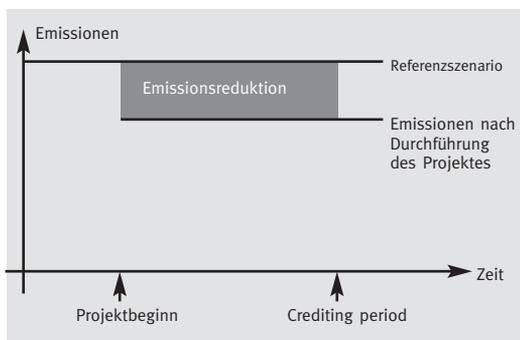


Abb. 11

Quelle: Bode und Michaelowa (2003).

### Zusammenspiel der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls

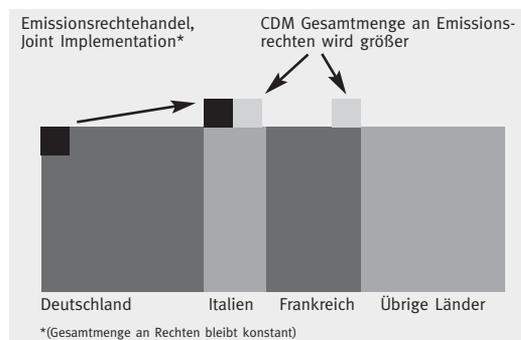


Abb. 13

Quelle: Eigene Darstellung.

Mechanismus zu. Um die ökologische Integrität des Systems sicherzustellen, werden beim Clean Development Mechanism daher besondere Anforderungen gestellt. Durch die Übereinkunft zum sogenannten »Prompt Start« des Clean Development Mechanism können bereits seit dem 1. Januar 2000 Emissionsrechte generiert werden.

Das Potential der Effizienzgewinne durch Nutzung der flexiblen Mechanismen ist am Beispiel des Emissionshandels unter den Anlage-B-Ländern (d.h. ohne CDM) in Abbildung 12 dargestellt. Bei Berücksichtigung des CDM sind weitere Effizienzgewinne zu erwarten.

Das Zusammenspiel der genannten drei Mechanismen ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Teilnahme der Länder an den genannten Mechanismen ist freiwillig. Die Vertragsparteien sind vielmehr angehalten, auch nationale Politiken und Maßnahmen umzusetzen. Als ein bedeutendes Instrument ist die Einführung eines EU-weiten Emissionshandelssystems zu nennen.

### 3.3 Industrieanlagen im EU-Emissionshandelssystem

Auf Grund der Emissionsentwicklung in vielen Mitgliedstaaten, die weit über den Zielvorgaben nach dem EU-Lastenausgleich lagen, sowie der sich abzeichnenden Alleingänge in einzelnen Staaten (z.B. Dänemark und Vereinigtes Königreich) wurde 2003 auf Vorschlag der EU-Kommission die Einführung eines EU-weiten Emissionshandelssystems auf Anlagenebene beschlossen. Unter diesem System wird – wie bereits beim Emissionshandel unter dem Kyoto-Protokoll – ein zuvor festgelegtes Budget an Emissionsrechten an die Teilnehmer ausgegeben. Zur Teilnahme sind große, stationäre Emittenten von Kohlendioxid wie z.B. Kraftwerke, Raffinerien oder Zementwerke verpflichtet. Über die Regeln für die Allokation der Emissionsrechte an die teilnehmenden Anlagen wird auf Ebene der Mitgliedstaaten entschieden.

**Projektionen der BIP-Verluste und Grenzkosten in Anlage-II-Ländern für das Jahr 2010 in einem globalen Modell**

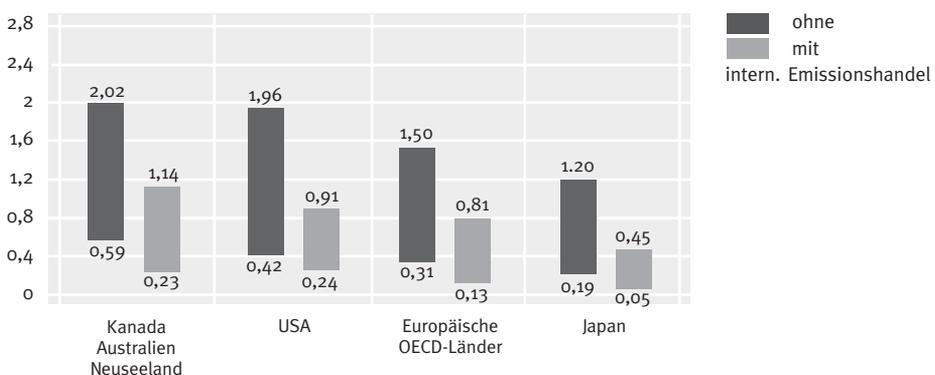


Abb. 12

Quelle: IPCC (2001b).

Die erste Phase der Umsetzung begann am 1. Januar 2005 und endet am 31. Dezember 2007. In dieser Zeit liegt die Strafe für Zielverfehlung, d.h., wenn mehr Emissionen ausgestoßen wurden, als Emissionsrechte vorhanden waren, bei je 40 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>. Ferner muss zusätzlich die fehlende Menge in der Folgeperiode von 2008 bis 2012 zurückgegeben werden. Für diese Zeit liegt die Strafe für Nichterfüllung bei je 100 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>. Über die Regeln sind ausreichend Anreize für die teilnehmenden Anlagen gegeben, ihr Emissionsziel zu erreichen. Somit wird ein Beitrag zum Klimaschutz sichergestellt. Neben der Verwendung von Emissionsberechtigung unter dem europäischen System können die Anlagenbetreiber auch Rechte aus den zuvor beschriebenen projektbasierten Mechanismen CDM und JI verwenden. Durch das daraus resultierende zusätzliche Angebot sinkt der Preis der Emissionsrechte im EU-System und die Kosten für die Unternehmen, die Emissionsrechte kaufen müssen, sinken entsprechend. Anlagenbetreiber, die zu den Verkäufern von Rechten gehören, können durch die Einbindung von CDM und JI durch den sinkenden Preis allerdings weniger Erlöse erzielen und gehören somit zu den Verlierern. Die Frage der Verteilung der Effizienzgewinne wird durch das Instrument selbst nicht beantwortet.

### 3.4 Klimapolitische Instrumente im Verkehrssektor

Im EU-Emissionshandelsystem hat sich Deutschland bis 2008/12 zu einer Reduktion der klimaschädlichen Treibhausgase um 21% gegenüber 1990 verpflichtet. Abbildung 2 (S. 11) zeigt die CO<sub>2</sub>-Quellen an den Gesamtemissionen, woraus zu erkennen ist, dass der Verkehrssektor einer der Hauptemittenten (ca. 20%) ist und zudem im Jahre 2000 einer der Hauptendenergieverbraucher (ca. 30%) war.<sup>15</sup> Deshalb ist es wichtig, den Verkehrssektor in den Klimaschutz einzubinden. Abbildung 14 zeigt den Anteil der Verkehrsmittel am Personen- und Güterverkehr. Dabei ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im PKW-Verkehr mit 59% am höchsten, gefolgt vom LKW-Verkehr mit 25 % und dem Flugzeugverkehr mit 8% im Jahre 2000.<sup>16</sup>

Es gibt verschiedene Ansatzpunkte, um den CO<sub>2</sub>-Emissionsausstoß im Verkehrssektor zu mindern. Eines der klimapolitischen Instrumente zur Senkung der Emissionen ist die »Ökosteuer«, welche im Jahre 1999 eingeführt wurde. Dabei erhöhte sich durch die Ökosteuer der Kraftstoffpreis für Benzin um 15% und für Diesel um 18%.<sup>17</sup> Der absolute Kostenanstieg für Treibstoff ist um so niedriger, je geringer der Treibstoffverbrauch eines Fahrzeuges ist, sodass durch ein verbrauchsarmes Fahrzeug der Mehrkostenanteil sinkt. In der Tendenz wird deshalb mit der Ökosteuer die Nachfrage nach Fahrzeugen mit niedrigem Verbrauch unterstützt. Zudem werden »alternative« Verkehrsträger attraktiver. Ein anderes Instrument zur Schadstoffsenkung ist die Abgasnorm der EU (Euro-Norm) für PKW und LKW, die 1992 eingeführt wurde. Die Norm<sup>18</sup> schreibt Grenzwerte für Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxid (NOX),

<sup>15</sup> Vgl. DPG (2005).

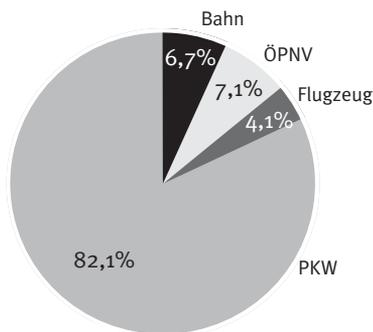
<sup>16</sup> Vgl. Zebisch et al. (2005).

<sup>17</sup> Vgl. UBA (2003).

<sup>18</sup> Seit 2005 ist die sogenannte Euro-4-Norm gültig.

## Anteile des inländischen Personen- und Güterverkehrs nach Verkehrsmittel, 2003

Personenverkehr in Personenkilometern



Güterverkehr in Tonnenkilometern

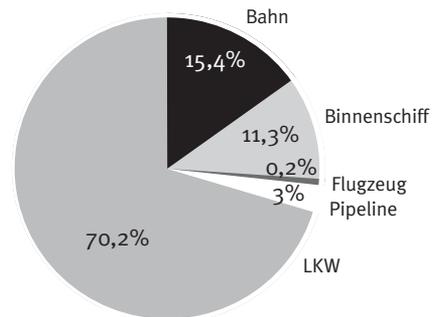


Abb. 14

Quelle: Bundesregierung (2006).

Kohlenwasserstoffe (HC) und Partikel (PM) vor.<sup>19</sup> Die Abgasnorm ist nicht nur eine Norm zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern sie soll im Allgemeinen zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Neben diesen klimapolitischen Instrumenten gibt es noch eine Vielzahl nicht implementierter Alternativen, wie beispielweise eine mögliche CO<sub>2</sub>-bezogene Kraftfahrzeugsteuer für PKW, welche progressiv gestaltet werden sollte. Eine andere Alternative zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Angleichung der Mineralölsteuern für Benzin und Diesel. Das Argument gewinnt an Gewicht, wenn man in Betracht zieht, dass in der EU im Jahre 2001 43% aller neu zugelassenen Personenfahrzeuge Dieselfahrzeuge waren. Dieselfkraftstoffe erzeugen bei der Verbrennung etwa 13% mehr an CO<sub>2</sub>-Emissionen als Benzin. Das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential, welches sich aus der Steuerangleichung ergeben könnte, wird allerdings als schwer quantifizierbar erachtet.<sup>20</sup>

Es lassen sich auch durch ein verändertes individuelles Fahrverhalten Einsparungen beim Energieverbrauch realisieren. Hierzu gehört eine Geschwindigkeitsreduktion auf den Autobahnen. In Deutschland könnte der Treibstoffverbrauch bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h auf Autobahnen und 80 km/h auf Landstraßen um fast 5% gesenkt werden.<sup>21</sup> Ein anderes Beispiel zur Reduzierung von CO<sub>2</sub> ist die Selbstverpflichtung der europäischen Automobilindustrie (ACEA). Hiermit haben sich die europäischen Automobilhersteller verpflichtet, die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen von 185g/km im Jahre 1995 auf 140g/km im Jahre 2020 zu reduzieren, was einer Reduktion von 25% entspricht. Das Zwischenziel, welches bei 165-170 g/km im Jahre 2003 lag, wurde mit 165 g/km erfüllt.<sup>22</sup> Zur gezielten CO<sub>2</sub>-Minderung können »umweltgerechtere« Verkehrsträger beitragen, wozu der Schienenverkehr

<sup>19</sup> Vgl. BMU (2005b).

<sup>20</sup> Vgl. ebenda.

<sup>21</sup> Vgl. ebenda.

<sup>22</sup> Vgl. ebenda.

und der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) zählen. So verursacht der ÖPNV pro Personenkilometer rund ein Drittel CO<sub>2</sub>-Emissionen weniger als das Auto. Ebenso kann durch Telematikeneinsatz (Verminderung von Leerfahrten, Ampelvorrangschaltung, optimierte P&R-Anlagen etc.) ein Emissionsreduktionspotential für den Innerortsverkehr von etwa 2,6 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr bis 2010 erreicht werden. Weiteres Sparpotential kann sich aus der Förderung des Rad- und Fußgängerverkehrs ergeben. Je nach Szenario ergeben sich hieraus Reduktionspotentiale von 3,5 bis 12 Mio. t CO<sub>2</sub> pro Jahr bis 2010.<sup>23</sup>

Zugrunde gelegt werden muss jedoch in den obigen Ausführungen, dass das Verkehrsaufkommen in den nächsten Jahrzehnten deutlich anwachsen wird, sodass sich hieraus ceteris paribus ein deutlicher Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben würde. Im Jahre 2000 gab es weltweit fast 700 Millionen Personenwagen. Bis 2030 wird mit einer Zunahme von mehr als 1,3 Milliarden PKW und bis 2050 mit bis zu 2 Milliarden Personenwagen gerechnet. Der Hauptzuwachs wird in den Entwicklungsländern zu verzeichnen sein.<sup>24</sup> Dies bedeutet, dass es nicht nur Handlungsdruck zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt, sondern auch zur Steigerung der Energieeffizienz von Kraftfahrzeugen. Angesichts der anhaltenden Zunahme des Verkehrsaufkommens können zukünftig CO<sub>2</sub>-Emissionen nur durch CO<sub>2</sub>-ärmere Kraftstoffe und verbesserte Fahrzeugtechnologien im größeren Umfang gesenkt werden. Zu den CO<sub>2</sub>-ärmeren Kraftstoffen zählen, je nachdem, ob man den Kraftstoffverbrauch mit der Tank-to-Wheels- oder Well-to-Wheels-Analyse<sup>25</sup> betrachtet, Biodiesel oder Ethanol. Beim Wasserkraftstoffantrieb entstehen hingegen keine CO<sub>2</sub>-Emissionen, wobei Wasserstoff in der Herstellung energieintensiver ist.<sup>26</sup> Abbildung 15 zeigt den CO<sub>2</sub>-Emissionsausstoß, gemessen mit der Well-to-Wheels-Analyse, von Biokraftstoffen im Verhältnis zu mineralischem Kraftstoff.

Ein anderer wichtiger Emittent im Verkehrssektor ist der Flugverkehr. Dabei ist die Klimawirksamkeit in der Luft 2- bis 4-mal höher, als wenn die gleiche Menge am Boden emittiert werden würde.<sup>27</sup> In diesem Sektor gibt es, wie im Kraftfahrzeugverkehr, zwar Emissionsreduktionen durch technischen Fortschritt und durch gesetzliche Auflagen. Prognosen gehen jedoch davon aus, dass im Zuge der zunehmenden Internationalisierung die Mobilität sowie, bedingt durch die Aufholprozesse in zahlreichen Ländern der Welt, der Flugverkehr in den nächsten Jahrzehnten immens expandieren werden. Eine Maßnahme, die diesen Tendenzen entgegenwirken könnte, wäre eine Aufhebung der Mineralölsteuerbefreiung im Auslands- sowie Inlandsflugverkehr. Dies würde einen Kostendruck erzeugen, sodass größere und effizientere Maschinen eingesetzt würden, was die Emissionen pro Personen- und Frachtkilometer senken würde.<sup>28</sup> Außerdem könnte dies die Wettbewerbssituation des Bahnverkehrs, aber auch die der anderen Verkehrsträger, verbessern. Zwar ist eine flächendeckende Einführung einer Mineralölsteuer als schwierig zu erachten, da große Flugzeuggesellschaften möglicher-

23 Vgl. UBA (2003).

24 Vgl. WBCSD (2004).

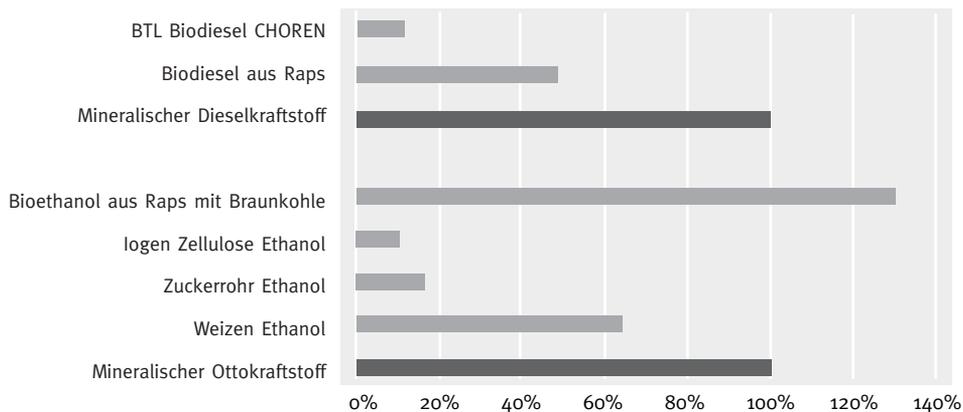
25 In der Tank-to-Wheels-Analyse betrachtet man die Emissionen, die beim direkten Kraftstoffverbrauch entstehen, wohingegen in der Well-to-Wheels-Analyse die CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet werden, die im gesamten Prozess, von der Gewinnung über den Konversionsprozess bis zum Verbrauch, entstehen.

26 Vgl. Bräuninger, Leschus und Vöpel (2006).

27 Vgl. Penner (1999).

28 Vgl. UBA (2003).

## CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Biokraftstoffen im Verhältnis zu mineralischem Kraftstoff\*, Well-to-Wheels-Analyse



\*CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Prozent jeweils auf den mineralischen Referenzkraftstoff bezogen.

Abb. 15

Quelle: Hass, Larivé und Mahieu (2005), Darstellung aus Bräuninger, Leschus und Vöpel (2006).

weise Länder mit einer hohen Mineralölsteuer nicht mehr anfliegen bzw. die Maschinen in Ländern ohne Steuern betankt werden würden. Jedoch ließe sich solch eine Steuer in einem großen Integrationsraum, wie es die EU ist, durchsetzen. Die Einbindung dieses Instruments in das europäische Emissionshandelssystem (sogenanntes EU Emissions Trading Scheme, ETS) wird bereits diskutiert.

### 3.5 Klimapolitische Instrumente für private Haushalte

Etwa 30% der in Deutschland erzeugten Endenergie wurden 2002 in privaten Haushalten verbraucht. Hiervon wurden 87% für Raumwärme und Warmwasser genutzt,<sup>29</sup> womit das größte Energieeinsparpotential gerade in diesem Bereich liegt. Im Jahre 2000 betrug die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte ca. 114 Mio. t. Der Anteil der privaten Haushalte an den gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen lag im Jahre 2000 bei 13%. Die verursachten Emissionen sind zwischen 1990 und 2000 um ca. 15% zurückgegangen.<sup>30</sup>

Seit 2004 gibt es die Energieeinspar-Verordnung (EnEV)<sup>31</sup>, welche u. a. beinhaltet, dass alle Wohnflächen eines Neubaus weniger als 70 kWh/m<sup>2</sup> verbrauchen müssen. Durch diese Verordnung kann beim Hausbau zwischen Lösungen wie der verbesserten Wärmedämmung, energieschonenden Heizungssystemen und regenerativen Energien gewählt werden, um das Ziel der EnEV zu erfüllen.<sup>32</sup> Diese Verordnung gilt jedoch nur für Neubauten und nicht für

<sup>29</sup> Vgl. DPG (2005).

<sup>30</sup> Vgl. Bundestags-Drucksache (2001a). Die Deutsche Physikalische Gesellschaft beziffert hingegen den CO<sub>2</sub>-Emissionsrückgang zwischen 1990 und 2003 mit 0,5% (statistisch jedoch nicht sehr signifikant), vgl. hierzu DPG (2005).

<sup>31</sup> Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, vom 2. Dezember 2004.

<sup>32</sup> Vgl. BMU (2006a).

den aktuellen Wohnungsbestand. Einzig berücksichtigt die EnEV, dass bis Ende 2006 alle älteren Heizungsanlagen<sup>33</sup> in Mehrfamilienhäusern ausgetauscht werden mussten. Durch neuere Technologien können insgesamt 20 bis 25% der Heizenergie eingespart werden,<sup>34</sup> was wiederum einen nicht unerheblichen Effekt auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben könnte.

Der gegenwärtige Hausbestand, der das klimapolitische Instrument EnEV berücksichtigt, beträgt lediglich 5% aller Wohnflächen. Der überwiegende Teil des Hausbestandes in Deutschland stammt aus der Zeit von 1949 bis 1978, in der 46,8% der Gebäude gebaut wurden.<sup>35</sup> Modernisierungen der bestehenden Bausubstanzen finden jedoch nur in großen Zeitabständen statt, da der übliche Renovierungszyklus 40 bis 60 Jahre beträgt. In der Bestandssanierung liegt jedoch das größte Emissionsreduktionspotential. In Deutschland wird das realistische Einsparpotential im Altbaubereich durch Heizungssystem- und Wärmedämm-erneuerung auf 55 bis 70 Mio. t/a CO<sub>2</sub> geschätzt.<sup>36</sup> Neben der oben genannten EnEV gibt es von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) einige Förderprogramme, wie z.B. »Wohnraum modernisieren« und »Niedrigenergiehausniveaus im Bestand«, um CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungen umzusetzen bzw. zu ermöglichen.<sup>37</sup> Anfang 2008 wird zudem der Energiepass für Hauseigentümer Pflicht. Der Energiepass soll Aufschluss über Heiz- und Warmwasserkosten geben. Diese neue, im Frühjahr 2007 von der Bundesregierung beschlossene, Energieeinsparverordnung soll das Entscheidungskriterium für künftige Mieter und Käufer (einer Immobilie) werden.

Eine andere Möglichkeit, um Energie zu sparen, ist das sogenannte Energiecontracting. Bei diesem Verfahren setzt ein Energiedienstleistungsunternehmen, oder auch Contractor, eigenes Risikokapital und Know-how ein, um das Energiemanagement sowie bau- und anlagentechnische Grundaustattungen von Gebäuden zu verbessern. Die dem Energiedienstleistungsunternehmen entstehenden Kosten werden durch eine Beteiligung an den eingesparten Energiekosten refinanziert. Dieses Instrument zur Reduzierung des Energieverbrauchs, und damit der direkten Reduzierung von Treibhausgasen, hat sich die Bundesregierung für die Bundesliegenschaften zunutze gemacht, um bis 2010 die CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen um 30% zu senken.<sup>38</sup> Ebenso wird das Energiecontracting im gewerblichen Bereich angewandt, um Energieverluste und -kosten zu reduzieren.

### 3.6 Aktueller Stand des internationalen Klimaregimes

Mit der Ratifizierung durch Russland ist das Kyoto-Protokoll im Frühjahr 2005 in Kraft getreten. Hierzu war es erforderlich, dass mindestens 55 Länder, die zusammen mindestens 55% der Emissionsziele der Anlage-B-Länder vertreten, das Protokoll ratifizierten. Allein die Ver-

33 Laut der Enquete-Kommission zur »Nachhaltigen Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung« war im Jahre 2000 rund ein Fünftel der Heizungsanlagen älter als 20 Jahre. Der durchschnittliche Wirkungsgrad beträgt bei Öl- und Gasheizungen etwa 80 %. Moderne Anlagen kommen dabei auf einen Wert von 102 und mehr Prozent.

34 Vgl. Bundesregierung (2006).

35 Vgl. ebenda.

36 Bundestags-Drucksache (2001b).

37 Vgl. BMU (2005).

38 Vgl. dena (2004).

einigten Staaten und Australien haben von allen Anlage-B-Ländern diesen Schritt nicht vollzogen. In den USA herrscht die Ansicht vor, dass das Protokoll grundsätzlich fehlerhaft sei und insbesondere die großen Entwicklungsländer wie China und Indien stärker mit in die Emissionsbemühungen einbezogen werden müssten. Diese wiederum verweisen auf die sowohl historisch wie aktuell deutlich höheren (Pro-Kopf-)Emissionen der US-Amerikaner. Ein Ende dieser geführten Debatte ist in unmittelbarer Sicht nicht erkennbar, jedoch gibt es seit Frühjahr 2007 neue Bemühungen zwischen Japan und China sowie zwischen der EU und den USA zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Nichtsdestoweniger haben Anfang 2006 die Regierungen der USA, Japans, Australiens, Indiens, Chinas und Südkoreas die sogenannte »Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate« ins Leben gerufen. Außerhalb der Verhandlungen rund um das Kyoto-Protokoll sollen im Rahmen dieser Partnerschaft über eine Fokussierung auf Forschung und Entwicklung sowie über einen entsprechenden Technologietransfer Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung geleistet werden. Ob dieser technologiebasierte, nichtverbindliche und an einer gemeinsamen Vision orientierte Vertrag tatsächlich substanzielle Beiträge zum genannten Ziel leisten kann, bleibt abzuwarten.

Als Erfolg im Kontext des Kyoto-Protokolls ist bereits jetzt der Clean Development Mechanism zu nennen. Nahezu alle Regierungen der Industrieländer haben inzwischen Programme zum Ankauf von Emissionsrechten aufgelegt. Mit der sogenannten Linking-Directive ist es auch Unternehmen unter dem EU-Emissionshandel erlaubt, Emissionsrechte für die Erfüllung ihrer staatlichen Vorgaben zu verwenden. Aktuell wurden bereits 715 Projekte in 43 Ländern registriert, mehr als 1500 weitere Projekte sind in der Vorbereitung. Die erwarteten Emissionszertifikate aus diesen Projekten belaufen sich bis 2017 auf 966 Mio. t. Die Preise hängen stark vom Projektstatus ab. Für geplante Projekte sind 5 bis 6 Euro pro CO<sub>2</sub> t – für sogenannte Certified Emission Reduktions-Forwards – und für bereits generierte Certified Emission Reduktion 13 bis 16 Euro pro CO<sub>2</sub> t zu bezahlen.<sup>39</sup>

## **3.7 Offene Fragen für die Zeit nach 2012**

### **3.7.1 Offene Fragen für das internationale Klimaregime**

Mit dem Kyoto-Protokoll wurden Emissionsziele für eine begrenzte Anzahl von Ländern für eine begrenzte Zeit (für die Periode 2008 bis 2012) festgelegt. Hieraus folgt unmittelbar die Frage, wer welche Ziele nach 2012 übernehmen wird. Im Kyoto-Protokoll ist zunächst nur festgehalten, dass die Verhandlungen hierzu spätestens 2005 beginnen sollen, ohne jedoch weitere Vorgaben zu machen. Die erwähnten unterschiedlichen Einstellungen zwischen den USA einerseits und den großen Entwicklungsländern andererseits machen die Diskussion nicht einfacher. Ebenso haben viele Anlage-B-Länder derzeit massive Probleme, ihre Emis-

39 Vgl. Wucke and Michaelowa (2007).

### Erforderliche Emissionsminderung in Abhängigkeit von BAU-Emissionspfad und Emissionszielen

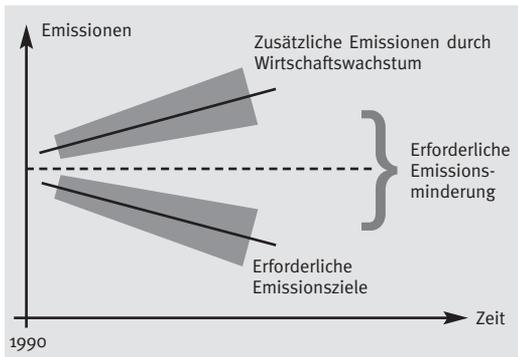


Abb. 16

Quelle: Bode (2006).

### Stabilisierungsniveaus der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und die daraus resultierenden erlaubten Emissionen

WRE CO <sub>2</sub> -Stabilisationsprofil (ppm)	kumulierte CO <sub>2</sub> -Emissionen im Zeitraum 2001-2100 (Gt CO <sub>2</sub> )	Jahr mit den max. Emissionen
450	1314–2646	2005–2015
550	2124–4068	2020–2030
650	2646–4932	2030–2045
750	2952–5400	2040–2060
1000	3258–5832	2065–2090

Abb. 17

Quelle: IPCC (2001a).

sionen in Richtung des Ziels zu senken. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Emissionen für viele Länder nicht nur gegenüber dem Emissionsniveau von 1990, sondern auch gegenüber dem »Business-as-usual«-(BAU)-Pfad zu senken sind (siehe Abbildung 16).

Vonseiten der Klimaforscher steht dagegen fest, dass – sofern das Ziel der Klimarahmenkonvention ernst genommen wird – die globalen Treibhausgasemissionen bis Mitte dieses Jahrhunderts gegenüber dem Niveau von 1990 massiv gesenkt werden müssen. Der EU-Rat hat bereits 1996 auf Basis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse geschlussfolgert, dass die durchschnittliche globale Temperatur nicht mehr um 2 °C über das vorindustrielle Niveau steigen sollte und dass daraus eine maximale atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration von 550 ppm (parts per million) resultieren würde.<sup>40</sup> Derartige Schlussfolgerungen geben den Spielraum für die zukünftige globale Klimapolitik wieder. Abbildung 17 zeigt für verschiedene Stabilisierungsniveaus die erlaubten Emissionen sowie den Zeitpunkt, in dem die maximalen Emissionen pro Jahr ausgestoßen werden dürften. Vor dem Hintergrund der bereits geschilderten Erfahrungen mit den Verhandlungen der Ziele für die erste Verpflichtungsperiode wird deutlich, dass der eigentliche »Verteilungskampf« über die erlaubten Emissionen der einzelnen Länder erst noch bevorsteht. Ob eine Einigung überhaupt erreicht wird, bleibt abzuwarten. Allein die zunehmenden extremen Wetterereignisse, wie beispielsweise Stürme und Hitzewellen mit Folgen für Individuen und Sachanlagen, könnten den Druck zum Handeln erhöhen.

Die Verhandlungsergebnisse auf internationaler Ebene haben dann nicht nur einen entscheidenden Einfluss auf den Klimawandel, sondern auch auf die Preise in den verschiedenen Emissionshandelssystemen und damit auf die gesamten Volkswirtschaften.

Neben den Emissionszielen rückt auch das Thema der Anpassung an das Klima auf Grund der Zunahme der extremen Wetterereignisse weiter in den Vordergrund. Entscheidend ist

<sup>40</sup> Vgl. EU Rat (1996).

**Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt und Treibhausgas-Emissionen  
der jeweils 25 größten Länder, 2000**

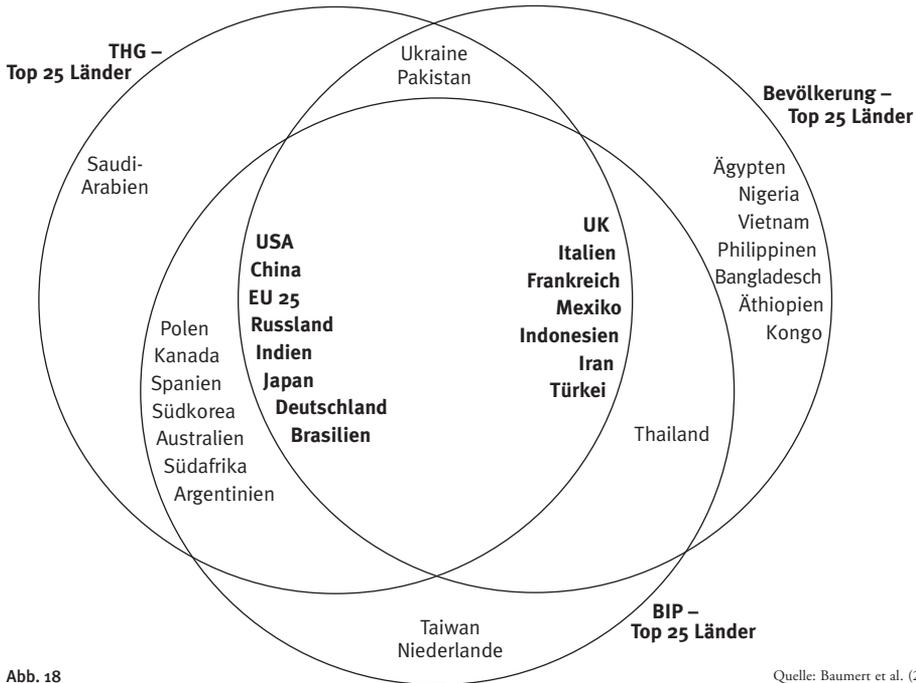


Abb. 18

Quelle: Baumert et al. (2005).

hierbei, dass bereits grundsätzlich vereinbart wurde, dass die Industrieländer die Entwicklungsländer finanziell unterstützen. Unklar sind dabei die genauen Kosten, die möglichen Beiträge der einzelnen Industrieländer sowie der Schlüssel der Geldverteilung für die Anpassungsmaßnahmen. Aus ökonomischer Sicht würde es dabei sinnvoll sein, dort Anpassungsprojekte umzusetzen, wo bei gleichem Aufwand der größte Nutzen erzielt werden würde. Ein solcher Ansatz könnte aber unter Umständen dazu führen, dass die am wenigsten entwickelten Länder äußerst geringe Mittel zur Anpassung bekämen, obwohl gerade sie dem Klimawandel am stärksten ausgesetzt sind. Zu welchem Grad ökonomische Überlegungen bei entsprechenden Entscheidungen berücksichtigt werden, bleibt abzuwarten. Betrachtet man die jeweils größten Länder im Hinblick auf »Bevölkerung«, »Bruttoinlandsprodukt« und »Treibhausgasemissionen«, so zeigt sich, dass die Einbindung von insbesondere 15 Ländern beziehungsweise Regionen für eine erfolgreiche internationale Klimapolitik besonders wichtig ist. Diese ergeben sich aus der Schnittmenge der drei Größen »Treibhausgase«, »Bevölkerungszahl« und »Bruttoinlandsprodukt« (siehe Abbildung 18).

### 3.7.2 Offene Fragen für die europäische Klimapolitik

Die europäische Klimapolitik nach 2012 ist im Zusammenhang mit der Entwicklung der Verhandlung der Klimarahmenkonvention zu sehen. Zum einen gibt die EU über ihre Position wichtige Impulse für die Klimaverhandlungen, weil Europa noch immer als ein Vorreiter beim Klimaschutz gesehen wird. Zum anderen wirken Verhandlungsergebnisse unter der Rahmenkonvention auf die EU zurück, wenn diese verbindlich und dann Politiken und Maßnahmen zur Zielerfüllung notwendig werden.

Im Hinblick auf die zuvor gemachten Ausführungen stellt sich die Frage, ob und mit welcher Stringenz das EU-Emissionshandelssystem auch im Falle eines Scheiterns bzw. Verhandlungsverzögerungen auf der globalen Ebene fortgeführt wird. Entsprechende Entscheidungen wirken sich ebenfalls von der EU auf die globale Ebene aus. Zum anderen sind frühe und klare Signale nach innen, d. h. zu den Anlagenbetreibern, wichtig, da diese bereits heute Investitionsentscheidungen mit einem relativ langen Zeithorizont – z.B. im Kraftwerksbau von bis zu 50 Jahren – treffen. Ferner ist dann zu entscheiden, ob weitere und gegebenenfalls welche Emittenten am Emissionshandel teilnehmen müssen.

Für alle Nichtteilnehmer, wie z.B. der Verkehrssektor und die privaten Haushalte, sind dagegen andere Politikinstrumente zu finden oder bestehende zu stärken. Auf europäischer Ebene ist hier die neue Energieeffizienzrichtlinie zu nennen. Auf nationaler Ebene sind hingegen bereits zahlreiche Maßnahmen im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung definiert. In diesem Zusammenhang sei nur daran erinnert, dass die Bundesregierung Anfang der 90er-Jahre des letzten Jahrhunderts ein freiwilliges nationales Klimaschutzziel für 2005 für Kohlendioxid in Höhe einer Reduktion von 25% bezogen auf das Jahr 1990 definiert hatte. Das Ziel wurde allerdings weit verfehlt.

## 4 Entwicklung der Preise für Emissionsrechte

### 4.1 Treffsicherheit von Preisprognosen in der Vergangenheit

Weil Treibhausgase bzw. Kosten für deren Ausstoß nahezu alle wirtschaftlichen Aktivitäten betreffen, kommt der Preisentwicklung von Emissionsrechten eine besondere Bedeutung für die Ökonomie zu. Speziell Investoren von langlebigen Produktionsanlagen benötigen für ihre Investitionsplanungen entsprechende Informationen. Vom theoretischen Ansatz her ist die Bestimmung der Preise für Emissionen relativ einfach: Der Preis ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Gesamtnachfrage, hier der zu reduzierenden Menge an Emissionsrechten, und der Angebotskurve, d.h. der aggregierten Vermeidungskostenkurve (siehe Abbildung 19). Problematisch ist dabei, dass die einzelnen Größen in der Regel nicht bekannt sind.

Im Hinblick auf die Reduktionsmenge (vgl. Abbildung 16) sind sowohl der BAU-Emissionspfad wie auch die mittel- und langfristigen Emissionsziele unbekannt. Hinsichtlich der Vermeidungskosten liegen ebenfalls sowohl für die aktuellen wie auch für die zukünftigen Kosten nur unvollständige Informationen vor. Darüber hinaus werden verschiedene modelltheoretische Ansätze verfolgt. Preisprognosen sind daher mit entsprechender Vorsicht zu betrachten. Dies sei kurz anhand von zwei Beispielen erläutert.

Der SO<sub>2</sub>-Handel (Schwefeldioxid) in den USA: Emissionshandel ist nicht nur mit Treibhausgasen, sondern auch mit regionalen Schadstoffen möglich. In den USA besteht zum Beispiel seit 1995 ein derartiges System für SO<sub>2</sub>.<sup>41</sup> Vor Einführung des Emissionshandels wurden verschiedene Studien zum Effizienzgewinn durch dessen Einführung gemacht. Die erwarteten Preise spielten dabei eine gewichtige Rolle. Diese bewegten sich zwischen 389 und 1.005 US-\$ je Tonne SO<sub>2</sub>. Die tatsächlichen Preise überschritten jedoch niemals die Marke von 250 US-\$ je Tonne SO<sub>2</sub>. Im Durchschnitt lagen sie sogar deutlich darunter und fielen zwischenzeitlich bis auf 68 US-\$ je Tonne SO<sub>2</sub>. Als Grund für die Diskrepanz zwischen erwarteten und realisierten Preisen wurden verschiedene Gründe angeführt:<sup>42</sup>

#### Bildung des Preises für Emissionsrechte

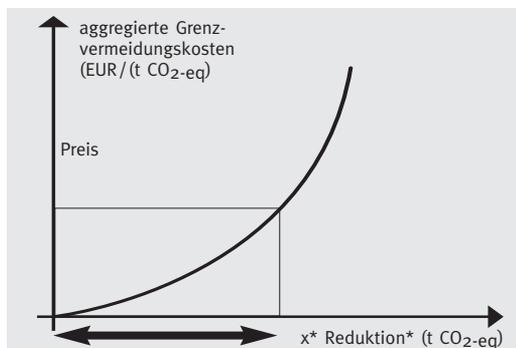


Abb. 19

Quelle: Eigene Darstellung.

41 Für eine Übersicht über verschiedene Programme siehe z. B. Ellermann et al. (2003).

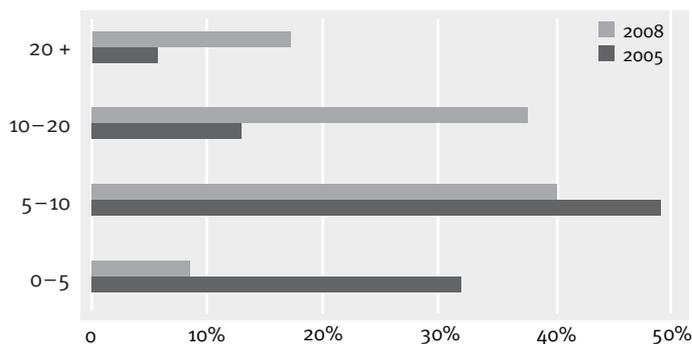
42 Vgl. insbesondere Bohi et al. (1997), Burtraw (1996), Ellermann et al. (1997), Ellermann et al. (1998) und Morel et al. (2000).

1. Die zeitgleich stattfindende Deregulierung des Schienenverkehrs ermöglichte es, schwefelarme Kohle aus entfernten Lagerstätten wirtschaftlich zu »neuen« Abnehmern zu transportieren. Hohe Transportkosten hatten dies zuvor verhindert. Derartige Möglichkeiten wurden in den Modellen zur Preisvorhersage nicht berücksichtigt.
2. Regierungen in einzelnen Bundesstaaten verlangten von den Energieversorgern, teure Entschwefelungsanlagen zu installieren, damit u. a. stark schwefelhaltige Kohle aus heimischer Produktion weiter verwendet werden konnte. Dadurch konnte die Nachfrage nach Zertifikaten sinken, während die Gesamtkosten für die betroffenen Energieversorgungsunternehmen stiegen.
3. Wegen der erwarteten hohen Kosten investierten zahlreiche Unternehmen zu umfangreich in teure Entschwefelungsanlagen. Die massiven Investitionen führten dann zu einem Überschuss an Zertifikaten, sodass die Preise sanken. Solange die Betriebskosten geringer waren als die Preise für die Zertifikate, wurden die Anlagen jedoch weiter betrieben.
4. Emissionsmindernde Maßnahmen an bestehenden älteren Anlagen können zu höheren Kosten führen: Auf Grund der kürzeren Restlebensdauer der »Hauptanlage« sinkt auch die Amortisationszeit der zusätzlichen emissionsmindernden Maßnahmen. Es wird ein Anreiz zu Emissionsreduktionen in jüngeren Anlagen gegeben, der zu einer Übererfüllung und somit zu sinkender Nachfrage führen kann.

Derartige, nicht immer vorhergesehene Faktoren können auch im Falle der CO<sub>2</sub>-Märkte eintreten bzw. sind auf Grund der bisher geringen Erfahrungen mit Emissionshandelssystemen für CO<sub>2</sub> zu erwarten. So führt beispielsweise das Erneuerbare-Energien-Gesetz in Deutschland zu einer Minderung der Emissionen der deutschen Stromwirtschaft, die von den Stromverbrauchern finanziert wird. Somit kommt es zu einer Preisreduktion für Emissionsrechte, ohne dass dieser Effekt bisher sinnvoll quantifiziert wurde.

*Das EU-Emissionshandelssystem:* Auch im Vorfeld der Einführung des CO<sub>2</sub>-Handels in Europa wurden zahlreiche Untersuchungen gemacht. Springer et al. (2004) kommen nach einer Analyse existierender Handelssysteme und verschiedener Modellergebnisse zu der Schlussfolgerung, dass der Preis für Emissionsrechte für das Internationale System im Zeitraum 2008 bis 2012 unter 10 US-\$/t CO<sub>2</sub> liegt. Dabei muss betont werden, dass die noch zu bestimmenden Emissionsziele für den Zeitraum nach 2012 einen wesentlichen Einfluss auf diesen Preis haben. Da Unternehmen, wie zuvor erwähnt, im EU-Handelssystem Rechte aus den Kyoto-Mechanismen CDM und JI verwenden können, ist eine Koppelung der Preise unter dem internationalen Regime und dem EU-System zu erwarten. Der Preis des Joint Implementation sollte also in ähnlicher Größenordnung liegen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch eine Umfrage des ZEW (2004) (siehe Abbildung 20). Dabei wird deutlich, dass für die Periode 2008 bis 2012 mit tendenziell steigenden Preisen gerechnet wird.

### Erwartete Preise (in Euro) für CO<sub>2</sub>-Emissionsberechtigungen (Expertenumfrage) in den ersten beiden Perioden des EU-Handelssystems\*



\* Antworten der Befragten in Prozent

Abb. 20

Quelle: ZEW (2004).

Die tatsächliche Entwicklung nach Einführung des EU-Systems wies dagegen in eine andere Richtung. Entgegen den mehrheitlichen Erwartungen der Experten stiegen die Preise für EU-Emissionsberechtigungen auf zeitweise über 30 Euro/t CO<sub>2</sub> und liegen seit einiger Zeit bei ca. 15 Euro/t CO<sub>2</sub>. Als Fazit ist festzuhalten, dass quantitative Aussagen über die Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Preisen zumindest zurzeit mit Vorsicht zu betrachten sind. Einfacher ist es, Einflussfaktoren für die Preise zu bestimmen.

#### 4.2 Einflussfaktoren für die zukünftige Preisentwicklung von Emissionsrechten

Die drei grundlegenden Einflussfaktoren für die Preise der Emissionsrechte für Treibhausgase sind (1) die Emissionsentwicklungen in Abwesenheit klimapolitischer Ziele (business-as-usual), (2) die Emissionsziele sowie (3) die Grenzvermeidungskosten(-kurve). Für jeden dieser Faktoren können viele Teilfaktoren identifiziert werden. Die Emissionsentwicklung in Abwesenheit klimapolitischer Ziele wird u. a. von der demografischen und der wirtschaftlichen Entwicklung bestimmt. Beide Faktoren üben bei positiver Zunahme einen Effekt auf die BAU-Emissionen aus. Auch auf die Teilfaktoren wirken wiederum verschiedene Einflussgrößen.

Die Emissionsziele werden exogen von der Politik vorgegeben. Das Handeln der Politiker hängt wiederum vom Einfluss verschiedener Akteure wie Wählern und Lobbyisten ab. Ferner sind die Erkenntnisse der Klimaforschung von Bedeutung, die Einfluss auf die Akteure haben.

Für die Grenzvermeidungskosten(-kurve) lassen sich u. a. folgende Teilfaktoren identifizieren: Ausgestaltung des betrachteten Emissionshandelssystems (z.B. zulässige Treibhausgase, Anzahl der Teilnehmer etc.), Ausgaben für Forschung und Entwicklung, sonstige Politiken und Maßnahmen, wie beispielsweise die Förderung der erneuerbaren Energien.

## Schematisches Wirkungsgefüge für das System „CO<sub>2</sub>-Preis“

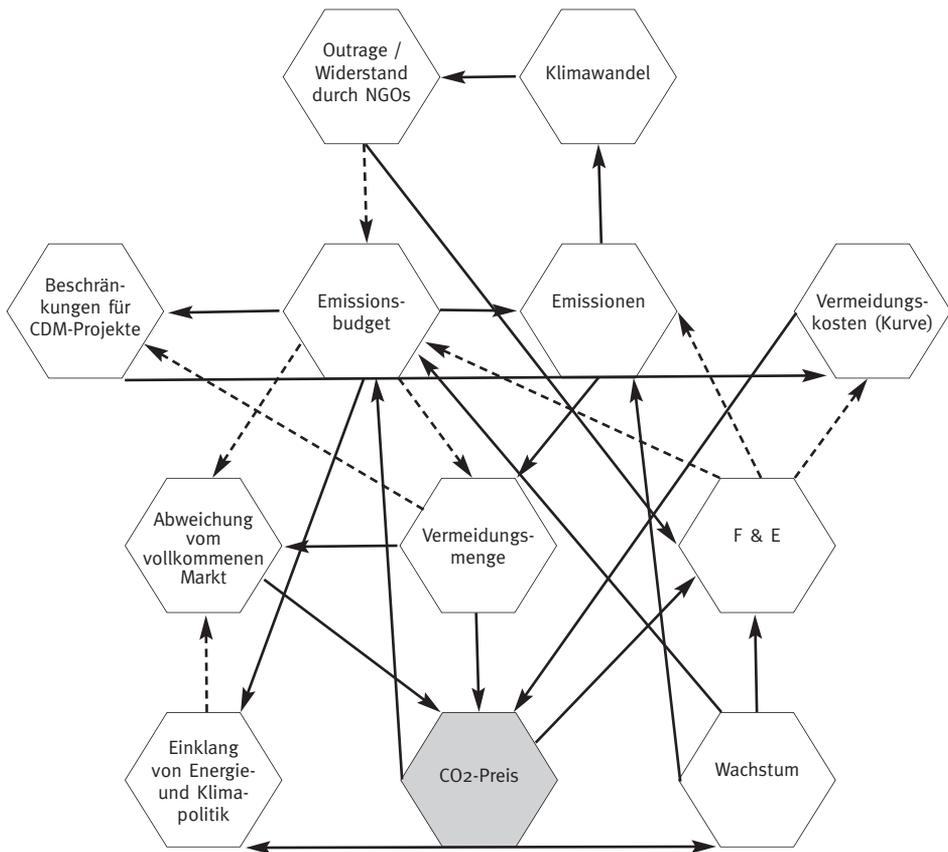


Abb. 21

Quelle: Eigene Darstellung.

Die oben genannten Faktoren wirken nun wiederum nicht direkt auf den CO<sub>2</sub>-Preis, sondern sind miteinander vernetzt und stehen untereinander in wechselseitigen Beziehungen. Wird dieser Tatsache Rechnung getragen, so entsteht ein komplexes System, das schematisch in Abbildung 21 dargestellt ist.

Die Ausführungen machen deutlich, dass die Prognose von mittel- bis langfristigen CO<sub>2</sub>-Preisen komplex ist und quantitative Aussagen nur dann sinnvoll sind, wenn sie größere Spannweiten vorgeben. Konkrete Einzelwerte sollten immer mit Vorsicht betrachtet werden, auch wenn Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft eine Vorliebe für derartige Zahlen haben und diese auch von Beratern am Markt angeboten werden.

## 5 Produktion alternativer Energien

Die Erzeugung und der Einsatz von Energie sind die Hauptursachen für Treibhausgasemissionen. Durch die Reduktionsziele für Emissionen, insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen, gewinnen »alternative Energien«, oder auch »regenerative Energien«, an Bedeutung. So soll auf einen gemeinsamen Vorschlag der deutschen, schwedischen und dänischen Regierung hin der Anteil der erneuerbaren Energien an dem EU-Energieverbrauch des Jahres 2020 20% und der Anteil von Biokraftstoffen hieran 10% betragen. Im Jahr 2007 wird dieser Anteil lediglich bei etwa 7% liegen. Hinzu kommt, dass die konventionellen Rohstoffe Stein-, Braunkohle, Erdgas und -öl sowie Uran (ohne Aufbereitung) begrenzt verfügbar sind, was zukünftig Preissteigerungen für diese Rohstoffe bewirken kann. Zudem werden die Preise für die alternativen Energien auf Grund von Lernkurveneffekten und steigenden Skalenerträgen sinken. Diese Trends sowie die Reduktionsziele für CO<sub>2</sub>-Emissionen werden zur Folge haben, dass die Zahl der Arbeitsplätze im Bereich der Produktion erneuerbarer Energien zukünftig zunehmen wird. Im Jahr 2004 waren in Deutschland etwa 157.000 Personen in diesem Wirtschaftsbereich tätig, hierunter 64.000 Personen im Bereich der Energieerzeugung durch Windkraft (vgl. Abbildung 22).

### Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland, 2004

Energieträger	Beschäftigte 2004	Beschäftigte 2002	Differenz 2004/2002
Windkraft	64.000	53.200	10.800
Wasserkraft	9.500	8.400	1.100
Solarenergie	24.800	12.700	12.100
Biomasse	57.000	29.000	28.000
Geothermie	1.800	2.400	-600
Alle Bereiche	157.100	105.700	51.400

Abb. 22

Quelle: Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin.  
Entnommen aus: BMU (2006b).

### Primärenergieverbrauch in Deutschland in %, 2005 (Wirkungsgradmethode)

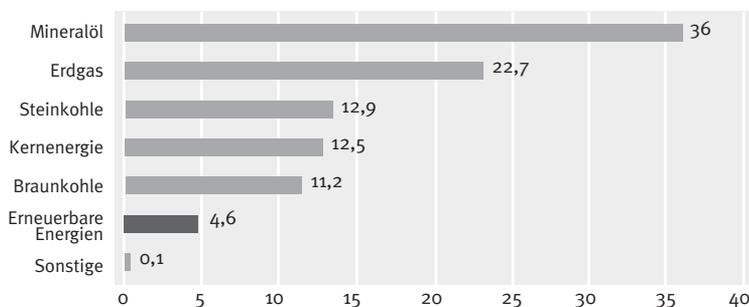


Abb. 23

Quelle: AGEE-Stat; AG Energiebilanzen (vorläufige Angaben)  
Entnommen aus: BMU (2006a).

Für die Erzeugung von regenerativen Energien werden beispielsweise Gezeiten- und Wellenanlagen, Fotovoltaik-Anlagen, solarthermische Kraftwerke und Geothermie eingesetzt.<sup>43</sup> Ebenso zählen Biokraftstoffe zu den regenerativen Energien. Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Primärenergieverbrauch<sup>44</sup> betrug in Deutschland im Jahre 2004 4,6% (nach Wirkungsgradmethode) (vgl. Abbildung 23).

Die vergleichsweise geringe Bedeutung alternativer Energien spiegelt sich in der Struktur der Bruttostromerzeugung wider, welche eine Komponente des Energiebedarfs darstellt (vgl. Abbildung 24). Braun- und Steinkohle, aber auch Kernenergie, nehmen jedoch in der Bruttostromproduktion eine bedeutende Position ein. Allerdings gibt es bereits Anzeichen für den Bedeutungszuwachs der Produktion von alternativen Energien. Bei den größten Energieverbrauchern, Stein- und Braunkohlekraftwerken, kam es in den letzten Jahren zu einem stetigen Rückgang, wohingegen die alternativen Energien am Bruttostrommarkt Zuwächse zu verzeichnen hatten. Generell ist ein stark ausgeprägter Wechsel von den Erzeugern von Bruttostrom, also bspw. von Braunkohlekraftwerken oder Kernkraftwerken, hin zur solarthermischen Energie, kurzfristig nicht möglich. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass viele Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie technisch noch nicht weit genug entwickelt sind, um adäquat alternative Energie in großen Mengen zu erzeugen.<sup>45</sup>

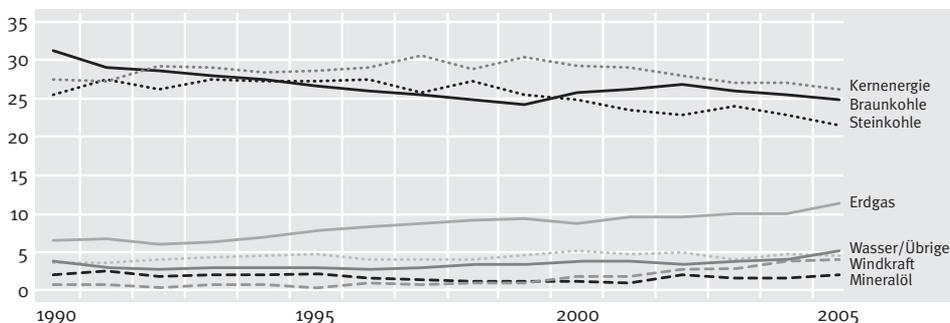
Die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) plädiert für einen vorübergehenden Erhalt der derzeitigen Kernkraftwerke, um das CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel zu erreichen und die Energieversorgungssicherheit aufrechtzuerhalten. Bei einer frühzeitigen Abschaltung bis ca. zum Jahre 2020 könnten nicht genug (Strom-)Kapazitäten zur Verfügung stehen. So müsste bei

43 Die Solarstrahlung, die kinetische Energie des Windes, der Meereswellen und -strömungen, die nachwachsende Biomasse und die geothermische Energie sowie Wärmeenergie der Meere entsprechen dem 3.000-Fachen des derzeitigen (Welt-)Energieverbrauchs (BMU 2006a).

44 Primärenergieverbrauch im Inland beschreibt die Menge an Energieträgern, die im Inland gewonnen wurden. Hinzu kommen der importierte Primär- und Sekundärenergieverbrauch sowie Bestandsentnahmen an Energieträgern. Abgezogen werden dabei die exportierten und in Bestände angelegten Energieträger. Primärenergieträger sind beispielsweise Rohstoffe wie Kohle, Kernbrennstoffe und Wasserkraft. Sekundärenergieträger sind Energieträger, die als Ergebnis von Umwandlungsprozessen entstanden sind, wie z. B. Elektrizität und Mineralölerzeugnisse (vgl. Statistisches Bundesamt 2007).

45 Vgl. DPG (2005).

#### Struktur der Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990–2005, in % (Mrd. kWh)\*



\* Für 2003, 2004, 2005 sind die Angaben vorläufig und z.T. geschätzt. Wasserkraft einschl. Erzeugung in Pumpspeicherkraftwerken.

Abb. 24

Quelle: AG Energiebilanzen e.V. (2007).

einer Abschaltung vermehrt auf Braun- und Steinkohle zurückgegriffen werden, wodurch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß ansteigen würde. Kernkraftwerke erzeugen hingegen einen nahezu CO<sub>2</sub>-freien Strom. Andererseits kann die Bruttostromproduktion durch Kohlekraftwerke und Leichtwasserreaktoren nicht nur auf Grund von schwindenden Reserven ins Stocken geraten, sondern auch, zum Beispiel, auf Grund sinkender Wasserpegel in den Flüssen und steigender Wassertemperaturen. Meeres- und Flusswasser wird direkt zum Kühlen der Kraftwerke genutzt. Wenn die Temperatur der für die Kühlung vorgesehenen Gewässer ansteigt, dann muss die Leistung eines Kraftwerkes minimiert werden oder es kommt zu einer Abschaltung von Kernkraftwerken, um eine Überhitzung zu vermeiden. Hiervon waren einige Kraftwerke in Europa während des überdurchschnittlich warmen Sommers im Jahr 2003 betroffen.<sup>46</sup>

Abbildung 25 zeigt, wie sich der Energiemix in den kommenden Jahrzehnten verändern könnte. In einem Szenario des HWWI zur Entwicklung der Nachfrage nach Energierohstoffen wächst die Weltnachfrage nach Öl und Kohle bis 2030 mit einer jährlichen Rate von knapp 1,7% deutlich langsamer als die nach Gas (2,4%) und alternativen Energien (3,3%).<sup>47</sup> Auf Grund der unterschiedlichen Wachstumsraten in diesem Szenario sinkt der Ölanteil am gesamten Primärenergieverbrauch von 37% auf 33% und der Kohleanteil von 26,5% auf knapp 24%. Im Gegenzug steigt der Gasanteil von 24% auf 26% und der Anteil von sonstiger Energie von ca. 12% auf etwa 17%. Dabei könnte es auf Grund der Knappheit zu entscheidenden Preissteigerungen für die Reserven Öl, Kohle und Gas kommen sowie regional zu höchst unterschiedlicher Nachfrageentwicklung. Auf Grund der Verknappung der Rohstoffe und der steigenden Konfliktpotentiale müssen alternative Energien dazu beitragen, die

<sup>46</sup> Vgl. Zebisch, Marc et al. (2005).

<sup>47</sup> Vgl. Bräuninger et al. (2005b).

### Energiemix im Zeitverlauf, Welt, in Mio. Tonnen Öläquivalent

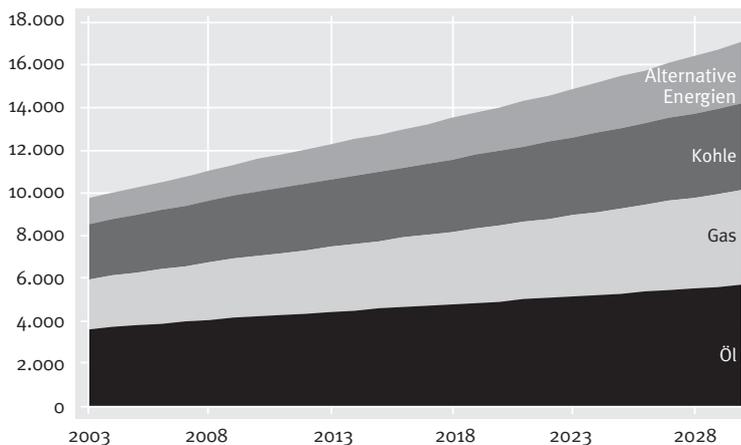


Abb. 25

Quelle: Berechnungen HWWI, Bräuninger et al. (2005b).

territorialen und fossilen Abhängigkeiten zu mindern, um wirtschaftliches Wachstum zu gewährleisten. So könnte der Abhängigkeitsgrad von fossilen Brennstoffen bis 2030 bei Gas von derzeit 57% auf 82% und bei Erdöl von derzeit 82% auf bis zu 93% steigen.<sup>48</sup>

Die Windenergie, als alternative Kraftanlage zur Stromenergieerzeugung, eröffnet Potentiale zur Minimierung der Rohstoffabhängigkeit. Im Jahre 2004 betrug der Anteil der durch Windkraft erzeugten elektrischen Energie am gesamten Bruttostromwert ca. 4,2%.<sup>49</sup> Insgesamt könnten etwa 25% des gegenwärtigen Bruttostrombedarfs mit Windkraftanlagen erzeugt werden. Insbesondere Offshore-Windparks könnten 15% des heutigen Stromverbrauchs erzeugen oder eine geschätzte Leistung von 20.000 bis 25.000 MW bis zum Jahre 2030 erreichen,<sup>50</sup> was etwa einem Äquivalent von 20 bis 25 KKW's entspricht. Auf offener See können dem Wind dabei geschätzte 40% mehr (Wind-)Energie entzogen werden als bei Windanlagen an Land. Auf Grund der hohen Netzbindungskosten durch Seeverkabelung sowie spezieller und teurer Gründungstechniken sind nur größere Windparks wirtschaftlich. Auch sind Belange des Natur- und Umweltschutzes sowie der maritimen Wirtschaft zu berücksichtigen, um Windanlagen im Offshore-Bereich zu ermöglichen. Gegen die derzeitige Realisierung spricht, dass Windkraftanlagen in der Hochsee technisch noch nicht ausgereift sind. Ebenso fehlen notwendige Hochspannungsleitungen an der Küste. Diese ungewissen Faktoren haben dazu geführt, dass die (Projekt-)Finanzierung geplanter Offshore-Anlagen ungewiss ist, da die technische Umsetzung noch offen erscheint. Es bedarf ebenso technischer Neuerungen alter (Wind-)Anlagen an Land, um einen Anteil von 25% des gesamten Strombedarfs zu erreichen. So sinkt die Volllastleistung der Windkraftanlagen durch vermehrten Zubau neuer Anlagen an schlechten Standorten. Zudem müssten bei einem hohen Anteil der Windenergie an der Bruttostromerzeugung Reserveleistungen zur Windenergie bzw. große Energiespeicher (z. B. Druckluftspeicher) bereitgestellt werden, um bei (Wind-)Flauten die Energieversorgung gewährleisten zu können.<sup>51</sup> Die Deutsche Physikalische Gesellschaft plädiert hingegen als Alternative die Nutzung von solarthermischen Kraftwerken in Südeuropa und Nordafrika, da diese aus physikalisch-technischen Gesichtspunkten die besten Alternativen darstellen, um großflächig Bruttostrom zu erzeugen, um so einen Beitrag zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu erreichen.

Insgesamt sind große Fortschritte in der Grundlagenforschung und hohe Investitionen erforderlich, um das vorgegebene CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionsziel (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) der Bundesregierung von 40% gegenüber 1990 bis zum Jahre 2020 zu erreichen. Dies erscheint gegenwärtig in Anbetracht des Stands der Technik und fehlender Investitionen als relativ unwahrscheinlich. Es ist wahrscheinlich, dass es einen Energiemix aus einer Vielzahl von Lösungen geben wird, wie z. B. der Biomasse, Windenergie, Kernenergie sowie fossilen Kraftwerken mit CO<sub>2</sub>-Sequestrierung.<sup>52</sup> Die energieerzeugende Branche wird zudem in Zukunft

48 Vgl. o. V. (2007).

49 Vgl. DPG (2005).

50 Vgl. BMU (2006a) und DPG (2005).

51 Siehe hierzu auch Eikmeier u. a. (2007).

52 Bei der sogenannten CO<sub>2</sub>-Sequestrierung wird das CO<sub>2</sub> »abgeschieden« und im Nachhinein unterirdisch gelagert. Zu den energiewirtschaftlichen Implikationen siehe Bode (2007).

## Energieverschwendung und -effizienz

Der Standby-Stromverbrauch für den privaten Haushalt wird auf 20 TWh jährlich geschätzt. Dies sind ca. 15% des gesamten Stromverbrauchs in diesem Bereich. Rechnet man das Gewerbe und den Handel hinzu, kommt man auf ein jährliches Einsparpotential von 25-30 TWh. Demnach entsteht durch moderne Elektronik ein Leerlaufverlust, der einem CO<sub>2</sub>-Emissionsausstoß von ca. 18-21 Millionen t pro Jahr entspricht. Ähnlich hoch wird das Einsparpotential von mangelhaften oder fehlerhaften elektrischen Getrieben geschätzt. So beträgt das Einsparpotential hier etwa 50 TWh, was etwa 10% des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland entspricht. Dieser Stromverbrauch entspricht etwa 35 Millionen t CO<sub>2</sub> pro Jahr.

### Kasten 2

einen erheblichen Beschäftigungsbeitrag leisten können, da in den kommenden Jahren mit bedeutenden Innovationen zu rechnen ist. Es gibt jedoch neben der Frage der Energiebereitstellung erhebliche Potentiale, um die Energieeffizienz (vgl. Kasten 2) zu verbessern.

Gerade im Bereich der Energieerzeugung zeigt sich, dass der Klimawandel auf Grund seiner Anreize für Innovation in vielen Bereichen positive ökonomische Effekte mit sich bringt. Klimawandel bzw. klimapolitische Instrumente haben bereits in der Vergangenheit und werden auch zukünftig Anreize für Innovation und ihrer praktischen Nutzung geben. Hiervon sind die Bereiche »Industrien«, »Haushalte« und »Verkehr« gleichermaßen betroffen. Anreize zu entsprechenden Innovationen – und damit in Investitionen in Forschung und Entwicklung in diesen Bereichen – sind vielfältiger Natur. Sie können aus dem Wunsch des Konsumenten resultieren, sich »umweltfreundlicher« zu verhalten und dafür auch eine Zahlungsbereitschaft zu haben. Innovationen entspringen aber auch dem Gewinnmaximierungskalkül von Unternehmen, wenn sie bspw. zur Senkung der Vermeidungskosten von Emissionen, welche durch Politikinstrumente mit Kosten belegt worden sind, und damit zur Senkung der Produktionskosten beitragen. Gleiches gilt für energiesparende Innovationen. Darüber hinaus setzen mit dem Klimawandel verknüpfte Gesetze und Auflagen Anreize für Innovationen. Innovationen können aber auch aus einer unvermeidbaren Anpassung des Produktionsprozesses an die veränderten klimatischen Bedingungen resultieren, bspw. in der Landwirtschaft und im Tourismus.



## Teil B

### Probleme, Herausforderungen und Strategieansätze aus der Sicht von Unternehmen und Investoren

#### **Berenberg Bank**

## Zusammenfassung

Aus Kapitalmarktsicht bergen die Folgen der Erderwärmung alle Voraussetzungen in sich, zu einem der Mega-Trends der kommenden Jahrzehnte zu avancieren. Kaum eine Region, kaum eine wirtschaftliche Aktivität, die nicht betroffen wäre. Und mit zunehmender Intensität sehen sich die Menschen der zerstörerischen Kraft von Naturkatastrophen ausgesetzt. Die Bereitschaft zum Handeln war daher im Sommer 2007 stark ausgeprägt.

- 87% der großen, global agierenden Unternehmen betrachteten den Klimawandel als wirtschaftliches Risiko i.S.v. möglichen Produktionsunterbrechungen, steigenden Kosten als Folge staatlicher Eingriffe oder drohenden Wettbewerbs- und Imageproblemen.
- In Deutschland konnte sich die Mehrheit der Bevölkerung vorstellen, durch ein verändertes Konsumverhalten einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Für Schlüsselindustrien wie die Energieerzeugung, den Automobilbau, das Transportwesen, die Versicherungen, aber auch die Landwirtschaft wird der Klimawandel genauso wichtig wie Wechselkurs- und Zinsrisiken. Je höher die CO<sub>2</sub>-Emissionstätigkeit, desto wahrscheinlicher ein zukünftiger Anstieg der Produktions-/Absatzkosten. Andersherum: je größer der Beitrag zur Einsparung fossiler Energieträger in Produktion, Strom-/Wärmeerzeugung und im Transportwesen, desto besser die wirtschaftlichen Aussichten der an solchen Lösungen beteiligten Unternehmen. Es wird im Wesentlichen zwei Lösungsansätze geben:

- »Wer verschmutzt, zahlt.« So werden Umweltkosten individualisiert bzw. internalisiert. U.a. wird der Kauf von Emissionszertifikaten obligatorisch.
- Vermeidungsstrategien und die Entwicklung neuer Technologien werden staatlich gefördert.

So lässt sich eine Trennlinie zwischen Börsengewinnern und -verlierern ziehen. Für die Gewinner steht ein zu verteilernder »Investmentkuchen« in der Größenordnung einer fünfstelligen Milliarden-Dollarsumme zur Verfügung. Der Markt für »grüne Technologien« kann bis 2030 um jahresdurchschnittlich 8% wachsen – fast doppelt so schnell wie die Weltwirtschaft.

Im Vordergrund stehen naturgemäß die Möglichkeiten der Bereitstellung erneuerbarer Energien aus Windkraft, Solar- und Biomasse-Anlagen, aber auch der Geothermie oder von Aufwindkraftwerken. Trotz spürbarer Kurserfolge waren die führenden Branchenvertreter im Sommer 2007 zusammengenommen an den Börsen immer noch weniger wert (US-\$ 370 Mrd.) als der weltweit größte Öl- und Gaskonzern, Exxon Mobile, für sich alleine (US-\$ 487 Mrd.).

Das Thema »Energie sparen« wird die Bauindustrie beflügeln. Nachrüstung von Altbauten, der Einsatz neuer Materialien und Dämmtechniken, Energiesparpumpen und -lampen, die Sicherung gegen Wetterextreme (Sturm, Überflutung) u.v.m. werden hohe Milliardensummen verschlingen. Zunehmend wird erkannt, dass auch die unmittelbar den klimatischen Wechselwirkungen ausgesetzten Land- und Forstwirte in bestimmten Regionen zu den

großen Gewinnern zählen dürften. Der Anbau pflanzlicher Rohstoffe zur Biodiesel- und Bio-Ethanol-Gewinnung wird zu kräftigen Preissteigerungen bei Raps, Mais, Weizen & Co. führen.

Investitionen in sog. produktionsorientierte Forstflächen versprechen in den kommenden Jahrzehnten einen sprunghaften Renditeanstieg. Er speist sich zum einen aus dem an das Weltbevölkerungswachstum gekoppelten erheblichen Nachfrageschub für Holzprodukte. Zum anderen dürften wegen der Waldeigenschaft als CO<sub>2</sub>-Senken Emissionszertifikate in erheblichem Umfang an Forstbesitzer zugeteilt werden.

Trotz zunehmender Großschäden gehört die Versicherungsbranche aus unserer Sicht nicht zu den Verlierern des Klimawandels. Sie hat sich bislang als sehr kreativ erwiesen. Innovative Produkte wie Wetterderivate und Katastrophen-Anleihen verlagern/verteilen die Risiken neu. Höhere Prämienforderungen und die Ablehnung bestimmter Risiken lassen die Assekuranz einigermaßen beruhigt in die Zukunft blicken. Neutral schätzen wir aus Klimasicht ebenfalls die Perspektiven der Chemie ein.

Eindeutig Probleme werden die Betreiber konventioneller Kraftwerke als Hauptverursacher der Treibhausgase bekommen. Auf ihnen lastete der doppelte Druck, Emissionsvolumina zu reduzieren, Wirkungsgrade zu erhöhen und gleichzeitig den Einstieg in CO<sub>2</sub>-freie Kohlekraftwerke zu schaffen. Das wird die Kosten der Energieerzeugung stark erhöhen. Die oligopolistische Anbieterstruktur wird jedoch vielfach ein Abwälzen über angehobene Strompreise auf den Endverbraucher ermöglichen. Die eigentlichen Verlierer dürften also die Stromkunden sein. Nebenthema: Da fossile Brennstoffe auch in 2030 noch eine große Rolle spielen werden, hat gerade ein neuer Wettlauf zum Nordpol, wo große Bodenschätze lagern, begonnen.

Zu den Verlierern zählen wir den Transportsektor (Automobile, Luftverkehr/Tourismus, Schifffahrt). Emissionsreduzierung muss im Vordergrund stehen. Bis zur Serienreife von Wasserstoff-/Brennstoffzellen-Autos werden noch viele Jahre vergehen. Bis dahin werden sich die Produkte/Dienstleistungen verteuern, da sie mit dem zwangsweisen Erwerb von Emissionszertifikaten/Steuererhöhungen belastet werden. Auch energieintensive Industriesektoren wie die Zement- oder Stahlherstellung werden mit Belastungen zu kämpfen haben.

**Fazit:** Gerade Deutschland hat sich mit seinem hohen Innovationspotential zum Marktführer in zahlreichen Zukunftsbranchen der erneuerbaren Energien, bei »grünen« Produkten, der Abfallwirtschaft, der Nano- und Biotechnologie oder der Steigerung der Energieeffizienz aufgeschwungen. Hier entstehen perspektivisch mehr Arbeitsplätze als in der Automobilindustrie oder dem Maschinenbau. Das wird den Anlegern viele Chancen eröffnen, sei es über Aktien, Themenfonds, Wetterderivate, Katastrophen-Bonds, Energie- oder Klimazertifikate.

## 1 Die Folgen der Erderwärmung gehen alle an

Wer im Treibhaus sitzt, der werfe den ersten Stein! In Abwandlung und Umkehrung eines bekannten Sprichwortes ist ein weltweit koordiniertes Vorgehen zur Eindämmung von Treibhausgasen gefordert. Dabei sollten weder die USA auf die VR China zeigen – beide Staaten haben im Übrigen bislang nicht das Kyoto-Protokoll ratifiziert –, um von dort mehr Umweltengagement zu fordern. Noch sollten Indien oder andere Schwellenländer den ersten Schritt von den Industrienationen verlangen. Die Ursachen und Folgen des Klimawandels sind nicht lokal, sondern wahrhaft global. Zwar stimmt es, dass die USA mit einem Jahresausstoß von 5,728 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> der weltweit größte »Umweltverschmutzer« waren. Schon im Jahr 2004 folgte jedoch China mit 3,719 Mio. Tonnen.<sup>1</sup> Und Indien lag mit 1,064 Mio. Tonnen vor Deutschland (854 Mio. Tonnen). Genauso richtig ist aber auch: Zwei Drittel der bis 2030 erwarteten zusätzlichen Energienachfrage werden aus der »Dritten Welt« stammen. Dies wissend, unternehmen Indien und China bereits erhebliche Anstrengungen, um die Wirtschaftsprozesse energieeffizienter zu gestalten und auf CO<sub>2</sub>-freie Stromerzeugungsquellen umzustellen. Gegen Ende des Jahres 2005 verfügte Indien über mehr Kraftwerkskapazitäten aus erneuerbaren Energien als Japan. Im selben Jahr, für sich genommen, stand die VR China weltweit an der Spitze, was den Ausbau umweltfreundlicher Kraftwerke anbelangte.

Die Zeichen der Zeit sind fast überall erkannt. Das ist gut so. Denn der Entwicklungspfad in Bezug auf das Ausmaß von Erderwärmung und Anstieg des Meeresspiegels bis in das Jahr 2040 hinein scheint nach akzeptierten wissenschaftlichen Erkenntnissen weitestgehend determiniert (vgl. Teil 1). Denn: Ähnlich wie demografische Trends vollzieht sich der Klimawandel langsam. So wie die »Baby-Boom-Generation« der Jahrgänge 1950 – 1965 und der anschließende »Pillenknick« das Rentnerprofil vieler Industrienationen für die kommenden Jahrzehnte ziemlich exakt vorgegeben haben, so bestimmen die Treibhausgasemissionen der Jahre 1970 – 2004 recht zuverlässig das Profil des Klimawandels bis 2040.

Alles, was jetzt an Gegenmaßnahmen ergriffen wird, macht sich erst danach bemerkbar. Das darf nicht dazu verführen, die Hände in den Schoß zu legen und nichts oder zu wenig zu tun. Denn wir alle werden betroffen sein. So geht beispielsweise Indonesiens Umweltminister, Rachmat Witoelar, davon aus, dass der Inselstaat bis 2030 von seinen 17.000 Eilanden 2.000 durch Überflutung verlieren wird. Die tiefer gelegenen St. Lucia, Bahamas und Fidschis hält er allerdings für noch gefährdeter. Solche Erkenntnisse haben die Bereitschaft innerhalb der Bevölkerungen, aber auch bei Unternehmen, zu handeln, stark wachsen lassen.

- Die Mehrheit der Deutschen kann sich vorstellen, durch ihr Konsumverhalten einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, so die Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) im Frühsommer 2007. Achtzig Prozent wünschten sich Elektrogeräte ohne Stand-by-Funktion. Die überwiegende Mehrheit erwog den Kauf von Energiesparlampen. Aber: Nur ein

<sup>1</sup> Vgl. International Energy Agency (2007).

Drittel war bereit, bei aktuellen Benzinpreisen vom eigenen Automobil auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen.

- Andere Untersuchungen belegen: 87% der großen, global operierenden Konzerne betrachten den Klimawandel als wirtschaftliches Risiko, aber auch als Chance. Genannt wurden vor allem Risiken von Produktionsunterbrechungen, steigenden Kosten als Folge staatlicher Eingriffe und Wettbewerbs- und Imagerisiken.<sup>2</sup>

Vor diesem Hintergrund sollten möglichst alle »Treibhausbewohner« gleichzeitig einen hoffentlich großen »Stein« werfen, um Wettbewerbsgleichheit unter Nationen, Unternehmen und Verbrauchern, so gut es geht, zu gewährleisten.

Also sind vor allem supranationale Organisationen, aber auch Nationalstaaten gefordert, wenn es um das Setzen allgemein verbindlicher Emissionsreduktionsziele, die Vorgabe von Zeitrahmen und die zu beschreitenden Wege dorthin geht.

Denn jeder, der Treibhausgase ausstößt, verursacht Kosten. Darum liegt ein wesentlicher Schritt zur Problemlösung darin, die schädlichen Folgen/gesellschaftlichen Kosten von Schadstoffemissionen individuellen Unternehmen bzw. Einzelpersonen zuzuordnen. Ein klassischer Fall »externer Effekte«. Diese müssen nun »internalisiert«, d.h. in die Kostenstruktur produzierender Unternehmen bzw. von Autofahrern oder Flugtouristen integriert werden. Motto: »der Verschmutzer zahlt«.

Zwei Ansätze sind denkbar. Es könnte eine allgemeine CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt werden. Oder marktwirtschaftlichen Preisfindungsprozessen wird eine wesentliche Rolle eingeräumt. Dem versuchen bislang vor allem die Europäer mit der Schaffung von Emissionszertifikaten und deren börsenmäßigem Handel Rechnung zu tragen. Die Praxis wird eine Mischform hervorbringen, wie die Diskussion über die Einführung einer emissionsabhängigen Kfz-Steuer in Deutschland zeigt.

Ergänzend dürfte es zu transferpolitischen Zahlungen und Leistungen kommen, um bestimmte Zielvorgaben zu erreichen. Beispiele hierfür sind die nationalen Vorgaben, bestimmte Biospritmengen den regulären Kraftstoffen beizumischen, regenerative Energiequellen zu fördern oder den Forschungs- und Entwicklungsaufwand für neue Technologien massiv zu erhöhen.

<sup>2</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2006).

## 2 Die Bedeutung des Klimawandels aus Kapitalmarktsicht

»Die Umstrukturierung der Weltwirtschaft nach ökologischen Gesichtspunkten bietet eine der größten Investitionsmöglichkeiten aller Zeiten.«<sup>3</sup>

### 2.1 Investoren machen Druck

Doch zunächst einmal wird es vielfach zu Belastungen kommen. Für Schlüsselindustrien wie die Energieerzeugung, den Automobilbau, das Transportwesen, die Versicherungen, aber auch die Landwirtschaft wird der Klimawandel genauso wichtig wie Wechselkurs- oder Zinsrisiken. Je höher die Emissionsintensität, desto wahrscheinlicher ein zukünftiger Anstieg der Produktions-/Absatzkosten als Folge staatlich vorgegebener CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele. In der Praxis dürfte der flächendeckende Erwerb von Emissionszertifikaten verpflichtend werden.

Anleger und Investoren werden immer stärker darauf drängen, dass klimabedingte Risiken (»Umweltverbindlichkeiten«) in den Bilanzen ähnlich den Verpflichtungen aus »Latenten Steuern« oder Pensionszusagen offengelegt werden. Dazu bedarf es ergänzender Angaben zur Energieeffizienz der Produktion/des Geschäftsbetriebes, zur Höhe individueller Schadstoffmengen und den unternehmensspezifischen Klimastrategien.

In diese Richtung zielen bereits seit einigen Jahren die Aktivitäten des »Carbon Disclosure Project« (CDP). Dahinter verbergen sich mehr als 200 weltweit führende Geldhäuser, Versicherungen und Investmentfonds mit einer in 2006 verwalteten Kapitalanlagensumme von \$ 31.500 Mrd. Sie verlangten von 2100 global operierenden Großunternehmen Angaben zu den physischen und regulatorischen Risiken des Klimawandels sowie möglichen Wettbewerbsnachteilen oder Imageschäden des »Nichts-Tuns«. Auf der Grundlage der Antworten entstand anschließend der »Climate Leadership Index«.<sup>4</sup> Zu den jeweiligen Branchenbesten zählten vielfach auch deutsche Unternehmen wie BMW, DaimlerChrysler, Bayer, BASF, RWE, Siemens, Allianz oder Münchener Rück.

Interessantes Nebenergebnis: Bei Emissionskosten/Zertifikatepreisen von \$ 25,- je Tonne CO<sub>2</sub> könnten viele Unternehmen ihre Emissionsmengen bis 2012 um mindestens 10% unter das Ausstoßniveau von 2005 absenken und das mit einem vergleichbar geringen Aufwand von 1% der für 2005 ausgewiesenen Jahresüberschüsse.

Genau hier verläuft die Trennlinie zwischen den »Verlierern«/Belasteten der Folgen des Klimawandels und den »Gewinnern«, nämlich solchen Unternehmen, die CO<sub>2</sub>-freie Technologien (der Energieerzeugung) anbieten oder über Lösungen für eine gesteigerte Energieeffizienz verfügen bzw. an dem Prozess der Finanzierung mitwirken.

<sup>3</sup> Zitat: Lester Brown, Leiter des Earth Policy Institute, Washington D.C.

<sup>4</sup> Vgl. Carbon Disclosure Project (2006).

## 2.2 Wie groß ist der »Markt« für Klimaschutz?

Die Angaben hierzu waren noch im Sommer 2007 unvollständig, grob geschätzt, verwirrend, widersprüchlich oder alles zusammen. So kann Umweltschutz i.w.S. auch den Bau neuer Kernkraftwerke (da nahezu CO<sub>2</sub>-frei) oder die effizientere Verwendung von Wasserressourcen bedeuten. In der vorliegenden Studie wollen wir uns auf das Segment der erneuerbaren Energien und die Produkte zur Emissionsreduzierung beschränken. Aber selbst hier liegen die Angaben relativ weit auseinander.

- »Stern-Report«: Dort werden die Kosten der Schadenbegrenzung (Temperaturanstieg von 2° C) auf 1% des Welt-BIP bzw. \$ 350 Mrd. p.a. geschätzt. Nach Berechnungen der Weltbank erreichte die globale Bruttowertschöpfung in 2006 jedoch bereits einen Wert von \$ 48.144 Mrd., sodass also eher \$ 480 Mrd. angesetzt werden sollten, was bei konstanten Beträgen bis 2030 einer Investitionssumme von \$ 11.040 Mrd. entspräche.
- »CO<sub>2</sub>-Kosten«: Auf der Grundlage der Unternehmenseinschätzungen des CDP-Reports (s.o.) ließe sich folgende Rechnung aufmachen: weltweiter CO<sub>2</sub>-Ausstoß (26,7 Mrd. Tonnen) x \$ 25,- /Tonne CO<sub>2</sub> = gesamter Investitionsbedarf bis 2012 i.H.v. \$ 670 Mrd. bzw. \$ 112 Mrd./Jahr.
- Globales Marktvolumen: In einer Gemeinschaftsstudie bezifferten DIW, Fraunhofer Institut und Roland Berger das globale Marktvolumen für die Erzeugung erneuerbarer Energien auf \$ 45 Mrd. in 2005. Bis 2020 sei mit einem Anstieg auf \$ 250 Mrd. zu rechnen.

Generell lässt sich festhalten: Während die Weltwirtschaft in den vergangenen Jahren um 3-5% expandierte, sollten »grüne Technologien« innerhalb des Prognosezeitraums um durchschnittlich 8% wachsen. Sie sind damit aus Investorensicht eine der attraktivsten langfristigen Kapitalanlagen. Banken und Versicherungen haben diesen Megatrend erkannt. Zur Mitte des Jahres 2007 stand eine breite Palette alternativer Finanzprodukte zur Verfügung. Sie reichte von Einzelwerten über unterschiedlichst abgegrenzte Branchenzertifikate und Themenfonds bis hin zur Beteiligung am Erwerb von Emissionszertifikaten unter den Regelungen des »Clean-Development-Mechanism«-(CDM)-Prozesses (vgl. Teil 1 Punkt 3).

## 3 Branchen im Kohlendioxid-Dilemma – Gewinner und Verlierer

### 3.1 Land- und Forstwirtschaft

Land- und Forstwirtschaft gehören zu den unmittelbar betroffenen Wirtschaftszweigen. Klimatische Verwerfungen berühren deren natürliche Inputfaktoren – Atmosphäre (Luft) und Boden – in erheblichem Umfang. Die wesentlichen Konsequenzen wurden in Teil 1 erläutert. Im Vordergrund stehen der Verlust von Nutzflächen (Desertifikation) und die Süd-Nord-Verschiebung von Anbaugebieten. Während grundsätzlich Anpassungs- und Vermeidungsstrategien zur Verfügung stehen, gilt letztere Option für Land- und Waldbesitzer kaum. Dies ist in der Gesamtbetrachtung durchaus bedeutsam, da der Agrarsektor immerhin ca. 15% der globalen Treibhausgase verursacht. Davon entfallen wiederum 40%-Punkte auf den Einsatz von Düngemitteln. 31%-Punkte gehen vom Viehbestand aus. Umso wichtiger ist also die Entwicklung möglicher Anpassungsmaßnahmen.

#### 3.1.1 Vom Agrar- zum Energie-Wirt

Der sich abzeichnende stark steigende Bedarf an Bio-Kraftstoffen wird einen fundamentalen Wandel der Welt-Agrarmärkte verursachen. Überproportionale Preissteigerungen für eine Reihe von Farmprodukten dürften damit einhergehen. Dies ist die Schlussfolgerung der Gemeinschaftsstudie »OECD – FAO Agricultural Outlook 2007 – 2016« aus dem Juli 2007. Die Vorgaben zahlreicher nationaler Regierungen in Bezug auf die Ausweitung der Anteile erneuerbarer Energien am Strom- und Kraftstoffbedarf bis zum Jahr 2020/30 haben gravierende Auswirkungen auf die Artenkomposition der agrarischen Nutzpflanzen und deren Verwendungszwecke. Bis zum Beginn des 21. Jahrhunderts ging es fast ausschließlich um eine Aufteilung zwischen Futter- und Nahrungsmitteln. Jetzt entsteht eine starke Konkurrenz aus der explodierenden Nachfrage der Biodiesel- und Bio-Ethanolproduzenten. Sowohl die EU als auch die USA haben beschlossen, den Anteil von Biokraftstoffen bis zum Jahr 2020 auf dann 20% der benötigten Treibstoffmengen auszudehnen. Anfang 2007 lag er bei etwa 3%.

Weltweit wurden 2006 ca. 50 Mrd. Liter Bio-Ethanol produziert, davon 18 Mrd. Liter in den USA und 15 Mrd. Liter in Brasilien, dem Vorreiter des Ethanol-Einsatzes. Das südamerikanische Land setzt schon seit mehr als 20 Jahren auf den nachwachsenden Bio-Kraftstoff, hat ein flächendeckendes Tankstellennetz aufgebaut. Die Ethanol-Quote liegt bei 30%. Im Juni 2007 waren 86,2% aller Neuzulassungen (198.800 Stück) mit einem entsprechend modifizierten Flex-Fuel-Antriebssystem ausgerüstet. Die Herstellungskosten betragen ca. \$ 1,-/Gallone.

In Brasilien findet fast ausschließlich Zuckerrohr im Produktionsprozess Verwendung. Die Anbaufläche lag in 2006 bei ca. 5,6 Mio. ha. Das Land schätzt sein langfristiges Potential auf 90 Mio. ha, was eine Tagesproduktion von 480 Mio. Litern Ethanol zuließe. Das entspräche einem Äquivalent von 6,4 Mio. Fass Öl/Tag bzw. 7,5% der Welt-Rohölförderung des Jahres 2006. Allerdings ist klar, dass solch ein gigantischer Ausdehnungsprozess zulasten

anderer Nutzpflanzen und weiterer Teile des Regenwaldes (Abholzung, Brandrodung) gehen muss. In den USA wie auch in Europa wird weniger auf zucker-, sondern mehr auf stärkehaltige Pflanzen (Mais, Getreide) und Ölsaaten (Raps, Palmöl) gesetzt.

In den Ende 2006 produzierenden 116 US-Ethanol-Fabriken kamen 53 Mio. Tonnen Getreide zum Einsatz. Bis Ende 2008 werden 79 neue, größere Anlagen hinzukommen. Deren Bedarf liegt bei weiteren 51 Mio. Tonnen Getreide. Damit, so schätzt das Earth Policy Institute in Washington D.C., würden knapp 50% der US-Getreideernte in der Ethanol-Produktion gebunden, was dennoch lediglich 6% des US-Benzinverbrauchs decken könnte. Im Durchschnitt lagen die Herstellungskosten bei \$ 1,40/Gallone. Natürlich variieren solche Angaben stark in Abhängigkeit von den aktuellen Input-Preisen. Die rein technischen Produktionskosten sind konstant bis fallend. Marktführer in Nordamerika war mit großem Abstand Archer Daniels Midlands. Das Unternehmen ist gleichzeitig der größte Futtermittel- und Ethanol-Produzent, also in dieser Hinsicht vertikal integriert.

In Deutschland bzw. Europa sind Größenordnungen und Entwicklungstrends ähnlich. Die EU-Kommission schätzt, dass ihr Bio-Sprit-Programm bereits in 2010 einen Einsatz von 21 Mio. Tonnen Getreide erforderlich macht. Dies vergleicht sich mit einer Jahresproduktion von ca. 260 Mio. Tonnen in 2006 und einem Ernteüberschuss von knapp 30 Mio. Tonnen. Bis zum Jahr 2020 errechnet sich nach Planvorgaben ein Jahresbedarf von ca. 73 Mio. Tonnen.

Gemäß Umweltbundesamt müsste die Hälfte der deutschen Ackerfläche mit Raps bepflanzt werden, um 4% der aktuellen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus gängigen Dieselmotoren durch den Einsatz von Biodiesel vermeiden zu können. Es bedarf also mit äußerster Dringlichkeit alternativer und/oder ergänzender Anstrengungen. Davon abgesehen, stand in 2006 die größte Ethanol-Anlage (Tagesvolumen ca. 712 Tsd. Liter) Europas in Zeitz (Sachsen-Anhalt) und wurde von CropEnergies betrieben.

Die Konsequenzen:

- Selbst wenn sich Verluste (Desertifikation) und Zugänge (Waldrodung) in Bezug auf die Agrar-Nutzflächen die Waage halten sollten, ist bei einer Zunahme der Weltbevölkerung von 6,4 auf 8,5 Mrd. Menschen bis 2030 mit einem dramatisch erhöhten Nahrungsmittelbedarf zu rechnen. Dieser wird nur durch verbesserte Bewässerungsmethoden, intensivieren und effektiveren Düngemiteleinsatz sowie gentechnisch veränderte Pflanzenkonzepte gedeckt werden können (vgl. Teil I und unsere Studie »Wasser und Ernährung« aus dem Jahr 2005).
- Den Betreibern von landwirtschaftlichen Betrieben in klimastabilen Regionen Nordamerikas und Nordeuropas (Deutschland, Baltikum, Skandinavien), die eine klare bioenergieorientierte Anbaustrategie verfolgen und über eine kritische Größe von 600 bis 800 ha verfügen, dürfte eine glänzende Zukunft beschert sein. Renditen von 8% und mehr p.a.

sind erreichbar. Eine nicht unwesentliche Komponente ist in den langfristig steigenden Bodenpreisen zu sehen. Landwirtschaftliche Nutzflächen, die kalkulierbare Erträge liefern, werden zum knappen Gut und bei steigender Nachfrage entsprechend werthaltiger.

Es ist damit zu rechnen, dass spezielle Kapitalanlagemodelle ähnlich den Schiff-, Flugzeug- oder Filmfonds entstehen werden, um an diesen Trends auch als Privatinvestor partizipieren zu können.

- Der »Kampf um die Fläche« zwischen Agrar- und Energiewirten dürfte zu langfristig stark steigenden Getreidepreisen führen. Bereits im Mai 2007 war Weizen mit \$ 6,06/Bushel (= 27,21 kg) so teuer geworden wie zuletzt in 1996. Unter Berücksichtigung der seit 1980 im Dollarraum eingetretenen Inflationsentwicklung liegt das aktuelle Preisniveau real allerdings noch immer um 50% unter den seinerzeitigen Werten. Das heißt, hier besteht ein immenses Nachholpotential, das alle Produkte entlang der Nahrungsmittelkette (bis hin zu Bier!) in den kommenden Jahren nachhaltig verteuern wird.
- Klimabedingte Schwankungen der Erntemengen werden die Preisfluktuationen verschärfen. So war die Halbierung der australischen Weizen-Ernteerträge in 2006 nach der schlimmsten Dürre der vergangenen 100 Jahre die Hauptursache für das Absinken der weltweiten Lagerbestände dieses Getreides auf den niedrigsten Stand seit 1977.
- Aber: Es wird zu Konflikten kommen. Denn: Um beispielsweise einen Lkw mit 120 Liter Ethanol-Gemisch zu befüllen, bedarf es eines genauso hohen Getreideeinsatzes, wie er ausreichend wäre, um einen Menschen ein Jahr lang zu ernähren. Zudem werden steigende Getreide- und somit Futtermittelpreise fast die gesamte Nahrungsmittelkette verteuern, also etwa Fleisch- und Milchprodukte sowie Backwaren aller Art. Sozialer Sprengstoff dürfte in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern entstehen. Die »Tortilla-Krise« des Frühjahres 2007, als in Mexiko-Stadt mehr als 100.000 Menschen gegen die fünfzigprozentige

### Weizenpreis 1980 – 2007

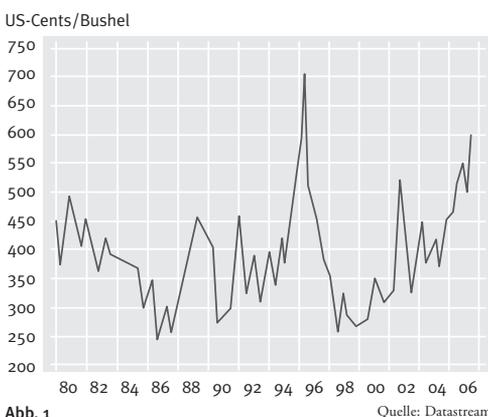


Abb. 1

### Maispreis 1980 – 2007

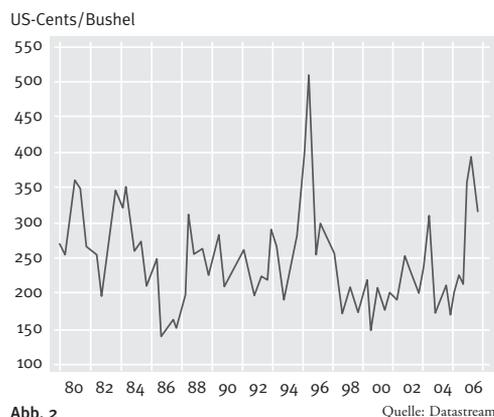


Abb. 2

Verteuerung ihres aus Mais bestehenden Grundnahrungsmittels protestierten, wird sich dann als absolut harmlos erweisen.

- Der EU-Agrarsubventionsmechanismus bedarf einer dringenden Reform. Doha-Runde und WTO müssen auf supranationaler Ebene Vorsorgemaßnahmen treffen. Erfahrungen der Vergangenheit lassen die Erfolgchancen einer Einigung vor 2020 jedoch als eher gering erscheinen.

Die Suche nach alternativen bioenergetischen Quellen wird also wichtiger und somit zugleich erfolgversprechender. Eine herausragende Zukunft sprechen wir den Mikro-Algen zu. Anfang 2007 hatten sich die beiden weltweit führenden Unternehmen auf den Gebieten der Algen-Biotechnologie und der Biodiesel-Produktion zu dem Projekt »Emissions-to-Biofuels« zusammengeschlossen: die deutsche IGV GmbH in Potsdam und das amerikanische Start-up-Unternehmen GreenFuel. Das Prinzip: Ein mit Mikro-Algen bestückter Bio-Katalysator filtert und bindet aus Kraftwerksabgasen die darin enthaltenen kritischen CO<sub>2</sub>-Partikel. Sie werden dann mittels Fotosynthese in Biomasse umgewandelt.

Das Ergebnis: Nicht nur werden Abgase gereinigt. Zudem soll die Biomasse auf Mikro-Algenbasis 15-mal mehr Öl produzieren als die bislang effizienteste natürliche Ölpflanze, die Palme. Dies entspricht einem Ertrag von ca. 100.000 Liter Öl/ha. Großindustrielle Anlagen sollen ab 2016 einsatzbereit sein. In eine ähnliche Richtung zielen die Arbeiten der in Spanien beheimateten Bio Fuel Systems. Beide Ansätze sind potentielle Alternativen zur CO<sub>2</sub>-Abspaltung mit anschließendem unterirdischem Einschluss (s. Punkt 3.4. Versorgungsunternehmen).

### **3.1.2 Wälder als CO<sub>2</sub>-Senken und alternative Anlageklasse**

Der Forstwirtschaft kommt im Zeichen von Klimawandel und Verknappung fossiler Brennstoffe eine neue und erweiterte Dimension zu.

#### **3.1.2.1 So wirkt der Temperaturanstieg**

Der dritte Teil der Uno-IPCC-Klimastudie von Anfang 2007 benennt die wesentlichen Klimafolgen für Waldbestände/-verbreitung sowie deren Zusammensetzung aus verschiedenen Arten.

- Weniger Waldflächen wird es vor allem im Südosten Südamerikas und in den Regenwaldgebieten Afrikas und Asiens geben. Der Temperaturanstieg fördert die Verdunstung und dörft den Baumbestand aus. Hinzu kommen die Verluste aus fortgesetzter Brandrodung.
- Mit einer Ausdehnung bzw. völlig neu entstehenden Flächen ist hingegen im äußersten Norden Kanadas, in Lappland und Nordsibirien zu rechnen.
- Ein veränderter Baumbestand dürfte sich in großen Teilen Nordamerikas, Nordeuropas und Skandinaviens einstellen. Das »UNEP-Infoblatt zum Klimawandel« (2005) stellt fest, dass bereits 1 °C Erderwärmung 30% aller Waldbestände, regional bis zu 70%, nachhaltig beein-

flusst. Ergebnis: Ein darüber hinausgehender Temperaturanstieg könnte ganze Waldtypen verschwinden lassen. Welche der in den (bislang) gemäßigten Breiten vorkommenden Baumarten als überdurchschnittlich klimaanfällig gelten, wurde bereits in Teil 1 diskutiert.

- Grundsätzlich werden Wälder auf Grund ihrer CO<sub>2</sub>-positiven Bilanz für das Weltklima zu einem besonders wichtigen Faktor. Sie binden Treibhausgase und wandeln sie mittels Photosynthese in einen Wachstum fördernden Bestandteil um. Dabei können Erwärmung und höhere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen der Luft deren Wuchs zunächst sogar beschleunigen. Während der Phase des schnellsten Wachstums wiederum steigt die CO<sub>2</sub>-Aufnahmefähigkeit der Bäume. Mit zunehmendem Alter nimmt sie dann allerdings ab.

#### Konsequenz 1 für die Forstwirtschaft

Wälder sind extrem standortgebunden. Der »Produktionsprozess« ist äußerst langwierig, rechtzeitige Langfriststrategien von eminenter Bedeutung. Ein Wechsel der Vorgehensweise gilt daher als schwierig. Generell gelten Mischwälder als widerstandsfähiger. Schnell wachsende Arten wie Pinien und Pappeln sind unter ökonomischen Aspekten besonders interessant.

#### 3.1.2.2 Verfügbarkeit und Nachfrageentwicklung

Gemäß Angaben der Welternährungsorganisation FAO bedeckten Wälder zu Beginn dieses Jahrtausends 30% der Landfläche unserer Erde oder 3.870 Mio. ha. Davon standen 479 Mio. ha (12,4%) unter Naturschutz. Nur 187 Mio. ha (5%) wurden wirtschaftlich genutzt. Von der jährlich verfügbaren Menge (1,7 Mrd. m<sup>3</sup>) dienten allerdings 55% der Wärmegewinnung durch Verbrennen. In den Entwicklungsländern Afrikas und Asiens erreichte dieser Wert sogar bis zu 75%. Unter Wertschöpfungsaspekten und der angestrebten Begrenzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen sicherlich wenig sinnvoll.

#### Globale Waldflächen

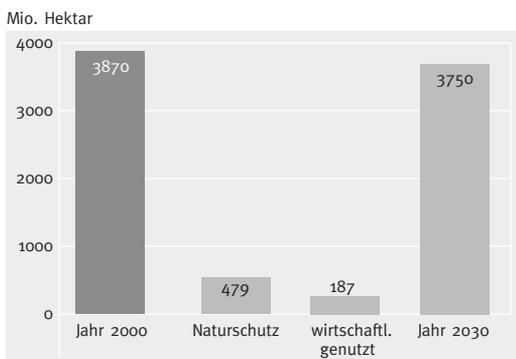


Abb. 3

Quelle: FAO

Bis zum Jahr 2030 dürften sich die Waldflächen nun um schätzungsweise 120 Mio. ha (3,1%) verringern. Sie fallen der Ausweitung von landwirtschaftlichen Anbaugebieten zum Opfer. Gleichzeitig ist mit einer rasanten Zunahme des Bedarfs an Holzprodukten zu rechnen. Das ergibt sich selbst bei einem gleich bleibenden Pro-Kopf-Verbrauch der Menschheit von derzeit 1,3 kg/Tag aus dem Wachstum der Weltbevölkerung um ca. 2 Mrd. Menschen innerhalb des Prognosezeitraums. Allerdings ist von einem wesentlich höheren Nachfrageanstieg im Rahmen des enorm voranschreitenden Industrialisierungsprozesses von Schwellenländern wie Indien und der VR China auszugehen. So lag der Pro-Kopf-Verbrauch in den USA im Jahr 2005 beim Zehnfachen der in China verwendeten Menge. Generell wird der industrielle Bedarf steigen. Gerade im Bausektor, wo Holz als energiesparender Einsatzstoff zunehmend Anklang findet. Aber auch als Heizmaterial in den Industrieländern erlebt Holz seit der Verdreifachung der Rohölpreise zwischen 2003 und 2006 eine beachtliche Renaissance. Stichwort: Pellet-Heizungen. In Deutschland stieg die Anzahl dieses Thermo-Erzeugertyps binnen eines Jahres von 17.000 auf 27.000 (2006). Das entsprach 3,7% des Heizungsmarktes. Die Industrie geht von einer Verdoppelung bis 2010 und einer Vervierfachung bis 2015 aus. Insgesamt dürfte sich die globale Nachfrage nach Rundholz von 400 Mio. auf 800 Mio. m<sup>3</sup> in 2030 verdoppeln. Die Preise für den Rohstoff Holz stehen vor einer nachhaltigen Aufwärtsbewegung.

#### **Konsequenz 2 für die Forstwirtschaft**

Bei abnehmenden Waldflächen ist aus heutiger Sicht mit einem durchgreifenden Nachfrageanstieg zu rechnen. Gleichzeitig werden unter Klimaaspekten große Teile der Forstbestände so gut wie möglich geschützt werden müssen. Wir gehen daher von einer wesentlich intensiveren Nutzung der verbleibenden Areale aus. Dies wird Verschiebungen innerhalb der derzeitigen Eigentümerstrukturen auslösen. Der noch immer bei Weitem überwiegende Anteil staatlicher Forste und von Kleinflächen in Privatbesitz wird sich erheblich vermindern. Derjenige der sog. »Working Forests«, also produktionsbestimmter Wälder, deutlich zunehmen. Symptomatisch: Die Chinesen haben den Trend erkannt. Mitte 2007 bemühten sie sich, Teile des Staatsforstes Nordrhein-Westfalens zu erwerben. In Fernost herrscht Holzangel. Gekauft wird fast zu jedem Preis. Transportkosten spielen eine untergeordnete Rolle. Laut OECD ist Deutschland innerhalb Europas das Land mit den höchsten verwertbaren Holzreserven. Bund, Länder und Gemeinden sind versucht, nach Jahrzehnten mit schmaler Rendite aus diesen Objekten nun Kasse zu machen.

#### **3.1.2.3 Wälder als alternative Anlageklasse**

Dieser Trend ist in seiner Grundausrichtung in einigen Regionen (Nordamerika, Brasilien, Norwegen, Schweden) bereits seit den 90er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts zu beobachten. Er äußert sich in:

- einer vertikalen Desintegration von waldbewirtschaftenden Unternehmen. Vor allem Papier- und Baukonzerne trennten sich von ihren Forstflächen
- einem Wechsel zu schneller wachsenden Hölzern
- einer Technisierung der Bewirtschaftung
- einer Internationalisierung der Geschäftsmodelle.

Das Ergebnis bringt dann »Pure Plays«, also ausschließlich auf die Forstwirtschaft konzentrierte Unternehmen, hervor. Wichtige Vertreter dieser strategischen Linie sind in Timber West Forest Corp. (Kanada), Evergreen Forest Ltd. (Neuseeland), Assidomän (Schweden) oder Plum Creek Timber, Rayonier, Potlach Corp. und Longview Fibre Comp. (alle USA) zu sehen. Für die US-Vertreter gilt dabei eine weitere Besonderheit: Sie sind alle als börsennotierte REITs organisiert, wie wir es von zahlreichen Immobilienkonzernen her kennen.

#### **Anlageklasse Forst-REITs**

Hier konzentrieren sich aus Anlegersicht die wesentlichen Vorteile von Holzinvestments.

- Anlagen in diesem Bereich weisen eine Wertentwicklung auf, die sich entgegengesetzt zu Aktienkursen, klassischen Immobilieninvestments und sogar zu Staatsanleihen verhält. Sie sind negativ korreliert.
- Eine positive Korrelation besteht hingegen zu steigenden Verbraucherpreisen. Holz bewährt sich ähnlich den Edelmetallen als Kapitalschutz.
- Es kann von einem nahezu konstanten, vorhersehbaren Kapitalrückfluss ausgegangen werden. In der Regel übertraf er die S&P 500-Rendite und dies bei geringerer Volatilität (Schwankungsanfälligkeit der Jahreserträge), so die Darstellung des National Council of Real Estate Investment Fiduciaries Timberland Index (NCREIF).
- Als generelle Einkommensquellen dienen der Holzeinschlag, die Verpachtung (Jagd und Freizeit) sowie der zu erwartende Preisanstieg der Waldflächen.
- In den nächsten Jahrzehnten wird sich die Rendite eher erhöhen. Dafür sorgt die positive CO<sub>2</sub>-Bilanz der Wälder. Das IPCC schätzt, dass ein übermäßiges Vermeiden von Abholzung kombiniert mit gleichzeitigen Aufforstungsprogrammen 12-15% aller Kohlenstoffdioxidemissionen aus dem Verbrennen fossiler Energieressourcen während des Zeitraums von 1995 – 2050 kompensieren könnte. Die Aufnahme von Forstbeständen in den »Clean Development Mechanism« (CDM) ist daher unausweichlich. Die damit verbundene Zuteilung von Emissionsrechten wirkt renditesteigernd. Interessant ist: Mit zunehmender Haltedauer (von der Pflanzung der Bäume bis zur Verwertung) steigt die Anlagerendite deutlich an. Nach zehn Jahren liegt sie im Durchschnitt bei 8% p.a., nach 15 Jahren bei 13%, um schließlich nach 20 Jahren auf bis zu 15% p.a. zuzulegen (alle Angaben beziehen sich laut »Forest Research Group« auf die USA).

### NCREIF Timberland 1987–2007

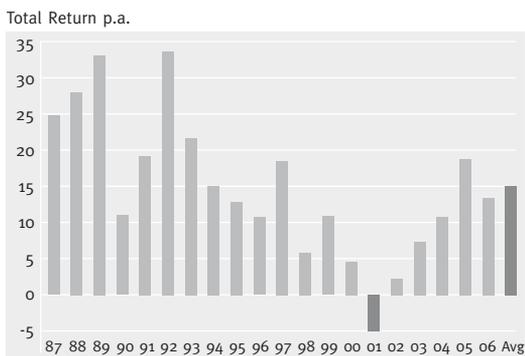


Abb. 4

Quelle: www.ncreif.com

### Anlagerendite bei Forstbestand

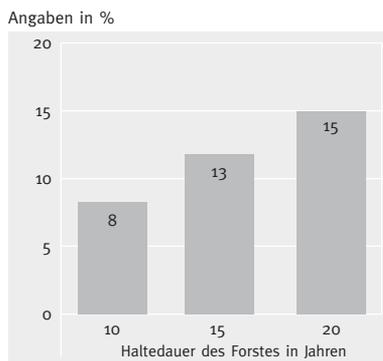


Abb. 5

Quelle: Forest Research Group

Gerade in den USA haben Holzinvestments bereits den Status von »Witwen und Waisen«-Anlagen erreicht. Universitäten (u.a. Harvard und Yale), Stiftungen und Rentenpläne engagieren sich in großem Maßstab. Im Gegensatz zu REITs unterliegen Direktanlagen, wie in diesen Fällen, allerdings wesentlich höheren Mindestanlagesummen. Private Equity-Lösungen bieten sich als Alternative an.

## 3.2 Energieversorgungsunternehmen vor grundlegendem Wandel

Die stromerzeugende Industrie gehört zu den Hauptverursachern der CO<sub>2</sub>-gebundenen Erderwärmung. Ihr Emissionsanteil liegt weltweit bei 25%, in Deutschland sogar bei 42%. Länderspezifische Unterschiede sind im Wesentlichen durch den jeweiligen Energiemix begründet. Ein hoher Bestand an Kohlekraftwerken (KKW) wirkt eher belastend, eine hohe Quote an Kernkraft eher entlastend. Es ist verständlich, dass viele Regierungen in dem Bestreben,

### Europäische Länder

in % an der Primärenergieerzeugung

Mit hohem Kernkraftanteil		Mit hohem Kohleanteil	
Litauen	79	Polen	93
Frankreich	78	Tschechien	61
Slowakei	57	Griechenland	60
Schweden	50	Dänemark	55
Ungarn	32	Deutschland	51
Tschechien	31	Großbritannien	35

Abb. 6

Quelle: Eurostat

ihre international eingegangenen Emissionsreduzierungsziele zu erreichen, die Versorgungswirtschaft ins Visier politischer Einflussnahmen gerückt haben. Hieran kann exemplarisch der duale Ansatz von Fordern und Fördern auf der einen Seite (Staat) und Anpassen oder Vermeiden auf der anderen Seite (EV-Unternehmen) beobachtet werden.

Fordern heißt: Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß muss in vorgegebenem Ausmaß und Zeitrahmen gemindert werden.

Fördern heißt: CO<sub>2</sub>-freie Technologien und der Einsatz erneuerbarer Energien werden gefördert (garantierte Netzeinspeisepreise, Forschung & Entwicklung etc.). Auf der Unternehmensebene kommen grundsätzlich die Erhöhung der Wirkungsgrade konventioneller Kraftwerkssysteme, die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen oder der Einsatz von Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung infrage.

Den größten wirtschaftlichen Erfolg werden in den kommenden Jahrzehnten diejenigen Länder (und damit die in ihnen produzierenden Betriebe) haben, die einem optimalen Mix aus allen Handlungsoptionen am nächsten kommen. Dabei ist ein Trade Off zwischen »Kosten jetzt« und »Kostenvermeidung später« i.S.v. reduzierter Erderwärmung unausweichlich. Entlang dieser Linie lassen sich Gewinner und Verlierer scheiden.

### 3.2.1 Der Markt für erneuerbare Energien

Die Entwicklung erneuerbarer Energiequellen befindet sich weltweit noch in den Kinderschuhen, dürfte allerdings zumindest bis zum Jahr 2020 von hohen Wachstumsraten geprägt sein. Innerhalb dieses Zeitrahmens bewegen sich die Vorgaben fast aller großer Staaten in Bezug auf das Erreichen CO<sub>2</sub>-freier bzw. -neutraler Anteile an der gesamten Primärenergiegewinnung. In der VR China sollen bis dahin umgerechnet mindestens \$ 180 Mrd. in solche Kraftwerksanlagen investiert werden. Ziel: 15% Anteil an der Primärenergie.

Die EU strebt im selben Zeitraum sogar einen Anteil von 20% an. In Deutschland als dem mit Abstand weltweit führenden Land wurde in 2006 erst eine Quote von 7% erreicht. Ein Jahr zuvor wurden auf globaler Ebene gerade einmal \$ 38 Mrd. in regenerative Energien investiert. Die führenden Länder in 2005 waren Deutschland und China mit Budgets von jeweils \$ 7 Mrd. Zu diesem Zeitpunkt stammte schätzungsweise jede zweite Windkraftanlage und jede dritte Solarzelle aus deutscher Produktion. Es folgten dann die USA, Spanien, Japan und Indien. Noch stellt Wasserkraft gemessen an den bestehenden Stromerzeugungsmöglichkeiten die bedeutendste »alternative« Energiequelle dar (748 Gigawatt bzw. 80%). Sie ist jedoch auf die relativ wenigen wasserreichen Länder konzentriert. Ein weiterer Ausbau scheint daher begrenzt.

Die Windenergie holt beschleunigt auf, da sie Jahr für Jahr von den höchsten Kapazitätserweiterungen geprägt ist. Die Wachstumsrate lag zuletzt bei 23% p.a., die Leistungsmenge erreichte 59 Gigawatt, was einem Anteil von 32,4% an den erneuerbaren Energieträgern

(ex Wasser) entsprach.<sup>5</sup> Weit abgeschlagen lag zum Zeitpunkt der Prognoseerstellung die Solarenergie (trotz beispielsweise des »100.000 Dächer«-Programms in Deutschland). Bei uns trug die Sonnenenergie 3% zum Gesamtaufkommen der »Alternativen« bei, global lediglich 1,7%. Geothermie, also die Nutzung der Erdwärme, kam auf 5,1%, die Verwertung von Biomasse auf 24,2%.

Diese Trends dürften von der Richtung her stabil bleiben. Die Zukunft gehört der Wind- und Solarenergie. Zum einen steht die Installation von wesentlich leistungsfähigeren Offshore-Windparks erst am Anfang ihrer Entwicklung. Das weltweit größte Projekt seiner Art entsteht derzeit 45 km vor der Nordseeinsel Borkum und wird ab 2008 in Betrieb gehen. Zum anderen wird sich der Aufbau von Solarkraftwerken in Südeuropa und an der US-Westküste wesentlich effizienter gestalten lassen.

Zudem dürfte die großindustrielle Nutzung in Form von Aufwindkraftwerken in der Sub-Sahara-Zone und in Australien innerhalb der kommenden 10 bis 15 Jahre möglich werden. Aufwindkraftwerke sammeln Sonnenwärme in »Treibhäusern« mit bis zu einem km Durchmesser, leiten sie zu einem bis zu 1000 Meter hohen Kamin, wo dann die heiße Luft aufsteigt und Turbinen antreibt. Die australische Enviro Mission will in 2008 eine 200-Megawatt-Anlage in Betrieb nehmen. In Bezug auf »Biomasse-Kraftwerke« sind wir skeptisch. Die Konkurrenz um die vorhandene Agrarfläche zwischen Nahrungsmittel- und Biokraftstoffproduzenten ist schon groß genug.

Auch die Kernenergie hat nach u.E. eine eher begrenzte Zukunft. In Ländern wie Frankreich scheint ein noch höherer Versorgungsanteil unwahrscheinlich. Die geplanten neuen Kernkraftwerke (sie konzentrieren sich im Wesentlichen auf Russland, Indien und die VR China) sind dort zwar nicht unbedeutend. Im globalen Kontext spielen sie allerdings eine untergeordnete Rolle. In den meisten Industrienationen wird der generelle Ausstieg aus der Kernenergie nicht infrage gestellt, höchstens über verlängerte Laufzeiten diskutiert.

Vor einer bedeutenderen Zukunft dürfte hingegen die Geothermie stehen. In »heißen« Ländern wie den USA (Stichwort »Geysire«) oder Island spielt sie schon jetzt eine wesentliche Rolle. Aber auch in Deutschland werden über bis zu 5 km ins Erdinnere hineinreichende Bohrungen die dort herrschenden höheren Wärmegrade zunehmend genutzt. Zur Anwendung kommen kleinere Blockheizkraftwerke, die das recht effiziente Prinzip der Kraft-Wärme-Koppelung zur Anwendung bringen. Das »Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag« schätzte bereits 2003,<sup>6</sup> dass theoretisch bis zu 50% des deutschen Stromverbrauchs langfristig aus solchen Energiequellen gedeckt werden könnten. Als praktikabel wurde ein Versorgungsanteil von 10% genannt. Die Kosten sind derzeit höher als für Wind und Wasser, aber niedriger als für Solarstrom. Die Bundesregierung hat dies erkannt und lenkt steigende Zahlungen in diesen Sektor. Das hierzulande derzeit größte Geothermie-Kraftwerk wird von der Enro AG, Essen, in Neustadt-Glewe betrieben.

<sup>5</sup> Vgl. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2006).

<sup>6</sup> Vgl. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (2003).

### 3.2.2 Erneuerbare Energien aus Kapitalmarktsicht

Aus Kapitalmarkt- und Investorensicht ist von überragender Bedeutung, dass die Märkte für erneuerbare Energien vor einer dramatischen Volumenausweitung stehen. Industriebeobachter gehen von einem jährlichen Investitionsvolumen von \$ 226 Mrd. in 2016 aus.<sup>7</sup> Unter Einschluss aller Randaktivitäten zur Förderung alternativer Energien erwartet die Internationale Energieagentur bis zum Jahr 2030 sogar ein Investitionserfordernis von bis zu \$ 16.000 Mrd.!

- Börsennotierte Unternehmen des Sektors Erneuerbare Energie gehörten seit dem Jahr 2004 zu den »Überfliegern«. Deren Kapitalisierung hat sich nahezu vervierfacht. Der auf dieses Segment spezialisierte »WilderHill New Energy Global Innovation Index« (NEX) umfasste zum Ende des 2. Quartals 2007 die 87 weltweit führenden Unternehmen dieser Branche. Gemessen an ihrem Börsenwert gehörten zu den bedeutendsten Vertretern die Windenergiespezialisten Suzlon (Indien), Nordex, REpower (Deutschland), Vestas (Dänemark), Gamesa (Spanien) und die Solartitel Suntech Power (China), SolarWorld, Q-Cells (Deutschland) oder Evergreen Solar (USA). Sie brachten zwischen \$ 2 und 5 Mrd. »auf die Waage«.
- Angesichts der rasanten Kurs- und Wertentwicklung wurde von vielen Kritikern ein Vergleich zu den Übertreibungen der Internet-Blasenbildung während der Jahre 1999/2000 bemüht. Dieser geht nach u.E. fehl. Handelte es sich damals ganz überwiegend um substanzlose, lediglich Geschäftsidee-basierte Start-up-Unternehmen, so können sich Anleger jetzt in bewährten, Erträge generierenden Gesellschaften engagieren. Deren Geschäftsaussichten dürfen, abgesehen von unternehmensspezifischen Risiken, angesichts der ausgezeichneten Branchenperspektiven als gesichert gelten. Zwar betrug die Börsenkapitalisierung der angesprochenen 87 Technologieführer zum Ende des 2. Quartals 2007 rund \$ 370 Mrd. Was bedeutet das aber, wenn alleine der größte Mineralölkonzern und Energielieferant der Welt, ExxonMobil, gleichzeitig mit \$ 487 Mrd. bewertet wurde? Wir denken, dass die »Erneuerbare Energie« auch weiterhin eine glänzende Börsenzukunft haben dürfte.

<sup>7</sup> Vgl. Clean Edge (2007).

#### WilderHill New Energy Global Innovation Index (NEX)

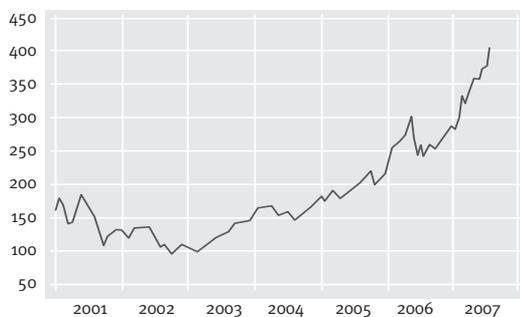


Abb. 7

Quelle: Datastream

### 3.2.3 Konventionelle Kraftwerksbetreiber unter Druck

Kraftwerke zeichnen sich u.a. durch lange Laufzeiten von bis zu 40 Jahren aus. Deren Betreiber sind also ganz besonders auf stabile Rahmenbedingungen und klare politische Vorgaben angewiesen, um ihre weit tragenden Investitionsentscheidungen treffen zu können. Davon hängen auch Technologie- und Standortauswahl ab. Ein wesentlicher Aspekt besteht fortan in den klimapolitischen Anforderungen. Dabei wird das Verbrennen fossiler Energieträger als Hauptursache des Entstehens von Treibhausgasen zukünftig durch staatliche Vorgaben deutlich verteuert werden. Zum einen dürften die Emissionsgrenzen stetig abgesenkt werden. Zum anderen wird es zu einer wesentlich restriktiveren Vergabep Praxis bei den Emissionsrechten kommen. Gemäß »Zuteilungsgesetz 2012« werden ab 2008 etwa ein Zehntel der gesamten Zuteilungsmenge verkauft. Bislang wurden den Anlagebetreibern alle Emissionsrechte kostenlos zur Verfügung gestellt. Der Staat rechnet mit jährlichen Einnahmen von ca. € 900 Mio., die der Förderung erneuerbarer Energien zufließen sollen. Dies ist als Beginn des Bestrebens zu werten, die gesellschaftlichen Kosten des Klimawandels nach dem Verursacherprinzip zu internalisieren, d.h., in den Gewinn- und Verlustrechnungen von CO<sub>2</sub>-Emittenten sichtbar zu machen.

Vor besonderen Herausforderungen stehen Energieversorgungsunternehmen in Ländern mit einem hohen Anteil von Kohlekraftwerken (KKW). So stammten beispielsweise in Deutschland 30% aller CO<sub>2</sub>-Emissionen aus KKW. Wer also weiter auf die Kohle im Stromerzeugungsprozess setzt und trotzdem seine Emissionsreduktionsziele erreichen will, muss

- den Wirkungsgrad neuer KKW erhöhen. In Deutschland sind derzeit 45% Energieausbeute möglich. Die neue Generation der KKW soll in Deutschland eine um bis zu 30% höhere Brennstoffausbeute ermöglichen als die jetzigen Kohlemeiler. Zum Vergleich: Der durchschnittliche Wirkungsgrad chinesischer KKW liegt bei 30%. Daraus ergibt sich als zweiter Ansatzpunkt:
- Es können die projektbezogenen, flexiblen Mechanismen unter dem Kyoto-Protokoll genutzt werden. Wenn deutsche Unternehmen durch den Bau emissionsärmerer Kraftwerke in Schwellen- und Entwicklungsländern dort für einen gebremsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß sorgen, können ihnen im Gegenzug Emissionszertifikate zugeteilt werden, die im Inland den eigenen Reduktionsverpflichtungen anrechenbar sind. Die Funktionsweise von »Clean Development Mechanism« und »Joint Implementation« wurde u.a. bereits in Teil 1 beschrieben.
- Und schließlich: Es geht um die großindustrielle Implementierung der »Clean Coal Technology«, also der Inbetriebnahme von CO<sub>2</sub>-freien Kraftwerken. Die deutsche RWE hat für 2014 ein 450-Megawatt-Kraftwerk angekündigt, dessen Technologie auf der CO<sub>2</sub>-Abtrennung nach dem Verbrennen der Kohle bei integrierter Vergasung beruht. Nachteil: Der Wirkungsgrad sinkt auf 35%. Um die gleiche Strommenge zu erzielen, muss also erheblich mehr Kohle eingesetzt werden. Auf ein anderes Verfahren, nämlich den »Oxyfuel«-Prozess,

setzt Vattenfall. Anlagen zunehmender Größe sollen von 2015 bis 2020 ans Netz gehen. Beiden Varianten ist eines gemeinsam: Noch liegen die Kosten der Stromerzeugung auf diesem Wege doppelt so hoch wie auf herkömmliche Art.

Zudem muss das Problem der Lagerung der Riesenmengen an abgetrenntem Kohlendioxid gelöst werden. Diskutiert werden der Einschluss in unterirdischen Kavernen, die Verbringung in Tiefseegebiete sowie die Nutzung als »Treibgas« bei der Förderung von Erdöl. Das CO<sub>2</sub> würde dabei unter hohem Druck in Ölfelder gepumpt, um deren Fließgeschwindigkeit und somit die Ausbeute der Felder zu erhöhen. Das hört sich ökonomisch doppelt sinnvoll an, ist aber ebenfalls noch sehr kostenintensiv. So hatte eine Machbarkeitsstudie zum weltgrößten Projekt der CO<sub>2</sub>-Einlagerung 150 km vor der norwegischen Küste – Auftraggeber waren Shell und Statoil – im Sommer 2007 ergeben, dass die Endlagerung von geplanten 200 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> wirtschaftlich nicht sinnvoll sei.

Aus unserer Sicht legt dies folgende Schlussfolgerungen nahe:

- Der Anteil der erneuerbaren Energien an der gesamten Primärenergieerzeugung wird im Rahmen der staatlichen Vorgaben bis 2020/2030 erheblich zunehmen. Er wird sich verdrei- bis vervierfachen.
- Auch in 2030 werden fossile Brennstoffe noch immer eine wesentliche Rolle in der Energieversorgung spielen.
- CO<sub>2</sub>-freien Kohlekraftwerken muss zum Durchbruch verholfen werden. Hier sollten die politischen Rahmenbedingungen verbessert werden.
- Klimaschutz ist nicht umsonst zu haben. Die Kosten der Energie-/Stromgewinnung werden deutlich steigen.
- Aufgrund der sich kaum ändernden, in vielen Ländern oligopolistisch strukturierten Energiewirtschaft ist damit zu rechnen, dass ein Großteil der Kostensteigerungen an die Endabnehmer aus Industrie und privaten Haushalten weitergereicht werden kann.
- Die Marktdominanz der großen EVUs wird erhalten bleiben, das Geschäft allerdings internationaler. Grenzüberschreitende Fusionen/Übernahmen werden von einem Vorstoß auf das Gebiet der »Erneuerbaren« begleitet. Wir erwarten eine erhebliche Marktberreinigung innerhalb des Prognosezeitraumes, d.h., auch hier wird die Anbieterkonzentration zunehmen.
- Entgegen der vielfach geäußerten Einschätzung, die konventionelle Energiewirtschaft würde zu den Verlierern des Klimawandels zählen, sind wir der Meinung, dass deren Vertreter aus einer Position der Stärke heraus agieren können. Aus Börsensicht entspricht dies einer neutralen Wertung.
- Zu den relativen Verlierern werden daher die energieintensiven Unternehmen aus den Bereichen Chemie, Stahl und Zement zählen, vor allem, wenn ihr Standort in »kohleintensiven« Ländern liegt. Demgemäß dürfte Polen vor besonders harten Herausforderungen stehen.

## Der Run zum Nordpol

Auch in 30 Jahren werden fossile Brennstoffe immer noch eine bedeutende Rolle spielen. Wenn auch nicht so sehr für die industrielle Energieerzeugung, so doch für den privaten Heizungsbereich und als Treibstoff im Verkehrssektor. Deren Endlichkeit sich entgegenzustemmen, ist das Ziel eines zweiten Expeditionswettlaufes in die Arktis. Unter dem (noch) ewigen Eis werden bis zu 25% der globalen Öl- und Gasvorräte vermutet. Zudem wird dem dort in riesigen Mengen erwarteten Methanhydrat eine stets wachsende Bedeutung beigemessen. ExxonMobil schätzt, dass die in gefrorenem Wasser eingeschlossenen Gase der doppelten Energiemenge aller weltweiten Öl- und Gasvorkommen entsprechen. Die Entwicklung/Beherrschung wirtschaftlicher Förder- und Umwandlungsverfahren steht allerdings noch aus. Dennoch: Die Folgen des Klimawandels werden in den Polarregionen mit + 4 ° bis + 6 °C zu den ausgeprägtesten Temperatursteigerungen führen. Also ist hier mit einer beschleunigten Eisschmelze zu rechnen, was den Zugang zu den Rohstoffeinschlüssen erleichtern sollte.

Solche Aussichten wecken Begehrlichkeiten unter den im »Arctic Circle« zusammengeschlossenen »Anrainerstaaten«. Dies sind Norwegen, Schweden, Finnland, Russland, USA, Kanada, Dänemark und Island. Die größten Städte nördlich des Polarkreises sind: Murmansk, Norilsk, Vorkuta und Tromsø. Bis vor wenigen Jahren bestand Einigkeit, dass die nördlich des »Arktischen Kreises« (66. Breitengrad) beginnende Arktis internationales Gebiet sei. Nun haben jedoch Norwegen, Russland, Kanada und Dänemark territoriale Ansprüche an die Nordpolregion gestellt, die über die übliche 200-Meilenzone weit hinausgehen.

- Russland reklamiert die rohstoffreiche Barents-See für sich. In relativer Küstennähe liegt das noch unerschlossene Shtokman-Gasfeld, eine der weltweit größten derzeit bekannten Lagerstätten.
- Norwegen hat bereits mit der Gasförderung in der Barents-See begonnen. Seit Mai 2007 pumpt Statoil aus dem 143 km nördlich von Hammerfest gelegenen »Snovit« (»Schneewittchen«)-Reservoir via Pipeline Gas zum Festland, wo es zunächst verflüssigt und dann per Spezialtanker in die USA und nach Spanien verschifft wird. Das Feld soll eine Produktionsdauer von 30 Jahren haben. Weitere Vorkommen wurden bereits exploriert.
- Schließlich hat Kanadas Premierminister, Stephen Harper, ohne vorherige Konsultationen die komplette Nord-West-Passage dem eigenen Hoheitsgebiet zugeschlagen. Bis 2013/14 werden für Can-\$ 3,1 Mrd. sechs Patrouillenboote und Eisbrecher in Dienst gestellt. Später soll dann in den nördlichen Regionen sogar ein Tiefseewasserhafen gebaut werden. Die Beherrschung dieses Schiffsweges wäre in dauerhaft eisfreiem Zustand von überragender strategischer Bedeutung. Die »Passage« verkürzt den Seeweg zwischen Europa und Asien um ca. 6000 km. Denn bislang geht die Reise stets durch den Panamakanal.

**Fazit:** Es bleibt zu hoffen, dass der anstehende zweite Wettlauf zum Pol und das damit verbundene Multimilliarden-Euro-Geschäft ohne den Einsatz militärischer Mittel ausgetragen werden. Dann wären vor allem die globalen Energiekonsumenten die Sieger und nicht nur einige nationale Unternehmen.

### 3.3 Versicherungsunternehmen – Risiken werden neu verteilt

Versicherer und insbesondere die Rückversicherer gehören ähnlich der Land- und Forstwirtschaft zu den direkt Betroffenen klimatischer Extremereignisse. Zwar nicht im physischen Sinne, wohl aber als Folge von Auszahlungsverpflichtungen eingegangener Schadendeckungsversprechen. Über die starke Zunahme solcher Schäden wurde in Teil 1, Punkt 2.3, berichtet.

Dies stellt die Risiko-Tragfähigkeit der gesamten Branche auf eine harte Probe. So hinterließ der verheerende Orkan »Katrina« – er verwüstete im September 2005 u.a. New Orleans – tiefe Spuren auch im Bilanzwerk des global zweitgrößten Rückversicherers, der Münchener Rück. Er schlug dort mit € 1,54 Mrd. zu Buche. Noch höher waren die Belastungen nach der »Jahrhundertflut« des Jahres 2002 im Einzugsgebiet der Elbe mit ca. € 2,5 Mrd. Dennoch konnte ein Abgleiten in die Verlustzone vermieden werden. Die Erträge aus den umfangreichen Kapitalanlagen und die Auflösung von Schwankungsrückstellungen bildeten gewichtige Gegenposten. Eine Häufung solcher Belastungen könnte aber selbst ein Branchenprimus dauerhaft nicht verkraften.

Die Unternehmen haben daher strategische Gegenmaßnahmen ergriffen. Dazu zählen:

- Der Aufbau eigener »Wetter-Datenbanken«. Sie dienen der Abschätzung veränderter Klimarisiken und somit als Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Zeichnungs- und Preispolitik.
- Die Ablehnung bestimmter Risiken. So werden beispielsweise für einige Regionen entlang dem Rhein keine Policen zur Deckung von Überflutungsschäden mehr angeboten.
- Die drastische, den gestiegenen Risiken angepasste Erhöhung der geforderten Versicherungsprämien in Kombination mit höheren Selbstbehalten aufseiten der Versicherungsnehmer. Oftmals fordern Aufsichtsbehörden wie die BaFin in Deutschland oder internationale Rating-Agenturen eine höhere Eigenkapitalunterlegung von den Versicherern, wenn sie bestimmte »Wetter-Risiken« zeichnen. Auch dies erhöht die Kosten und somit die »Preise« bestimmter Versicherungsleistungen.
- Die Einführung neuer Kapitalmarktprodukte, die der Risiko-Verlagerung auf den Investorenkreis dienen. Hier sind die »Cat-Bonds« (Katastrophen-Anleihen) und die Wetter-Derivate von besonderem Interesse.

Was kann auf diesem Wege versichert werden? Fast alles. So u.a.:

- Dürrebedingte Ernteausfälle in Äthiopien. Beispiel: Versicherungssumme: € 5,8 Mio., vereinbart zwischen der AXA und der Welternährungsorganisation.
- Ausfall der Stromproduktion von Kernkraftwerken als Folge einer witterungsbedingt zu hohen Erwärmung des für Kühlungszwecke benötigten Flusswassers. Verminderte Stromproduktion von Windkraftanlagen wegen keinem/zu wenig Wind.

- Schleppender Umsatz/Ertragsminderungen von Textil-Einzelhandelsunternehmen im WSV, weil die Temperaturen im Januar/Februar langjährige Mittelwerte überschreiten.
- Mindereinnahmen von Hoteliers in Skigebieten wegen Schneemangels usw.

Die Grundlage solcher stark individualisierten Geschäftsabschlüsse bilden i.d.R. entsprechend ausgestaltete Wetter-Derivate. Der Versicherungs-/Leistungsfall tritt immer dann ein, wenn zuvor festgelegte Normwerte in Bezug auf Windstärken, Niederschlagsmengen oder Temperaturen über- bzw. unterschritten werden. Ein geregelter Markt begann sich erst ab 1997 in ersten zaghaften Schritten in den USA zu entwickeln. Dabei ging es um den Risikotausch zwischen Energieversorgungsunternehmen in klimatisch unterschiedlichen Regionen. Als Norm-Temperaturgrenze gelten seither 18 °C. Wird es wärmer, werden in den USA oftmals Klimaanlage aktiviert – der Stromabsatz steigt. Wird es kälter, werden entsprechend die Heizungen eingeschaltet. Daraus ergab sich eine Einteilung in HDD (»Heating Degree Days« = Heizungs-Grad-Tage) und CDD (»Cooling Degree Days« = Abkühlungs-Grad-Tage). Während der Kontraktlaufzeit werden nun die Abweichungen (in Tagen multipliziert mit Graden) gemessen und bewertet. Ein HDD kann z.B. den Gegenwert von \$ 10.000,- haben, aber durchaus auch davon abweichen.

So unterscheiden sich Wetter-Derivate also wesentlich von Derivaten auf herkömmliche Finanzmarktinstrumente. Sie haben keinen Basiswert als Bezugspunkt. Das Wetter an sich ist nicht handelbar. Das Ziel dieser Absicherungsinstrumente kann es demgemäß auch nicht sein, Preisrisiken abzudecken, sondern Volumenrisiken wie Erntemengen, Kilowattstunden oder die verkaufte Anzahl von Damenoberbekleidungsstücken.

Noch gibt es sehr uneinheitliche gesetzliche, steuerliche und bilanztechnische Rahmenbedingungen für die Behandlung von Wetter-Derivaten. Deswegen findet der Handel überwiegend außerbörslich, d.h. in Form sog. OTC-Optionen, statt. Treibende Kräfte in Bezug auf eine Standardisierung der Kontrakte sind in Europa die Deutsche Börse AG und die EUREX. An der Chicago Mercantile Exchange findet ein Wetter-Derivate-Handel seit 1998 statt. Aber erst ab 2005 begann das Marktvolumen abzuheben: von \$ 5,0 Mrd. auf \$ 40,0 Mrd. in 2006.

Wir können uns durchaus vorstellen, dass auf dieser Grundlage Energieversorgungsunternehmen ein Feld für eine höhere Kundenbindung etablieren könnten. Das Angebot könnte lauten: »Kaufe ein Wetter-Derivat bei uns. Wenn in der Heizperiode von Oktober bis März mehr als 30-mal die Tagesdurchschnittstemperatur unterhalb von -5 °C liegt, wird mit der nächsten Jahresabrechnung ein Betrag von € 100,- erstattet. Die »Versicherung« kostet € 5,-/Monat.«

Transparenter und stärker an Investoren-/Anlegerinteressen orientiert ist die Konstruktion der »Cat-Bonds«. Sie dienen dem »Alternativ Risk Transfer«, d.h., Rückversicherer beteiligen hauptsächlich institutionelle Anleger an der Übernahme bestimmter Katastrophen-

Risiken, etwa an den Schäden eines weiteren Tsunamis in Asiens, eines Orkans der Größenordnung Katrina usw. Die Laufzeit der »Anleihen« liegt überwiegend zwischen zwei und drei Jahren. Die Kurs- und somit Renditeentwicklung hängt von wetterbedingten Einmalereignissen ab und nicht von Zinsspreads oder Unternehmensgewinnen. Insofern ist die Korrelation zu anderen Finanzmarktinstrumenten äußerst gering.

Tritt innerhalb dieser Zeitspanne das zuvor definierte Schadensereignis dennoch ein, gehen die Anleihezeichner allerdings leer aus. Es tritt also ein Totalverlust ein. Bleibt es aus, kann eine Rendite von bis zu 500 Basispunkten (5%-Punkten) über LIBOR (Stand Mitte 2007) erzielt werden. Bei einer bislang sehr geringen Ausfallhäufigkeit solcher Anleihen ist deren Anziehungskraft für Hedge Fonds, Private Equity-Unternehmen und institutionelle Anleger auf der Suche nach Überrenditen zuletzt sehr hoch gewesen.

Das Volumen ausstehender Anleihen weist ein entsprechend dynamisches Wachstum auf. In 2006 hat es sich im Vorjahresvergleich auf \$ 6 Mrd. verdoppelt. Der Weltmarktführer Swiss Re kann sich bis 2016 einen Anstieg auf \$ 30–44 Mrd. durchaus vorstellen.

Nicht zuletzt auf Grund der steigenden Klimasensitivität der Unternehmensergebnisse sind die Versicherungen inzwischen eine der bedeutendsten Anlegergruppen auf dem Markt für Klimaschutzprojekte im Rahmen des CDM-Prozesses. So will z.B. der Allianz-Konzern im Rahmen einer speziellen Private Equity-Gesellschaft bis zum Jahre 2012 Euro 300–500 Mio. investieren.

**Fazit:** Die Versicherungsbranche hat auf kreative Weise gezeigt, dass sie mit dem ihr zur Verfügung stehenden Instrumentarium durchaus in der Lage ist, sich den gestiegenen Risiken des Klimawandels anzupassen. Risikotransfer/-kontrolle und höhere Prämieinnahmen führten dann bei ausbleibenden »Großereignissen« im Jahr 2006 folgerichtig sogleich zu einem neuen Rekordergebnis, zumindest bei der Münchener Rück. Der Jahresüberschuss kletterte von € 2,57 Mrd. auf € 3,54 Mrd. (+ 28,7%). Unter den in dieser Studie behandelten Aspekten stufen wir die Versicherungsbranche daher als neutral ein.

### **3.4 Bausektor: ein Pullover für das Haus – technischer Küstenschutz für das Land**

In der Baubranche werden Hoch- und Tiefbau sowie das Ausbaugewerbe kräftige Impulse durch den Klimawandel erhalten. Dabei wird es zwei Stoßrichtungen geben:

- Präventivmaßnahmen: Energiesparen, um die Umweltbelastung für das Weltklima zu reduzieren
- Anpassungsmaßnahmen: Schutz vor bzw. Reparatur von klimabedingten Wetterextremen

### 3.4.1 Wohnungsbau: im Zeichen von Energiespar- und Wetterschutzmaßnahmen

#### 3.4.1.1 Wärmedämmung wird zum A und O

Internationalen Studien zufolge ist die Emission von Gebäuden für 10-15% des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verantwortlich. Vor diesem Hintergrund werden neben dem Einsatz alternativer Energien vor allem sogenannte »grüne« Häuser im Vordergrund der politischen Debatte stehen. In Deutschland ist die Verbesserung der Energieeffizienz bereits ein wichtiger umweltpolitischer Schwerpunkt (s. hierzu ausführlich Teil 1 Kapitel 3.5.). Bis 2020 soll die Energieproduktivität gegenüber 1990 verdoppelt werden. So soll das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm, in dessen Rahmen die KfW vergünstigte Kredite vergibt, von 1,4 Mrd. auf 3,5 Mrd. € aufgestockt werden. In ihrem Anfang dieses Jahres vorgelegten Aktionsplan beabsichtigt die EU darüber hinaus, für Geräte und Gebäude bestimmte Mindestanforderungen für die Energieeffizienz festzuschreiben. Dabei soll die verbindliche Einführung von Energieausweisen für Gebäude eine Erhöhung der Markttransparenz bewirken.<sup>8</sup>

Laut Aktionsplan der EU soll zum einen die Energiebilanz bestehender Häuser zeitnah verbessert, zum anderen das Niedrigenergiehaus zur Norm für Neubauten werden.<sup>9</sup> Der Standard, den derzeit jeder Neubau in Deutschland erfüllen muss, liegt bei einem Verbrauch von 10 Litern Heizöl pro m<sup>2</sup> im Jahr. Zu einem Niedrigenergiehaus wird ein Gebäude dann, wenn der jährliche Heizenergiebedarf die vorgeschriebenen Werte der geltenden Wärmeschutzverordnung für Gebäude um 25 Prozent unterschreitet. Sogenannte Energiesparhäuser verbrauchen lediglich 4 bzw. 6 Liter Öl pro m<sup>2</sup> p.a. (Energiesparhaus 40 bzw. Energiesparhaus 60). Das Passivhaus<sup>10</sup> geht noch weiter darüber hinaus. Mit der Strategie, einerseits Wärmeverluste zu vermeiden, andererseits Wärmegewinne zu optimieren, verbraucht ein Passivhaus, das über 40-50 cm Dämmung in der Gebäudeaußenhülle verfügt, im Durchschnitt lediglich 1,5 l/m<sup>2</sup> Heizöl pro Jahr.<sup>11</sup> Experten gehen davon aus, dass in Deutschland bis 2030 rund 70% aller Neubauten Passivhäuser sein werden. Dies obwohl die Baukosten derzeit durchschnittlich 10-15% über jenen von Niedrigenergiehäusern liegen.

8 Dies berücksichtigt auch die Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV), die am 1. 10. 2007 in Kraft tritt. (Vgl. Bundesgesetzblatt (2007)).

9 Vgl. EU-Kommission (2007a).

10 Informationsmaterial zum Passivhaus wird vom Passivhaus Institut unter [www.passiv.de](http://www.passiv.de) bereitgestellt.

11 Passivhäuser speichern die Wärme, die Mensch und Haushaltsgeräte abgeben, sodass auch ohne ein separates Heiz- oder Klimatisierungssystem ein »Wohlfühlklima« erzeugt werden kann. Im Winter werden der Frischluft etwa 75% der Wärme aus der Abluft – über einen Wärmeübertrager – wieder zugeführt. Auch im Sommer soll eine aktive Kühlung durch passive Techniken weitestgehend überflüssig werden. Einer Überhitzung kann z. B. durch Jalousien und Rollläden entgegen gewirkt werden.

**Energiepass** Häuser nach durchschnittlichem Energieverbrauch

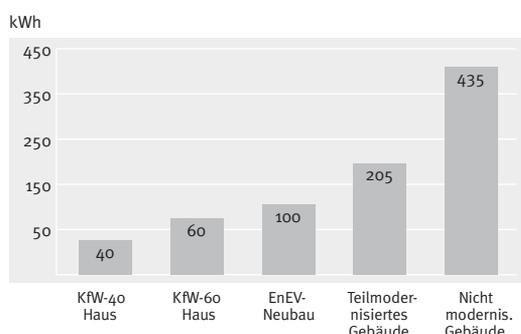


Abb. 8

Quelle: Deutsche Energie-Agentur

Sowohl für Niedrigenergie- als auch Passivhäuser ist neben moderner Heiztechnik die Isolierung bzw. die gut gedämmte Gebäudehülle aufgrund ihres Doppeleffekts – Speichern von Wärme, Abhalten von Hitze – daher das A und O. Das Alphabet beginnt mit einer verbesserten Dachdämmung,<sup>12</sup> geht über Wärmedämmung der Außenwände,<sup>13</sup> die Dämmung von Rohren und Leitungen bis zur Mehrfach-Wärmeschutzverglasung der Fenster<sup>14</sup> und hört erst mit der Kellerisolierung auf.

Nachteil gerade von Passivhäusern ist die favorisierte Südorientierung und Verschattungsfreiheit. Folge: Wo die Abschirmung der Wärme über Markisen und Rollläden nicht reicht, werden neuartige Fenster, die über spezielles Wärme- und Sonnenstrahlen abweisendes Glas verfügen, Abhilfe schaffen. Darüber hinaus machen es neue Technologien möglich, dass Häuser auch über Fassaden aus Glas und Metall gekühlt (ebenso wie erwärmt) werden können. Auch über Fußbodenheizungen werden sich Häuser künftig abkühlen lassen. Dessen ungeachtet werden Klimaanlageanlagen zunehmend gefragt sein: Allein bis 2020 gehen Experten von einer Verdoppelung des Bedarfs in Europa aus.

Der Einfluss der Wärmedämmung auf die Energiebilanz wird beim Vergleich des Energieverbrauchs verschieden gut gedämmter Einfamilienhäuser deutlich:

- Ein 100 qm großes ungedämmtes Einfamilienhaus Baujahr 1960 verbraucht pro Jahr ca. 3.700 l Heizöl.
- Ein nach der Wärmeschutzverordnung 1982/84 gebautes Haus verbraucht ca. 1.500 l.
- Ein nach der Wärmeschutzverordnung 1995 gebautes Haus verbraucht ca. 1.000 l.
- Ein nach dem aktuellen Stand der Technik errichtetes Niedrigenergiehaus verbraucht nur noch etwa 500-700 l.<sup>15</sup>

Da Energiebedarf und Emissionen der nächsten Dekaden aber vor allem durch bestehende Häuser bestimmt werden, werden Altbauten künftig ebenfalls sehr viel stärker in die Klimawandel-Pflicht genommen werden. Mehr noch als bei Aus- bzw. Neubauten wird sich die energetische Aus- bzw. Nachrüstung von Altbauten daher künftig beschleunigen. So ist die Wärmedämmung bei Häusern, die beispielsweise in Deutschland vor 1990 gebaut wurden, vielfach kaum berücksichtigt, sodass die Verbrauchswerte je Quadratmeter Wohnraum bei durchschnittlich 30-40 Litern Heizöl liegen, vielfach sogar darüber. Ziel der Bundesregierung ist daher, 5% des älteren Gebäudebestandes p.a. energetisch zu sanieren. So kann ein Haus aus den 30er-Jahren durch entsprechende Rundumdämmung eine Energieeinsparung von bis zu 70% erzielen. Das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm sieht hierfür jährlich 1,5 Milliarden Euro vor. Folge: Die Nachrüstung für wärmedämmte Dächer, Heizungs- und Warmwasser-

<sup>12</sup> Eine 20-24 cm starke Dämmung bringt eine Energieeinsparung von bis zu 15%.

<sup>13</sup> Bereits eine 10 cm dicke Dämmschicht bringt 20% Energieeinsparung, eine 20-cm-Dämmschicht mehr als ein Viertel.

<sup>14</sup> Schlecht isolierte Fenster gelten als Wärmebrücken, die zu viel Wärme nach außen abgeben. Selbst doppelt verglaste Fenster lassen mehr als dreimal so viel Wärme entweichen wie gut isolierte Wände. Mit dreifach verglasten Fenstern lassen sich im Vergleich zu Einfachverglasungen bis zu 20% Heizenergie einsparen. Um den Wärmeverlust zu vermeiden, entwickelt beispielsweise das Fraunhofer-Institut für Siliciumforschung (ISC) neuartige Fensterscheiben, in denen die Luft zwischen der Mehrfachverglasung durch ein Vakuum ersetzt werden soll. Von der Bundesstiftung Umwelt wird die Entwicklung »aktiver Fenster« gefördert, welche durch kleine Spiegel zwischen der Doppelverglasung zusätzliches Tageslicht in die Räume lenken sollen. Hierdurch soll der Bedarf an Lichtenergie um bis zu 20% gesenkt werden können.

<sup>15</sup> Vgl. Deutsche Energie-Agentur (2007).

rohre wird zur Pflicht werden. Nach einer Erhebung des WDV (Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme) liegt das Sparpotential in Deutschland bei Totaldämmung aller Wohnungen bei rund 2 Milliarden Liter Heizöl pro Jahr. »Wie viel Liter verbraucht denn dein Haus?«, könnte so zur Statusfrage einer preisbewussten Öko-Generation werden.<sup>16</sup>

#### **3.4.1.2 Das wasserfeste Haus ist gefragt**

Die zunehmende Intensität von Stürmen mit der wachsenden Gefahr von Sturmfluten wird unweigerlich zu vermehrter Küstenerosion und Schäden an küstennaher Infrastruktur und Gebäuden (Siedlungen, Deichbau, angesiedelte Industrien) führen. Gleiches gilt für die zunehmende Hochwassergefahr bei Binnenflüssen auf Grund stärkeren Schmelzwassers und ausgedehnter Regenperioden.<sup>17</sup> Einen zentralen Punkt des vorbeugenden Hochwasserschutzes wird daher die Bauvorsorge einnehmen:

- Hochwasserschutzsysteme für Häuser werden sich vor allem auf Eingangs- und Kellertüren, Fenster in den unteren Stockwerken sowie auf Hochwasserschotts und -schutzbarrieren konzentrieren. Hierzu gehören: die wasserdichte Ausführung des Untergeschosses, die Abdichtung von Fenstern und Türen, die Verwendung wasserbeständiger Baustoffe für Wände und Böden.
- Zunehmende Wassermengen lassen zudem größere, leistungsfähigere Rohre, Drainagen und Abwasseranlagen als heute erwarten.
- Last but not least wird mehr Sicherheit beim Bauen, im Sinne einer robusteren Bauweise gegen Stürme (u.a. bessere Verankerung von Dachziegeln) und Wasserschäden, erforderlich sein.

#### **3.4.2 Öffentlicher Bau: planen unter Unsicherheit**

##### **3.4.2.1 Küstenschutz ist Gebäudeschutz**

Die Prognosen der Klimaforscher für die kommenden Jahrzehnte sind alles andere als beruhigend: Die Wissenschaftler sagen heftige Sturmfluten mit deutlich ansteigenden Wasserständen voraus. Gefährdet sind dabei nicht nur Menschen und Infrastruktur in niedrig liegenden Gebieten wie beispielsweise den pazifischen Inseln, sondern auch in Großstädten wie Buenos Aires und Shanghai. Schätzungen gehen davon aus, dass etwa 20% der Weltbevölkerung in einer Entfernung von maximal 30 km zur Küste leben und knapp 40% in einem 100-km-Streifen.<sup>18</sup> In Deutschland könnten bis zum Ende des Jahrhunderts knapp 14.000 km<sup>2</sup> Küste bzw. Hinterland an Nord- und Ostsee unter Wasser liegen. Dies entspricht rd. 4% unserer Gesamtfläche und könnte über 3 Mio. Menschen betreffen.<sup>19</sup> Allerdings gehen die Prognosen über den Anstieg der Meeresspiegel erheblich auseinander. So hält das Max-Planck-Institut

<sup>16</sup> Vgl. Knauer, Sebastian (2006).

<sup>17</sup> So hat beispielsweise das Elbhochwasser im Sommer 2002 in Deutschland zu

<sup>18</sup> Todesopfern und gesamtwirtschaftlichen Schäden in Höhe von 9,2 Mrd. € geführt.

<sup>18</sup> Vgl. Elsner, Wolfram; Otte, Christoph; Yu, Inhi (2005).

<sup>19</sup> Vgl. Mrasek, Volker (2006).

für Meteorologie beispielsweise für Hamburg einen Anstieg um 60 cm für möglich, während die Experten des GeoForschungsZentrums Potsdam davon ausgehen, dass die Nordsee bis zum Ende des Jahrhunderts sogar um einen vollen Meter anschwellen könnte. Das Deichschutzprogramm für Hamburg geht dagegen aktuell von einem Anstieg des Meeresspiegels an der deutschen Küste von 30 cm in den nächsten hundert Jahren aus.<sup>20</sup>

Mit Blick auf die Unsicherheiten bezüglich des tatsächlichen Anstiegs des Meeresspiegels sieht das 2005 verabschiedete Hochwasserschutzgesetz daher für Deutschland vor, technische Schutzbauten derart flexibel zu gestalten, dass sie im Bedarfsfall entsprechend erweitert werden können. So sollen Hochwasserdämme beispielsweise so gebaut werden, dass spätere Dammerhöhungen durch Vergrößerung der Böschungsneigung oder Verschüttungen auf der Landseite möglich sind.<sup>21</sup> In diesem Sinne hat auch der »Generalplan Küstenschutz«, der in den nächsten 10-12 Jahren ein Investitionsvolumen von 520 Mio. € vorsieht, für die niedersächsische Küste seine Pläne ausgearbeitet. Bei einem erwarteten Anstieg des Meeresspiegels in den nächsten 100 Jahren um 25 Zentimeter soll die Sollhöhe der Hauptdeiche zwischen 5,60 m in Cuxhaven und 9 m in Ostfriesland bzw. der Elbe oberhalb Hamburgs aufgestockt werden. Aber auch einem stärkeren Anstieg soll später »problemlos« durch nachträgliche Erhöhung Rechnung getragen werden können.

Ob das reicht, bleibt allerdings fraglich. Das Projekt »Klimawandel und präventives Risiko- und Küstenschutz-Management an der deutschen Nordseeküste« (KRIM)<sup>22</sup> hält für die niedersächsische Küstenregion eine Erhöhung der bestehenden Deiche um 70 cm für nötig und schließt darüber hinaus die zusätzliche Anpassung durch eine zweite Deichlinie im Hinterland und den Bau von Sperrwerken (z.B. vor Flussmündungen und Buchten) nicht aus. Die Universität Bremen<sup>23</sup> fordert unter Berücksichtigung stärker ansteigender Meeresspiegel nicht nur zweite, sondern sogar dritte Deichbaulinien. Durch die Errichtung von Sturmflutsperrwerken nach dem Vorbild Rotterdams und Londons entlang den Deichen der Trichtermündungen von Elbe und Weser könnten zudem die Großstädte Hamburg und Bremen vor Extremwasser geschützt werden.

**Fazit:** Das Segment Küstenschutz wird voraussichtlich höhere Infrastrukturinvestitionen als bisher eingeplant erforderlich machen.

#### 3.4.2.2 Regen- und Hochwassermanagement

Auch im Segment Kanalisation und Abfluss sind – nicht zuletzt bedingt durch die jahrzehntelangen Veränderungen der Landschaft durch Menschenhand – Infrastrukturinvestitionen größeren Ausmaßes zu erwarten. So liegt ein großes Problem des Hochwassermanagements in

20 Um für die Zukunft gerüstet zu sein, soll die insgesamt 103 km lange Deichlinie (inkl. Schutzwänden, Flutmauern, Schleusen usw.) mit einem Investitionsvolumen von 600 Mio. € bis 2012 um rd. 1 m aufgerüstet werden.

21 Vgl. Umweltbundesamt (2006).

22 In einer Szenarioanalyse bis zum Jahr 2050 wird dabei unterstellt, dass der Meeresspiegel um 55 cm steigt und gleichzeitig die Windgeschwindigkeit um 7% – bei einem häufigeren Auftreten von Nord- bis Nordwestwinden – in der Deutschen Bucht zunimmt.

23 Vgl. Schirmer, Michael (2006).

der Zunahme von Verkehrs- und Siedlungsflächen, die massiv in den Wasserhaushalt eingegriffen und die Versickerungsfläche für Regenwasser entsprechend verringert haben. In deutschen Ballungsräumen macht die Flächenversiegelung mittlerweile 50% – in Problemfällen sogar bis zu 70% – der Gesamtfläche aus. Selbst in normal besiedelten Gebieten kann nur noch ca. ein Viertel des Niederschlagswassers im Boden versickern. Der größte Teil wird direkt in die Kanalisation geleitet. Die Unwetter des letzten Sommers haben deutlich gezeigt, dass die Kanalisation den Wassermassen vielfach nicht mehr gewachsen ist. Vor diesem Hintergrund wird der Sanierungsbedarf der öffentlichen Kanalisation in Deutschland auf mindestens 45 Mrd. € geschätzt.<sup>24 25</sup> Daher wird der Versickerung von Regenwasser künftig eine immer größere Bedeutung zukommen.<sup>26</sup>

### 3.4.3 Konsequenzen für Investoren und Unternehmen

Der Klimawandel wird erhebliche Investitionen im privaten und gewerblichen Bau ebenso wie im öffentlichen Bau nach sich ziehen. Dabei zeichnen sich schwerpunktmäßig u.a. folgende Entwicklungen ab:

- Die Verbesserung des Wärmeschutzes im privaten Wohnungsbau wird das große Thema sein und dem Bauhauptgewerbe ebenso wie dem Bauausbaugewerbe Zuwächse bescheren.
- Die Nachfrage nach Dämmmaterial<sup>27</sup> wird steigen. Verwendet werden zzt. fast ausschließlich fossile oder anorganische Rohstoffe. Dies lässt positive Impulse für die Chemische Industrie als Hersteller von Dämmstoffen wie z.B. BASF (Polyurethan, Styropor, Styrodur) und Saint-Gobain Isover (Glaswolle, Steinwolle) erwarten.
- Naturmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen wie Hanf, Flachs, Stroh, Schilf und Wolle, deren Marktanteil bei Dämmstoffen heute noch deutlich unter 5% liegt, können aber zu interessanten Alternativen werden.<sup>28</sup>
- Der technische Hochwasserschutz durch Deiche, Hochwasserschutzmauern, Dämme sowie Rückhaltebecken und steuerbare Polder (Rückhalteräume, die eine gezielte Flutung ermöglichen) wird zunehmen. Auch hier kann der technische Fortschritt Eintritt erhalten. So wird derzeit im Deichbau u.a. unter Beteiligung der BASF AG erforscht, wie Deiche mittels neuer Materialien weniger schnell durchweichen – und damit brechen – können.<sup>29</sup>
- Ein wachsender Bedarf wird darüber hinaus bei der öffentlichen Kanalisation und Abwasserbeseitigung zu erwarten sein.
- Des Weiteren wird dem Bau von Stauseen und -becken vor dem Hintergrund der zunehmenden Wechsel zwischen ausgedehnten Hitzeperioden mit entsprechender Wasserknapp-

<sup>24</sup> Vgl. Verband Unabhängiger Beratender Ingenieure und Consultants (2006).

<sup>25</sup> Als Beispiel sei hier der von Fachleuten erwartete Ausbau des Mulden-Rigolen-Systems, eine Kombination aus Mulden- und Rigolenversickerung, genannt. Während bei der Muldenversickerung das Niederschlagswasser vor der Versickerung zwischengespeichert wird, wird es bei der Rigolenversickerung in einen mit Kies oder anderem Material (z. B. Schotter) gefüllten Graben geleitet. Das Mulden-Rigolen-System besteht aus dezentralen Versickerungsanlagen in Form von Rigolen mit darüberliegenden begrünten Versickerungsmulden. Potential für entsprechende Anbieter wird vor allem im Bereich der Gebäude- und Freiflächen sowie entlang den Verkehrsflächen gesehen.

<sup>26</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2007).

<sup>27</sup> Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Kunststoffe wie EPS, PS und PUR sowie Glas- und Steinwolle.

<sup>28</sup> Vgl. Innovations Report (2005).

<sup>29</sup> Das Projekt »Umweltverträgliche Polymere für den ressourcenschonenden Deichbau« wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit rd. 1,4 Mrd. € gefördert.

heit einerseits und Starkregen mit ausgeprägten wasserreichen Perioden andererseits eine neue Priorität zukommen.

- Während im Frühjahr und Winter die Hochwassergefahr zunimmt, kann im Sommer dagegen selbst in einigen Teilen Deutschlands das sog. Wasserdargebot (die aus dem natürlichen Wasserkreislauf zur Verfügung stehende Süßwassermenge) dramatisch abnehmen.<sup>30</sup> Vor diesem Hintergrund muss künftig auch in den nordeuropäischen Ländern mit Wasserrationierungen gerechnet werden. Folge: Wassersparmaßnahmen bei Industrie und Haushalten (Haushaltsgeräte, Wasserzähler, Nutzung von Brauchwasser) werden verstärkt im Fokus stehen.<sup>31</sup>
- Folge: Es dürfte zunehmend zu einem Ausgleich zwischen öffentlicher Hand und privatem Nutzer bzw. einer stärkeren finanziellen Einbindung der Begünstigten kommen.
- Zudem wird das Thema Public Private Partnership (PPP) auch im Zusammenhang mit dem Küstenschutz von wachsendem Interesse für Investoren sein.<sup>32</sup>

### 3.5 Tourismus und Freizeit vor dem (Klima-)Wandel

Der Tourismus wird naturgemäß besonders vom Klimawandel betroffen sein, da er von den klimatischen »Inputs« abhängig ist. Dabei liegen die Veränderungen direkt vor unserer Haustür. Dies zeigen die jahrelangen Bemühungen, die Insel Sylt vor weiteren Uferabbrüchen und Sandverlusten zu schützen. Nicht zuletzt hat uns der letzte Winter, der ein Sommer war, den Klima- und Tourismuswandel lebhaft vor Augen geführt.

#### 3.5.1 Wintersaison: Schnee wird zum knappen Gut

Dass der Winter 2006/2007 kein einmaliges Ereignis war, belegt die alarmierende Studie der Organisation für Internationale Zusammenarbeit (OECD), welche die Auswirkungen des Klimawandels auf den Skitourismus für die gesamte Alpenregion untersucht hat.<sup>33</sup> Danach macht sich der Klimawandel in den Alpen besonders deutlich bemerkbar: Der durchschnittliche Temperaturanstieg war in den vergangenen zweieinhalb Jahrzehnten dreimal größer als im globalen Durchschnitt, die Jahre 1994, 2000, 2002/2003 waren die wärmsten der vergangenen 500 Jahre.

Die Berechnungen der Klimamodelle zeigen, dass die Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten noch schneller fortschreiten dürfte. Damit wird es weniger Schnee in den tieferen Lagen geben, die Gletscher werden sich weiter zurückziehen – damit als Ausweichrevier für immer mehr Wintersportler immer kleiner werden – und der Permafrostboden in den höheren Lagen wird anfangen zu tauen. So dürfte der Gletscher auf der Zugspitze bereits in 15-20 Jahren verschwunden sein.

<sup>30</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2005a).

<sup>31</sup> Vgl. Berenberg Bank – HWWI (2005b).

<sup>32</sup> Vgl. Berenberg Bank – HWWI (2006): Band B, Kapitel 7 Infrastrukturfinanzierung.

<sup>33</sup> Vgl. OECD (2006).

Der OECD zufolge gelten heute 90 Prozent (609 von 666) der mittelgroßen und großen Skiregionen in den Alpen als schneesicher.<sup>34</sup> Bei einem Anstieg der durchschnittlichen regionalen Jahrestemperatur um lediglich 1 °C würde dies nur noch für rund 500 Gebiete der Fall sein. In Deutschland würde sich die Zahl der schneesicheren Regionen um 60 Prozent verringern (in Oberbayern um 90 Prozent, in Schwaben/Allgäu um 47 Prozent). In Österreich, wo rund die Hälfte des Tourismusgeschäfts oder 4,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts auf den Wintersport entfallen, wären 35 der derzeit rund 190 schneesicheren Regionen betroffen. (Die Schweiz würde durch den Klimawandel relativ gesehen mit minus zehn Prozent noch die wenigsten schneesicheren Skigebiete verlieren.) Sollte es zu einem Anstieg der durchschnittlichen regionalen Jahrestemperatur um 2 °C kommen, gelten nur noch 400 und bei 4 °C sogar nur noch 200 Skiregionen als schneesicher.

Laut OECD wird der Trend auch durch den Einsatz neuer Technologien nicht aufzuhalten sein. So kann die künstliche Beschneigung aktuell schon nicht mehr als Allheilmittel gelten. Wenn die Temperaturen weiter steigen, dürfte künstliche Beschneigung weit teurer werden und ab einem bestimmten Niveau nicht mehr rentabel sein. Denn nur bei Temperaturen unter -4 °C gilt sie als wirtschaftlich durchführbar. Zudem sind Beschneiungsanlagen bereits heute unter ökologischen Gesichtspunkten bedenklich. Die Anlagen verbrauchen enorme Mengen Wasser (1000-4000 m<sup>3</sup>/ha) und Energie (ca. 25.000 kWh/ha),<sup>35</sup> davon unabhängig beeinflusst die Beschneigung Landschaft und Umwelt.

Auch Kunststoffabdeckungen, wie sie im Sommer in einigen Regionen zur Konservierung der Gletscher eingesetzt werden, können laut OECD den Verlust an Gletschermasse nicht aufhalten. Landschaftsveränderungen schließlich, etwa durch Pistentrassierungen oder Veränderungen von Bachläufen, werden zudem die Umwelt schädigen und Überschwemmungen und Steinschlag verursachen. Dies hat dann auch Auswirkungen auf den Sommertourismus.

### 3.5.2 Sommersaison: Gesundheit contra Urlaubsfreude

Der Sommertourismus reagiert zwar weniger sensibel auf den Temperaturanstieg an sich, jedoch könnten die zunehmende Hitze ebenso wie wachsende gesundheitliche Risiken

- a) zu einer regionalen Verschiebung der Tourismusströme von Süden nach Norden sowie
- b) zu einer veränderten Akzentuierung der Tourismusgewohnheiten führen.

Die Gefahren lauern dabei nicht länger vorrangig in Form von Spinnen und Schlangen im Ferntourismus oder Hurrikanen wie in der Karibik, sondern können auch in unseren heimischen – europäischen – Regionen den Feriengenuss trüben. Anhaltende Hitzeperioden mit Waldbränden und Quallenplagen im Mittelmeerraum werden den Sommertourismus in Südeuropa, ebenso wie spektakuläre Felsstürze die Sommerferien in den Alpen, in neuem Licht erscheinen lassen.

34 Das heißt, sie haben im Durchschnitt für mindestens 100 Tage im Jahr eine Schneedecke von mindestens 30 cm in der mittleren Lage des Skigebiets.

35 Vgl. Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (2005a).

Zunehmende Starkniederschläge lassen ansteigende Schäden durch Überflutungen, Erd- und Schlammrutsche bzw. Lawinen immer wahrscheinlicher werden. So müssen sich Wanderer ebenso wie der Camping-/Wohnmobiltourismus künftig auf zunehmende Wetterextreme wie Starkregen, Überschwemmungen und Steinschlag gefasst machen, denn steigende Temperaturen und zunehmende Niederschläge bringen die Berge ins Rutschen. So schwächen die wärmeren Temperaturen, welche die Dauerfrostgrenze ansteigen lassen, die Bindungskraft des gefrorenen Wassers im Boden. Mit anderen Worten: Ist der Gletscher weg, kommen die Hänge ins Rutschen. Folge sind Steinschlag, Schlamm und Gerölllawinen, wie im Sommer 2006 an der Ostwand des Eiger geschehen. War es zuerst nur eine Felsnase, die sich allmählich talwärts bewegte, war es wenig später eine halbe Million Kubikmeter Fels, der in die Tiefe rutschte und zu einer Behinderung und Gefahr für Verkehr und Menschen wurde.

Auch die Quallenplage am Mittelmeer des letzten Sommers kann erst als Vorgeschmack auf künftige Entwicklungen eingestuft werden. Zwar bevorzugen Quallen eigentlich das offene – weil wärmere und salzhaltigere – Meer, jedoch werden die Küstengewässer künftig sowohl wärmer werden als auch durch den Bau von Meerwasserentsalzungsanlagen – diese entsorgen dort ihre Rückstände – an Salzgehalt zunehmen.

Aber selbst das Bad in Nord- und Ostsee kann dem Erholungsuchenden den Urlaubsspaß verderben. Eine direkte Folge des Klimawandels ist beispielsweise die vermehrte Blüte von Blaualgen, welche durch die Bildung toxischer Stoffe das Wasser für Gesundheit und Tourismus gefährlich machen. Erinnert sei hier an die zeitweilige Sperrung einiger Strände an der Ostsee im vergangenen Jahr. Darüber hinaus können vermehrt Bakterien und andere Keime in Badegewässern die Gesundheit negativ beeinflussen.

### **3.5.3 Konsequenzen für Investoren und Unternehmen**

#### **3.5.3.1 Rügen: das neue Mallorca Europas?**

Die Verschiebung touristischer Ziele kann vor dem geschilderten Hintergrund als sehr wahrscheinlich eingestuft werden. Sommerliche Hitze- und Dürreperioden sowie eingeschränkte Wasserverfügbarkeit und zunehmende Waldbrandgefahr werden die Wachstums- und Tourismuszonen zudem verstärkt von Süd nach Nord (sommerliche Tourismusziele) verlagern. Hinzu kommt, dass beispielsweise Spaniens Strände auf Grund des Anstiegs des Meeresspiegels bis 2050 um 15 Meter schrumpfen könnten, wie das Umweltministerium in Madrid befürchtet. Die Folgen:

- Die Attraktivität der norddeutschen See- und Badeorte an der Ost- und Nordseeküste bzw. den Inseln wird sich erhöhen. Was heute Mallorca für die Schönen und Reichen ist, können in einigen Jahrzehnten Rügen oder heute noch in den touristischen Windeln steckende Destinationen wie Poel an der mecklenburgischen Ostseeküste sein. Begünstigt wer-

den dürfte dieser Trend zudem durch voraussichtlich immer stärker aufkommende Überlegungen, Fernreisen aus ökologischen Gründen durch »Strafgebühren« zu verteuern.

- Dies wird auch die entsprechenden regionalen Immobilienmärkte berühren. Mit einer Süd-Nord-Verschiebung bei Bewertung und Preisen von Ferienanlagen und -häusern ist zu rechnen.
- Gleichzeitig kann dies gravierende Folgen für die Volkswirtschaften Südeuropas nach sich ziehen und das wirtschaftliche Nord-Süd-Gefälle dramatisch ausweiten. Aber auch für weite Wintersportregionen, vor allem Österreichs, können die Folgen für Arbeitsmarkt und volkswirtschaftliche Prosperität fatal sein.
- Last but not least: Durch die veränderten Touristenströme könnten sich zudem die nationalen und internationalen Verkehrsströme verändern.

### **3.5.3.2 Strategiewechsel ist gefragt**

Mit Blick auf die klimabedingten Veränderungen im Winter-, aber auch Sommertourismus wird es zu einem Strategiewechsel im Tourismusmarketing kommen müssen. Ziel wird dabei vorrangig sein, die Abhängigkeit vom Wintertourismus zu verringern und einen erlebnis- und gesundheitsorientierten Ganzjahrestourismus aufzubauen. Hierauf werden sich alle tourismusabhängigen Sparten vom überregionalen Tourismusunternehmen bis zur örtlichen Fremdenverkehrszentrale, von der Skihütte bis zur Strandsauna einstellen.

Dabei gilt es zu berücksichtigen:

- Klimastabile Fernreiseziele oder klimaunabhängige Reisen werden generell größere Zuwächse haben.
- Das Buchungsverhalten wird sich weiter in Richtung kurzfristig ändern: Späteres, von der Schnee- und Wetterlage abhängiges Buchen wird dominieren.
- Der Trend zu Kurzurlaube wird sich verstärken: Im Winter werden Tagesskiausflüge und Kurzurlaube zunehmen.
- Städte- und Kulturreisen werden durch die Verlängerung der Saison (gutes Wetter) noch weiter an Attraktivität zunehmen.
- Kulturell interessante Regionen in Nordeuropa haben die Chance, einen Ganzjahrestourismus (mildere Winter) aufzubauen, viele Städte Südeuropas die Möglichkeit, die (kühleren) Jahreszeiten Frühling und Herbst stärker zu nutzen. Gestützt wird dies auch durch den Treiber Demografie: Eine zunehmend alternde Bevölkerung wird während der Nebensaison Urlaub in den Mittelmeer-Regionen machen.
- Die Mittelgebirgsregionen sowie die niedrigeren Lagen in den Alpen werden alternative Angebote wie Wandern, Wellness, Events und Kultur schaffen müssen.
- Durch die Verlängerung der sommerlichen Witterung können Open-Air-Events (Kinos, Theater, Konzerte) ebenso wie Vergnügungs-Freizeitparks für zusätzliche Attraktivität sorgen.

- Unterhaltungs- und Alternativangebote, vor allem im Segment des Indoor-Sports, werden in den Skigebieten immer wichtiger werden, ebenso werden generell Eventsportarten, die vom Wetter unabhängiger sind, an Attraktivität gewinnen.
- Fusionen/Übernahmen von Wintersport- und Liftbetreibern werden folgen.
- Die Verlagerung von Wintersportarten in die Hallen wird stark zunehmen. Nicht nur in Dubai ist das Indoor-Skivergnügen von Erfolg gekrönt, auch im skibegeisterten Norddeutschland wird diese Alternative bereits sehr gut angenommen, wie die beiden Snow-Domes in Norddeutschland (Bispingen und Wittenburg) zeigen. Grenzen des Wachstums können hier angesichts des enormen Energieverbrauchs allerdings umweltpolitischer Natur sein.
- Die Nachfrage nach Schneekanonen und Maschinen zur industriellen Herstellung von Eisschnee wird steigen.
- Der Fitness- und Gesundheitstrend, der ohnehin durch die demografische Entwicklung begünstigt ist, wird sich weiter verstärken.
- Sporthandel und -hersteller wie z.B. Adidas, Asics, Nike, Puma und Quicksilver müssen sich umstellen: Der Bedarf an Wintersportgeräten wird zurückgehen, dagegen wird die Nachfrage nach Ausrüstung, Bekleidung und Zubehör für sommerliche Outdoor-Freizeitsportarten (Joggen, Walken, Schwimmen, Biken, Skaten u. dergl.) vor allem in Nordeuropa zunehmen.

### 3.6 Pharmaindustrie – Das Klima schlägt auf die Gesundheit

#### 3.6.1 Ernst zu nehmende Gefahr – Krankheiten wie in den Tropen?

Als direkte Auswirkung des Klimawandels auf die Gesundheit gilt in erster Linie die Zunahme übertragbarer Infektionskrankheiten. Das Fehlen längerer Frostperioden kann darüber hinaus Insekten in Regionen heimisch werden lassen, in denen sie bisher kaum oder gar nicht anzutreffen waren. So ist ein klimabedingter Import »exotischer« Krankheiten und Krankheitserreger aus wärmeren Regionen absehbar. Denn Krankheiten wie Malaria und Denguefieber, die bislang Fernreisenden »vorbehalten« waren, können auch hierzulande durch höhere Temperaturen und Feuchtigkeit verstärkt auftreten.

Die Sorge gilt derzeit vor allem aber den durch Zecken übertragenen Krankheiten wie Borreliose und FSME-Zeckenenzephalitis (Hirnhautentzündung), die in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen sind. Grund ist, dass in milden Wintern immer mehr Nagetiere (Mäuse, Kleinwild) überleben, welche für Zecken als Wirtstier (Vektor) dienen. Zwar herrscht im Bereich vektorübertragender Krankheiten noch große Unsicherheit, jedoch stuft das Umweltbundesamt potentiell Risiko und Vulnerabilität als hoch ein.<sup>36</sup>

Doch auch ein Wiederaufflammen der Malaria, die Anfang des 19. Jahrhunderts noch in einigen Gebieten Deutschlands verbreitet war und zu einer Epidemie mit 10.000 Erkrank-

<sup>36</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2005b).

kungen und vielen Todesfällen führte, kann für unsere Breiten nicht mehr ausgeschlossen werden.<sup>37</sup> So existieren in Deutschland heute von der malariaübertragenden Anopheles-Mücke fünf verschiedene Gattungen. Vor diesem Hintergrund befürchten Tropenmediziner ein »Comeback« der Malaria an der Ostsee, da Malaria-Mücken zum Überleben »nur« drei Wochen mit Temperaturen von über 17 Grad benötigen.<sup>38</sup> Gleiches gilt für das Denguefieber. So ist einer dessen Überträger, die Tigermücke, inzwischen bis nach Südeuropa vorgedrungen. Auch ein vermehrtes Auftreten von Sandmücken wird von Experten nicht ausgeschlossen. Die Überträger von Leishmaniose – Geschwüre auf Haut und Schleimhäuten – werden bei einem Temperaturanstieg auch in unseren Breiten künftig bessere bzw. neue Lebensbedingungen vorfinden. Nördlich der Alpen wurden erstmals 1999 Sandmücken entdeckt.

### 3.6.2 Wachsende Gefahr: »Hitzetod«

Ist der Import exotischer Krankheiten in unsere mitteleuropäischen Regionen eher dem Spektrum Spekulation zuzuordnen, dürften längere und intensivere Hitzeperioden der Bevölkerung auch in unseren Breiten zunehmend zu schaffen machen. So werden hitzebedingte Herz-Kreislaufkrankungen zunehmen, ebenso werden Wetterschwankungen besonders für ältere Personen, Kinder und Menschen mit schlechtem Gesundheitszustand zunehmend gefährlich. Höhere Maximaltemperaturen werden die Todeshäufigkeit und Erkrankungen gerade älterer Menschen und ärmerer Bevölkerungsschichten (fehlende Mittel für Klimaanlage, Ventilatoren usw.) mit hoher Wahrscheinlichkeit ansteigen lassen.<sup>39</sup> Andererseits kann sich die Zahl der Kältetoten durch mildere Winter im Gegenzug reduzieren. Negativ auswirken werden sich die lang anhaltenden Regenperioden in den Wintermonaten dagegen wohl vor allem im Bereich Wetterfühligkeit und Depressionen.<sup>40</sup>

Alarmierend war bereits der Sommer 2003, dessen extreme Hitze gemessen an der Zahl der Todesopfer als größte europäische Naturkatastrophe der vergangenen 500 Jahre eingestuft wurde.<sup>41</sup> So hat die Hitzewelle 2003 in Deutschland Schätzungen zufolge allein zu rund 7000 Todesfällen geführt.<sup>42</sup> In der EU belief sich die Zahl der frühzeitig an »Hitze-Stress« und Luftverschmutzung Gestorbenen auf über 20.000. Die EU-Kommission geht in ihrer Anfang 2007 vorgelegten Studie<sup>43</sup> davon aus, dass bei einem Anstieg von 2,2 °C bis zum Jahr 2071 mit 36.000 zusätzlichen Toten (Nettosaldo zwischen zusätzlichen hitzebedingten und kältebedingten Sterbefällen) zu rechnen ist. Bei einer Erwärmung um 3 °C könnte sich diese Zahl sogar auf 86.000 erhöhen.<sup>44</sup> Hitze-Stress wird sich dabei vor allem in den Städten verstärkt bemerkbar machen, da hier die nächtlichen Abkühlungsphasen deutlich geringer als auf

37 Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2003).

38 Anopheles-Mücken, die Überträger der Malaria, werden bei Temperaturen über 10 Grad aktiv. Beste Bedingungen für Fortpflanzung und Aktivität herrschen bei 20 bis 30 Grad. Feuchtigkeit und Niederschlag sorgen zudem für gute Brutplätze der Mücken. (Vgl. Koller, Ulrike (2003)). Die krankheitsauslösenden Parasiten (Plasmodium) benötigen Temperaturen von über 16 bis 19 Grad.

39 Vgl. Umweltbundesamt (2004).

40 Vgl. Koller, Ulrike (2003).

41 Vgl. Umweltbundesamt (2006).

42 Vgl. Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (2005b).

43 Vgl. EU-Kommission (2007b).

44 Aktuell steigt die Temperatur alle 10 Jahre um 0,2 Grad Celsius.

dem Lande sein werden. Internationale Untersuchungen für Metropolen wie Shanghai und Kairo sowie diverse Großstädte in den USA gehen bis 2020 von einer Verdoppelung der Hitzetoten aus.

### 3.6.3 Schleichende Gefahr: mangelnde Hygiene

Die Klimaveränderung wird zudem direkte Auswirkungen auf die Hygiene bei Nahrungsmitteln und Wasser haben.<sup>45</sup> So ist davon auszugehen, dass das Trinkwasser durch starke Niederschläge schneller verunreinigt werden wird (Überflutung der Kanalisation). Dies gilt insbesondere für Regionen, die über keine funktionierende Wasserwirtschaft bzw. ausreichenden Schutz ihrer Wasserressourcen und Wasserqualität verfügen. Darüber hinaus kann eine eingeschränkte Wasserversorgung auch zu mangelnder Hygiene bei der Körperpflege sowie der Essenszubereitung führen. In diesem Zusammenhang weist das Umweltbundesamt darauf hin, dass das Infektionsrisiko mit Salmonellen bei höheren Temperaturen – wie der Sommer 2003 gezeigt hat – deutlich steigt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) geht davon aus, dass bereits 2,5% aller Durchfallerkrankungen Folge der Klimaveränderung sind. Im Jahre 2030 dürften Durchfallerkrankungen 10% höher liegen als ohne den Klimawandel.<sup>46</sup> Insgesamt rechnet die WHO bis 2030 mit 300.000 zusätzlichen Todesopfern, die auf den Klimawandel (u.a. Diarrhö und Folgeerkrankungen, Malaria und Unterernährung) zurückzuführen sind.

### 3.6.4 Konsequenzen für Unternehmen und Investoren

Aus Unternehmens- und Investorensicht kristallisiert sich folgende Entwicklung heraus:

- Der Klimawandel, der in der Pharmabranche bisher nur eine untergeordnete Rolle spielt – Herz- und Kreislaufbeschwerden bilden ohnehin einen zentralen Forschungs- und Umsatzschwerpunkt –, wird künftig im Segment Tropenkrankheiten ein höheres Gewicht bei Forschung und Entwicklung erhalten.
- Ein steigender Bedarf an pharmazeutischen Produkten und Impfungen, die bislang nur für Reisen in tropische Länder erforderlich waren, ist wahrscheinlich. Einen starken Fokus auf Mittel gegen Tropenkrankheiten legen derzeit u.a. GlaxoSmithKline, AstraZeneca, Novartis und Sanofi-Aventis sowie Merck Inc. (Impfungen).
- Da die Allergiehäufigkeit und -dauer bei früher einsetzendem Pollenflug zunehmen wird, ist auch in diesem Segment mit steigendem Absatz zu rechnen. Gleiches gilt für Asthma- und Bronchitismittel. Zu den führenden Pharmazieunternehmen auf diesem Gebiet zählen u.a. GlaxoSmithKline, AstraZeneca, Sepracor und Teva.
- Zunehmende Unfälle (Hochwasser, Stürme, Gerölllawinen) lassen die Nachfrage nach einer raschen »Low tech«-Wundversorgung ansteigen. Anbieter von Verbandmaterial, Gipsen und Schienen sind z.B. Smith & Nephew, Mölnlycke sowie Coloplast.

<sup>45</sup> Vgl. zu dieser Thematik auch: Berenberg Bank – HWWI (2005b).

<sup>46</sup> Vgl. WHO (2003).

- Pollenflug-Warnsysteme ebenso wie sensible miteinander vernetzte Hitze-Frühwarnsysteme (vor allem für Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime, Notfall- und Einsatzpläne) werden entwickelt werden müssen.
- Die Wasseraufbereitung, -reinigung, -desinfektion sowie Abwasserbehandlung und Messtechnik werden auch unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels ein zunehmendes Gewicht erhalten. Ohnehin stellt der Markt für Wasseraufbereitungstechnologie den bedeutendsten Subsektor des Wassermarktes dar.<sup>47</sup>
- Wachsende hygienische Anforderungen an die Lebensmittelsicherheit und -qualität lassen neue großtechnologische Produktionsverfahren, z.B. bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln, erwarten.
- Hitzestau und unzureichende Be- bzw. Durchlüftung von Innenstädten müssen die Städtebauplaner zunehmend beschäftigen. So sind Städte im Durchschnitt 2 bis 4 °C wärmer als das ländliche Umland. Dies wird entsprechende Infrastrukturinvestitionen nach sich ziehen.

### 3.7 Verkehr – Technologie – Utopie

Aus Anleger- und Investorensicht bietet – wie die Beispiele aus den genannten Branchen zeigen – somit auch der Klimawandel interessante Perspektiven. Wie wir bereits in früheren Untersuchungen dieser Studienreihe festgestellt haben, konzentrieren sich Anlagechancen auch diesmal wieder auf die Themenblöcke Technologie und Infrastruktur.<sup>48</sup>

#### 3.7.1 Verkehr ... und wieder kommt die Infrastruktur ins Spiel

Im Verkehrssektor werden im Zusammenhang mit dem Klimawandel folgende Punkte dominieren:

- Alle Transportträger des Verkehrssektors werden durch ausgeprägtere negative Witterungsbedingungen, wie extreme Hitze im Sommer und die Zunahme von klimatischen Extremereignissen (Stürme, Starkregen), in puncto Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Pünktlichkeit zunehmend beeinträchtigt werden. Auch die witterungsbedingten Schäden an der Verkehrsinfrastruktur werden sich häufen.
- Laut einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen nimmt die Unfallhäufigkeit in Deutschland bei Auto-Innenraumtemperaturen über 32 °C im Stadtverkehr um 22% und im Außerortverkehr um 13% zu. Bei Temperaturen von über 37 °C wurde ein Anstieg um 33% festgestellt.<sup>49</sup> Dagegen verbessert sich die Unfallbilanz im Winter durch abnehmende Eis- und Frosttage entscheidend.
- Folge: Hellere Lackierungen, vielleicht sogar mit hitzedämmender Wirkung, werden die dunklen Automobilfarben – auch aus Sicherheitsaspekten – weiter verdrängen. Die Nachfrage nach hochleistungsfähigen Klimaanlage in Fahrzeugen wird steigen und auch in

<sup>47</sup> Vgl. Berenberg Bank – HWWI (2005b).

<sup>48</sup> Vgl. insbesondere Berenberg Bank – HWWI (2006).

<sup>49</sup> Vgl. Umweltbundesamt (2005b).

Entwicklungs- und Schwellenländern Standard werden. Das Potential für entsprechende Zulieferfirmen dürfte mit Blick auf die Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung in China und Indien vielversprechend sein. Dagegen wird sich die Reifenindustrie mit dem Absatz von Winterreifen – wie bereits in diesem schneearmen Winter in Europa geschehen – möglicherweise schwerer tun. Gefordert werden neben ressourcensparenden »grünen Reifen« optimierte Aqua-Planing- bzw. Ganzjahresreifen.

- Der Flugverkehr wird durch veränderte Luftströmungsverhältnisse, zunehmende Wirbelstürme sowie Gewitter und Starkregen (Erhöhung der Gefahr bei Start und Landung) stärker als bisher beeinträchtigt.
- Auch die Schifffahrt wird vor zunehmende Probleme durch Orkane, Wirbelstürme und möglicherweise sog. Monsterwellen gestellt. Die Binnenschifffahrt wird durch eine zunehmende Intensität von Hoch- und Niedrigwasser bzw. den permanenten Wechsel zwischen zu hohen Wassermassen durch steigenden Niederschlag im Herbst/Winter und zu wenig Wasser durch sinkenden Niederschlag im Sommer stärker saisonal abhängig sein.
- Der Eisenbahnverkehr wird durch Sturmschäden an den Oberleitungen, umgestürzte Bäume, Erdbeben und Überschwemmungen bzw. Unterspülungen von Gleisen und Gleisdämmen zunehmend beeinträchtigt. Die erstmalige Einstellung des kompletten Fernreiseverkehrs der Deutschen Bahn in der Nachkriegszeit Mitte Januar 2006 kann erst der Anfang gewesen sein.
- Der Straßenverkehr wird ebenfalls durch Sturmschäden, aber auch Hitzeschäden (Aufweichen des Asphalts) wachsende Probleme bekommen.
- Folge: Investitionen/Forschung in Frühwarnsysteme und Sicherheitstechnologie sowie den Windverhältnissen angepasste stabilere Flugzeug- und Schiffskonstruktionen werden folgen müssen. Die Nachfrage nach kleineren, flachgehenden Schiffen für den Binnenverkehr sollte steigen. Im Brückenbau werden windresistente Konstruktionen gefragt sein. Neben geräuschkämmenden und abriebarmen Materialien werden vor allem hitzebeständige Straßenbeläge im Fokus neuer Technologien stehen.

**Fazit:** Für das gesamte Spektrum der Infrastrukturinvestitionen sind in den kommenden Jahrzehnten kräftige Impulse durch Anpassungs- und Präventionsstrategien an den Klimawandel zu erwarten.<sup>50</sup>

### 3.7.2 Effizienztechnologie wird zur neuen Schlüsselbranche

Experten<sup>51</sup> gehen davon aus, dass sich der Umsatz mit Effizienztechnologien (wie z.B. verbrauchsreduzierende Messtechnik, Gebäude-, Kraftwerkstechnologien) bis 2030 weltweit auf 1 Billion € belaufen wird, verglichen mit aktuell rd. 400 Mio. €. Dem neuesten Klimabericht der UNO zufolge wird dies aber bei Weitem nicht ausreichen. Um eine Klimakatastrophe abzuwenden, müssten allein bis 2030 rund 16 Billionen Dollar in CO<sub>2</sub>-arme Technolo-

<sup>50</sup> Vgl. Berenberg Bank – HWWI (2006).

<sup>51</sup> DIW, Fraunhofer ISI und die Unternehmensberatung Roland Berger.

gien investiert werden. Dies eröffnet große Chancen für entsprechende Anbieter. Weltweit führend sind hier z.B. ABB (Klima-, Automationstechnik), Alstom (Technologie/Service Stromversorgung), General Electric (Wasseraufbereitung/-technologie) und Siemens (Entwicklung/ Vertrieb energieeffizienter Systeme). Hinzu kommen zahlreiche »Nischenanbieter« wie u.a. im Bereich der Messtechnik die m.u.t. AG oder im Segment der Wasseraufbereitung die CWT (Clean Water Technology) AG.

So kann die Umwelttechnologie mit Blick auf Klimawandel und knapper werdende Ressourcen gerade in Deutschland klassische Industriezweige wie den Maschinenbau und die Autobranche in ihrer Führungsrolle sukzessive ablösen. Schätzungen sehen Effizienztechnologien bis 2030 auf über 15% des Industrieumsatzes klettern (aktuell 4%). Wie in Kapitel 3.8 beschrieben, ist die Thematik Technologie neben alternativen Energien schwerpunktmäßig durch den Verkehrssektor besetzt, der sich immer stärker zu einer Hochtechnologiebranche entwickeln wird.<sup>52</sup>

### **Ein Schutzschirm für Ortschaften und Anlagen**

Wären es im Verkehrssektor vor allem die Leit- und Sicherheitssysteme (Stichwort Telematik), ist das große Thema Intelligente Systeme (IS) in puncto Klimawandel vor allem durch Sturm- und Unwetterwarnungen<sup>53</sup> sowie den Klimafolgeschutz besetzt. So wird in Hamburg derzeit am Zentrum für Marine und Atmosphärische Wissenschaften an einem Projekt für eine Integrierte Klimasystem-Analyse und -Vorhersage (CliSAP), mit Schwerpunkt der Wetter- und Klimavorhersage, gearbeitet. Einen Schritt weiter geht das Projekt SAFE, das unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Software und Systemtechnik an intelligenten Netzwerken aus Unwetter-Prognosemodellen, (Un-)Wettersensoren und geeigneten Abwehrmaßnahmen arbeitet. Herzstück dieses Pilotprojekts ist eine informationslogistische Plattform, welche auf Grundlage sensorgestützter Prognosen zeitnah entsprechende Gefahrenabwehrprozesse einleitet. Einfach ausgedrückt: Zeigen die hochempfindlichen meteorologischen Messinstrumente bestimmte Extremwerte an (Stürme, Hagel, Starkregen), werden Alarmsignale ausgelöst und die dazugehörige Gebäudetechnik beginnt ihre Arbeit: Automatisch werden z.B. Fenster und Schutzvorrichtungen sowie Rückstauklappen geschlossen, um das Volllaufen von Häusern und Kellern zu verhindern.

### **Amphibienhäuser gegen den Klimawandel**

Aber auch im Hausbau machen neue Ideen auf sich aufmerksam. So gibt es in den Niederlanden nicht nur Hausboote, sondern mittlerweile setzt man bei unseren Nachbarn auch auf schwimmende Häuser. Ein Prototyp sogenannter Amphibienhäuser kommt derzeit in einer Siedlung an der Maas erfolgreich zum Einsatz. Diese Häuser haben als Fundament eine wasserdichte Betonwanne, welche bei Überschwemmungen/Hochwasser als Schwimmkörper

52 Auf diese Thematik sind wir unter dem Blickwinkel zunehmender Engpässe von Rohstoffen und Infrastruktur u.a. in den Vorgängerstudien dieser Reihe (»Energierohstoffe« sowie »Maritime Wirtschaft und Transportlogistik«) ausführlich eingegangen.

53 Onlineinformationen zu diesem Thema unter: [www.zmaw.de](http://www.zmaw.de)

funktioniert, den Gebäuden Auftrieb verleiht und sie schwimmen lässt. Im Boden verankerte Pfeiler, durch welche die Häuser paarweise miteinander verbunden sind, verhindern das Wegschwimmen und dienen gleichzeitig als Führungspfähle, an denen das Amphibienhaus dem Wasserstand entsprechend auf und nieder gleiten kann. Auch alle notwendigen Versorgungsleitungen passen sich dem jeweiligen Wasserstand an.

Folge: Die Zukunft in den küstennahen Regionen kann schwimmenden Häusern sowie Häusern auf Pfählen und Stelzen gehören. (Vielleicht auch etwas für das Immobilienportfolio des Anlegers, der sonst schon alles hat?)

### **Auf der Suche nach der CO<sub>2</sub>-Grabkammer**

Mit Hochdruck arbeiten Wissenschaftler darüber hinaus an diversen Konzepten, Kohlendioxid aus Kraftwerken und Industrieanlagen aufzufangen und sicher und dauerhaft zu entsorgen. Im englischsprachigen Raum ist für diese neue Technologie das Kürzel CCS (Carbon Capture and Storage) gebräuchlich. Weltweit befassen sich derzeit acht Forschungsprojekte mit der Thematik, wie CO<sub>2</sub> abgespalten bzw. aufgefangen, in die Erde gepumpt und dort unterirdisch gespeichert werden kann. Eines davon – unter dem Namen CO<sub>2</sub>Sink – steht unter Leitung des GeoForschungsZentrums Potsdam, das in der Nähe von Berlin in einem unterirdischen Gasspeicher insgesamt 60.000 t Kohlendioxid in 600-700 m Tiefe endlagern möchte. Gefördert wird das Projekt, an dem sich sowohl Forschungseinrichtungen als auch die Industrie (u.a. Vattenfall und RWE) beteiligen, von der Europäischen Union mit 8,7 Millionen Euro. Bereits seit drei Jahren erforschen Wissenschaftler aus zehn Ländern unter Leitung der RWTH Aachen im polnischen Kattowitz unter dem Projektnamen »Recopol« die Tief Lagerung von Kohlendioxid.<sup>54</sup> Hier wurden ca. 70 Tonnen CO<sub>2</sub> in ein 1200 m tiefes Kohleflöz injiziert. Ziel der Forscher ist zu prüfen, wie sicher und dauerhaft die Untertagespeicherung von Kohlendioxid ist.

Bisher schlugen die Versuche einer dauerhaften Lagerung im Erdboden allerdings fehl. Vor diesem Hintergrund beschäftigen sich andere Forschungsprojekte mit der Frage der dauerhaften Entsorgung bzw. Lagerung von CO<sub>2</sub> im Tiefengestein der Tiefsee. So wird beispielsweise unter Beteiligung von BP und Shell auf einer Bohrinselformation in Mexiko getestet, wie sich die Meeressedimente bei der Injizierung von CO<sub>2</sub> verhalten. Aktuell existieren weltweit bereits vier große Offshore-Anlagen, die jeweils über 1 Mio. t CO<sub>2</sub> p.a. in die Erde zurückpressen. Bis 2011 sind vier weitere geplant.

Sollte die Tiefseelagerung von CO<sub>2</sub> an Bedeutung gewinnen, würde dies auch neue Perspektiven für Supertanker eröffnen: Denkbar ist, dass diese in Zukunft nicht nur Öl zu ihren Bestimmungsorten transportieren, sondern den Rückweg dazu nutzen, Kohlendioxid zu den Verpressungsstationen auf hoher See zu transportieren.

54 Vgl. Kempkens, Wolfgang u.a. (2007).

### Geoengineering – etwas für Visionäre

Unter dem Stichwort Geoengineering tummeln sich diverse – und z.T. aus heutiger Sicht recht abstrus anmutende – Visionen, wie man der Erderwärmung Einhalt bieten kann. Hierzu einige exemplarische unkommentierte Gedankenspiele:<sup>55</sup>

- Am National Center for Atmospheric Research im US-Bundesstaat Colorado entwickeln Forscher die Idee, große Mengen an Meerwasser zu zerstäuben, um die Reflexivität niedriger Wolken zu erhöhen und damit mehr Sonnenlicht zurück ins Weltall zu werfen.
- Forscher des Alfred-Wegener-Instituts für Meeresforschung (Bremerhaven) haben in den Jahren 2000 und 2004 im Antarktischen Meer 200 Quadratkilometer Meeresfläche mit Eisensulfat gedüngt, um das Algenwachstum an der Oberfläche anzuregen. Dahinter steht die Erwartung, dass das wachsende Phytoplankton Kohlendioxid bindet und dieses später nach Absterben der Algen mit in die Tiefe nehmen wird.
- Nobelpreisträger Paul Crutzen will Tausende von Ballons, gefüllt mit Schwefel, in die Stratosphäre aufsteigen lassen. Hintergrund sind die Erfahrungen nach Vulkanausbrüchen, die eine merkliche Abkühlung der Atmosphäre nach sich zogen. Dies soll durch eine künstliche Luftverschmutzung erreicht werden, wobei laut Crutzen eine Injektion von rd. 5 Mio. t Schwefel pro Jahr ausreichen würde, um die Erwärmung zu kompensieren, die durch eine zu erwartende Verdoppelung des Kohlendioxid-Ausstoßes in diesem Jahrhundert verursacht würde. Die Kosten schätzt er hierfür auf bis zu 50 Mrd. Dollar p.a. Bereits in den Achtzigerjahren schlug ein ähnlich gelagerter Versuch fehl, Jumbojets große Mengen Schwefeldioxid in hohen Luftschichten verteilen zu lassen.
- Transparente Kunststoffscheiben können einen Sonnenschirm für die Erde bilden. Forscher haben dabei errechnet: Wenn von 20 Starttrampen aus zehn Jahre lang alle fünf Minuten eine Ladung abgeschossen würde, könnten 16 Billionen Scheibchen in 25 Jahren einen 100.000 Kilometer langen Schweif bilden. Sie sollen 1,8 Prozent des Sonnenlichts ablenken, das andernfalls auf die Erde treffen würde.

<sup>55</sup> Vgl. Schürmann, Hans (2006), Shafiq, Samiha (2006).

## 3.8 Automobilindustrie/Transportsektor

### 3.8.1 Wachsende Weltbevölkerung und steigende Mobilität

Das Automobil stellt neben dem Schienen-, Schiff- und Luftverkehr nur einen Teilbereich des Transportsektors dar. Zwischen 1990 und 2002 wies der Transportsektor weltweit das zweitgrößte Wachstum aus.

Die Autoneuzulassungen im Jahr 2005 betrug weltweit 61,06 Mio. Fahrzeuge. Allein in Deutschland gab es 2006 ca. 46 Mio. Autos.<sup>56</sup> Das Durchschnittsalter eines europäischen Kraftfahrzeuges liegt bei 8 Jahren. Es gibt momentan ungefähr 800 Mio. Fahrzeuge weltweit. Diese Anzahl soll sich bis 2030 auf 1,3 Milliarden und bis 2050 auf 2 Milliarden Fahrzeuge ausweiten.

Die stark ausgeprägte Urbanisierung in Entwicklungsländern und der gleichzeitige regionale Anstieg des Lebensstandards erhöhen die weltweite Nachfrage nach Automobilen in den kommenden Jahren enorm. Bis 2030 werden 4,98 Milliarden Menschen in Städten leben.<sup>57</sup> Das ist ein Zuwachs in urbanen Regionen von 74% gegenüber 2000.

Der chinesische Absatzmarkt für Autos wächst rasant. Bis 2015 dürfte die Zahl der PKW-Neuzulassungen auf rund 8 Mio. Fahrzeuge jährlich steigen. Allein in Indien dürfte es im Jahr 2007 ca. 1,15 Millionen PKW-Neuzulassungen geben. Gleichzeitig wird erwartet, dass der Bedarf an Erdöl in den nächsten 25 Jahren um 60% zunimmt und zwei Drittel der Nachfrage vom Transportsektor ausgehen werden. Dieser Trend verdeutlicht den wachsenden Einfluss, den Autos auf das Klima bei gleich bleibender Technologie in diesem Sektor haben werden.

### 3.8.2 Eindämmung der Emissionen klimaschädlicher Gase

Die Emission von CO<sub>2</sub>-Gas hat im Zeitraum zwischen 1990 und 2002 in den Industriestaaten insgesamt nur geringfügig zugenommen. Die Fahrzeuge der europäischen Autohersteller stoßen durchschnittlich etwas über 160 Gramm/km CO<sub>2</sub>-Gas aus. In Großbritannien nahm die CO<sub>2</sub>-Emission um 15% ab, in Deutschland um 19%. Diese Verbesserung ist auf den Einsatz verbesserter Technologien sowie den Mehrabsatz von Dieselfahrzeugen zurückzuführen. Dieselautos emittieren durchschnittlich 15–20% weniger CO<sub>2</sub>. Außerdem sind europäische und asiatische Fahrzeuge tendenziell kleiner und leichter als die der Amerikaner.

Hingegen stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den USA und Kanada um 13% bzw. 20% an.<sup>58</sup> In Entwicklungsländern nahm die Emission von CO<sub>2</sub> sehr stark zu. Die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionsanteile der Automobile liegen in den USA bei 30%, in Südostasien/Japan bei 18% und in Europa bei 15%.<sup>59</sup>

<sup>56</sup> Vgl. VDA (o.J.).

<sup>57</sup> Vgl. UN DESA (2005).

<sup>58</sup> Vgl. WRI (2005).

<sup>59</sup> Vgl. Lehman Brothers (2007).

### Kraftfahrzeug-Registrierungen 2005

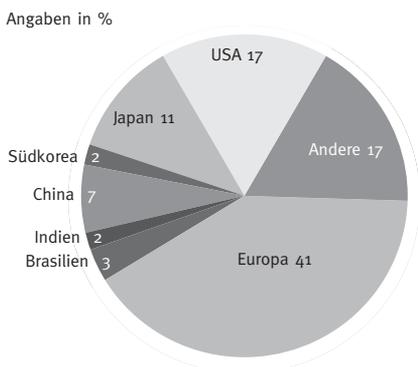


Abb. 9 Quelle: ACEA, VDA

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Transportsektoren

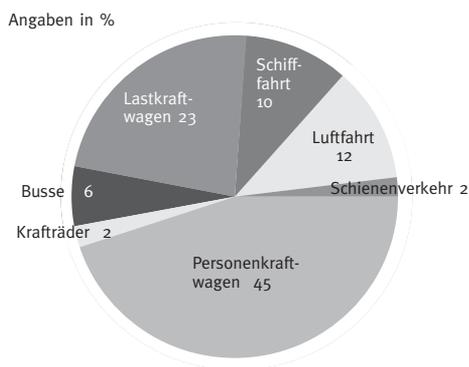


Abb. 10 Quelle: ACEA, VDA

#### 3.8.2.1 Emissionen aus dem Transportsektor

Der Transportsektor trägt mit 14% zur weltweiten CO<sub>2</sub>-Emission bei.<sup>60</sup> Innerhalb des Transportsektors sind 76% der Emissionen auf den Straßentransport zurückzuführen. Also werden auf der Straße rund 10% der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht.

In OECD-Ländern entfallen rund 34% des Energieverbrauchs und 62% des Erdölverbrauchs auf den Transportsektor. In Entwicklungsländern steigt dieser Verbrauch auch rapide an (Indien: 9% bzw. 34%, China: 11% bzw. 39%). Der transportbedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß stieg in China zwischen 1971 und 2002 um über 400% an. In den OECD-Ländern betrug der Anstieg im Vergleichszeitraum nur 90%.<sup>61</sup> Es wird weiterhin angenommen, dass die weltweiten Emissionen aus dem Transportsektor zukünftig auch ca. 14% ausmachen werden. Die Belastung in Entwicklungsländern wird sich dabei drastisch verstärken.

#### 3.8.2.2 Neue Rahmenbedingungen zur Reduzierung der Emissionen durch den Gesetzgeber

Schon vor 20 Jahren gab es mit der Einführung des Katalysators eine Gesetzesinitiative zugunsten der Umwelt. Die EU-Pläne zur Einführung strengerer Grenzwerte für CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Kraftfahrzeugen haben sich Anfang Februar 2007 konkretisiert. So soll bis 2012 der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Neuwagen in der EU auf 120 Gramm/km sinken. Dies ist eine der ersten konkreten Umsetzungen des »Aktionsplans für Energieeffizienz« der EU.

In der Europäischen Kommission in Brüssel konnten sich die Lobbyisten der starken Automobilindustrie, von der ca. 9% der direkten oder indirekten Arbeitsplätze in Europa abhängen, und Industriekommissar Günther Verheugen mit Umweltkommissar Stavros Dimas einigen, dass die Autohersteller bis 2012 bei Neuwagen einen Emissionswert von 130 Gramm/km erzielen. Die restlichen 10 Gramm sollen beispielsweise durch Beimischung von Biokraftstoffen eingespart werden.

<sup>60</sup> Vgl. WRI (2005).

<sup>61</sup> Vgl. hierzu: KfW Entwicklungsbank (2006).

Die Selbstverpflichtung des europäischen Automobilherstellerverbandes ACEA, bis 2008 den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Neuwagen auf 140 Gramm/km zu senken, wird nicht einzuhalten sein. Die japanischen und südkoreanischen Industrieverbände haben sich dieses Ziel für das Jahr 2009 gesetzt. Industrievertreter befürchten eine Benachteiligung ihrer Premiumklassen wie Mercedes-Benz, BMW oder Porsche bei der Konkretisierung der Zielvorgaben. Neben CO<sub>2</sub> wird durch die erweiterte Euro-5-Norm, die zum September 2009 in Kraft treten soll, der Ausstoß von Stickoxiden, Kohlenstoffmonoxid und Rußpartikeln, welche stark gesundheitsschädlich wirken, weiter eingedämmt.

### **3.8.3 Wandel im Automobilssektor**

Die Komposition der Automobilmessen verdeutlicht, dass die Fahrzeughersteller sehr großen Wert auf die Präsentation neuer Antriebstechnologien legen.<sup>62</sup> Bislang fahren jedoch beispielsweise weniger als 1 Prozent der ca. 15 Mio. im vergangenen Jahr zugelassenen Neufahrzeuge in Europa mit alternativen Antrieben.

#### **Hybridantriebe**

Der Hybridantrieb ist eine Kombination aus Elektro- und Verbrennungsmotor. Über einen Generator im Antriebsstrang wird die freigesetzte Bremsenergie zurückgewonnen. Es wird zumeist eine Kombination aus neuester Dieselmotor- und einem starken Elektroantrieb gewählt. Hersteller wie Citroën oder Peugeot kommen mit dieser Technologie auf einen Verbrauchswert von 3,4 Liter/km. Die CO<sub>2</sub>-Emission liegt bei diesen Modellen bei 90 Gramm/km. Der Hybridantrieb ist besonders im Stadtverkehr auf kurzen Strecken deutlich sparsamer als ein moderner Dieselmotor.

#### **Erdgasantrieb**

Das Reduktionspotential an CO<sub>2</sub> eines Erdgas-Fahrzeugs gegenüber einem vergleichbaren Benzinauto liegt bei ungefähr 25%. Die Anzahl der relativ emissionsarmen Erdgas-Fahrzeuge ist in Deutschland kontinuierlich auf 150.000 Stück gestiegen. Erdgas wird u.a. in Deutschland als Kraftstoff bis 2020 steuerlich gefördert. Jedoch kann Erdgas, auf Grund auch hier begrenzter Ressourcen, nur als zeitlich begrenzte Lösung betrachtet werden.

#### **Antriebe mit Biokraftstoffen**

Antriebe, die mit einer Beimischung oder rein synthetischen Kraftstoffen wie Methanol oder Ethanol fahren, gewonnen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Biomasse, Raps, Soja oder Mais (sog. BTL, Biomass to Liquid) oder Biogas (sog. GTL, Gas to Liquid), sind bezüglich geringer CO<sub>2</sub>-Emission zunehmend attraktiv. Diese Produkte können in Benzinmotoren verwendet werden. Für Dieselmotoren gibt es als alternativen Kraftstoff das Biodiesel. Die

62 Siehe hierzu auch: Berenberg Bank – HWWI (2006), S. 68 und Berenberg Bank – HWWI (2005a), S. 58f.

Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission hängt auch bedeutend vom vorgelagerten Transportweg bis zum Verbraucher ab. So würde sich der Bezug von Ethanol aus Brasilien, dem führenden Ethanolproduzenten, negativ in der Well-to-Wheel-Bilanz niederschlagen.

### Brennstoffzellen

Der klassische Brennstoffzellenmotor gewinnt elektrische Energie durch den chemischen Prozess bei der Zusammenführung von Sauerstoff und Wasserstoff. Es kann jedoch auch Methan oder Kohlegas mit Luftsauerstoff verbrannt werden. Die freigesetzte elektrische Energie wird für den Antrieb eines elektrischen Motors verwendet. Dieser Antriebsprozess ist völlig schadstoffarm. Die Gewinnung und Lagerung reinen Wasserstoffs setzt einen sehr hohen Energieaufwand voraus. General Motors rechnet bis 2010 mit einer Serienreife der Brennstoffzelle. Honda will ein serienreifes Brennstoffzellenauto deutlich früher auf den Markt bringen.

### Andere Potentiale zur Emissionseindämmung

Leichtbauweisen senken zusammen mit widerstandsärmeren Karosserien den Kraftstoffverbrauch. Dies würde einen Trend zu kleineren Fahrzeugen bedeuten sowie eine Einbuße bei Sicherheitssystemen auf Grund veränderter Konstruktionsweise. Ein »Downsizing« des Fahrzeugantriebs führt bei gleichzeitiger Senkung des Fahrzeuggewichts um 10% zu einer Kraftstoffeinsparung von bis zu 7%.<sup>63</sup> »Grüne Reifen«, die den Rollwiderstand um bis zu 8% senken sollen, und Reifendruckkontrollsysteme würden zu einer Kraftstoffeinsparung von bis zu 9% beitragen.<sup>64</sup> Auch synthetische Schmierstoffe mit geringer Viskosität schaffen eine CO<sub>2</sub>-Einsparung. Sogenanntes Eco-Driving kann bis zu 25% Sprit sparen.<sup>65</sup> Ein Klimapass für Fahrzeuge könnte zukünftig den Verbraucher beim Autoneukauf auf emissionsarme Technologien hinweisen.

<sup>63</sup> Vgl. WBCSD (2004).  
<sup>64</sup> Vgl. WBCSD (2004).  
<sup>65</sup> Siehe hierzu: ACEA (2007).

### Hybridauto-Absatz

Angaben in %

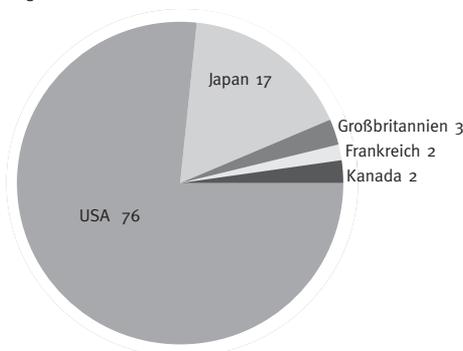


Abb. 11

Quelle: ACEA

### 3.8.4 Chancen für die Fahrzeughersteller

Der Wettbewerb unter den Automobilkonzernen wird in Zukunft weiterhin enorm zunehmen. Dies verursacht einerseits einen starken Preisdruck und auf der anderen Seite eine Konsolidierung auf dem Zulieferermarkt. Gleichzeitig wird die Bevölkerung wie in China und Indien durch die zunehmende Motorisierung auf Grund wachsender Kapitalanhäufung auf die Investition in Fahrzeuge vorbereitet.

- Besonders bedeutungsvoll ist die Entwicklung im Segment der Hybridantriebe. Der Absatz von Hybridfahrzeugen hat im Januar 2007 beispielsweise in den USA im Vergleich zum Vorjahresmonat um 11% zugelegt. Die Hersteller haben Geländewagen und Pick-up-Trucks in ihr Segment aufgenommen.

Toyota hat 2006 rund 192.000 Hybridfahrzeuge in den USA abgesetzt und möchte diese Zahl 2007 auf bis zu 300.000 erhöhen. Global betrachtet möchte Toyota den Absatz um 40% in 2007 auf 430.000 Fahrzeuge steigern. Weltweit soll deren Absatz von Hybridfahrzeugen 2010 auf 1,3 Mio. Einheiten steigen. Dies entspräche einem Anteil von knapp unter 2% der Weltproduktion an PKW.

Der technische Vorsprung von Toyota im Bereich der Hybridantriebe wird auf ca. 6 Jahre geschätzt. Ford verkaufte 2006 nur 24.000 Hybridautos. Zum Vergleich: Mercedes-Benz wird schätzungsweise Anfang 2008 das erste marktfähige Hybridauto fertigen.

- Die mit Biokraftstoffgemisch betriebenen Fahrzeuge gewinnen in Regionen mit guten Anbaumöglichkeiten der Rohmaterialien für den Kraftstoff an Bedeutung. So will Mitsubishi 2007 in Brasilien, das eine Flexi-Fuel-Vehicle-(FFV)-Marktpenetration von über 70% aufweist, ein FFV auf den Markt bringen. 2007 plant Ford, ca. 280.000 FFV weltweit zu verkaufen. Bereits seit Januar 2007 müssen in Deutschland 4% Biodiesel und gut 1% Bioethanol dem fossilen Kraftstoff beigemischt werden.

Die EU-Kommission möchte bis 2020 etwa 10% des Sprints durch Biokraftstoffe ersetzen. Die USA wollen 20% des Benzinverbrauchs bis zum Jahr 2017 einsparen und 15% des Kraftstoffanteils sollen zukünftig aus Bioethanol und Biodiesel bestehen.

- In Europa wird der sparsame Dieselmotor in den nächsten 10 bis 15 Jahren weiter steigende Absatzzahlen aufweisen. Hier sind gleichzeitig die europäischen Hersteller führend.
- Die Entwicklung der Wasserstofffahrzeuge ist schwerer einzuschätzen. In 15 Jahren könnten bis zu 10 Mio. dieser Fahrzeuge auf dem Markt sein. 2050 könnten es sogar 350 Mio. Fahrzeuge sein. DaimlerChrysler schätzt, dass die ersten Wasserstoffautos zwischen 2012 und 2015 auf den Markt kommen könnten.

Welche Technologie sich durchsetzen wird, kann heute nicht festgelegt werden. Entscheidend werden die Rohstoffpreise, die Praxiserfahrungen mit der Technologie und die weiteren Vorgaben und Anreize aus der Politik sein.

### 3.8.5 Langfristige Eindämmung der Emissionen durch Innovation

Es wird eine Verschiebung der Wachstumsmärkte geben. So treten China, Indien und Europa in den Vordergrund. Als Produzent für Automobile und Komponenten wird sich auch Japan mit hervorragender Technologie weiterhin gut positionieren können. Es ist sinnvoll, Innovationsanreize global zu gestalten, zumal die internationalen Unternehmensverflechtungen enorm sind, was bei Mercedes-Benz und DaimlerChrysler sowie Renault und dem Nissan-Konzern zu sehen ist.

Das nun deutliche Signal aus der Brüsseler Politik wirkt vorerst einschneidend in der Automobilindustrie, jedoch müssen Grenzwerte bei der CO<sub>2</sub>-Emission eher als Vorgabe zu mehr Innovationstätigkeit denn als eine Abstrafung der europäischen Automobilkonzerne betrachtet werden. Denn langfristig und global betrachtet werden die Autohersteller, welche früh in die Innovation von alternativen Antrieben investiert haben, führend sein.

Es könnte also schwerwiegende ökonomische Folgen haben, wollte man die Automobilbranche vor ökologisch bedeutungsvollen Innovationen schützen. Die Konzentration auf alternative Antriebstechniken eines Automobilkonzerns darf nicht weiter als Risikoinvestition betrachtet werden.

### 3.8.6 Schmutzige Schifffahrt

Die Transportleistungen in der Schifffahrt haben 2005 um rund 11% zugenommen. Die internationale Frachtschifffahrt verbrauchte im Jahreszeitraum ungefähr 290 Mio. Tonnen schwefelhaltiges Schweröl. Dabei werden rund 10 Mio. Tonnen an Schwefeldioxid, mehr als 7% des weltweiten Ausstoßes, emittiert. Einschränkungen der Schadstoffemissionen im Schifffahrtswesen werden vom internationalen Regime der IMO (International Maritime Organization) und auch aus Brüssel verlangt.

Es wird der Einsatz von unkonventionellen Kraftstoffen und Brennstoffzellen als auch von Hybridantrieben an Bord erprobt. Das Bewusstsein für emissionsarme Anlagen auf See steigt. Die Klassifizierungsgesellschaft Germanischer Lloyd stellt beispielsweise einen Umweltpass für Schiffe aus, anhand dessen die Emissionen von Motoren und Verbrennungsanlagen auf See bewertet werden.

Windsegel, die wie ein Drachen große Schiffe ziehen, oder aerodynamische Flügelkonstruktionen könnten die Treibstoffkosten in einer Größenordnung zwischen 10 und 35% senken.<sup>66</sup> Auch die Energieversorgung der Schiffe in Häfen könnte, statt durch den Betrieb der bordeigenen Generatoren, über eine landgestützte Versorgung abgasärmer gesichert werden.

<sup>66</sup> Siehe: SkySails (o.J.).

### 3.8.7 Luftbelastung durch die Luftfahrt

Im Jahr 2006 bewegten sich ca. 12.500 Maschinen mit mehr als hundert Sitzen in der Luft. Bis 2025 werden 27.000 derartige Maschinen prognostiziert. 28% der rund 1.800 Flugzeugneubestellungen im Jahr 2006 gingen von Low Cost Carriern (LCC) aus.<sup>67</sup> Für das Jahr 2015 nehmen Prognosen 5.700 Milliarden geflogene Personenkilometer an, für 2050 schon 14.000 bis 23.000 Milliarden.<sup>68</sup> Der Flugverkehr weltweit trägt mit 11% zu CO<sub>2</sub>-Emissionen im Transportsektor bei. Die von der Luftfahrt ausgehenden Emissionen an CO<sub>2</sub> haben zwischen 1990 und 2002 um 38% zugenommen. Nun wird der Handel mit Emissionsrechten in der Luftfahrtindustrie diskutiert. Als Bemessungsgrundlage sollen die Basisjahre 2004 bis 2006 gelten. Unzureichend wird jedoch das durchschnittliche Wachstum in der Branche von jährlich ca. 4% berücksichtigt. Nach einem Richtlinienentwurf der EU-Kommission soll ab 2011 für alle innereuropäischen Flüge und ein Jahr später auch für ausländische Fluggesellschaften, die in der EU starten und landen, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß reglementiert werden. Diese Maßnahme würde jährliche Zusatzkosten von ca. 4. Mrd. € verursachen.

Die Attraktivität europäischer Drehkreuze wird enorm geschmälert, zumal der Emissionsrechtehandel auf internationalen Märkten nicht diskutiert wird. Das in der Luftfahrt übliche blei- und bromhaltige Kerosin »AVGAS«<sup>69</sup> sollte alsbald ersetzt werden. Bisweilen wird in Deutschland auch die Einführung einer Kerosinsteuer diskutiert. Verbesserungen werden bislang bei der Effizienzsteigerung der Triebwerke und bei der Verarbeitung von Materialien unternommen. So werden Flugzeugrümpfe teilweise schon aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) gefertigt. Ein gutes Beispiel ist die Boeing 787, mit einer Kerosineinsparung von ca. 20% in ihrer Klasse.

Optimale Koordination im internationalen Luftraum könnte Flugstrecken erheblich verkürzen und auch der Ausbau von Flughäfen würde die Wartezeiten in der Luft einschränken. Die EU-Politik hat jedoch einen einheitlichen Luftraum (Single European Sky, SES) bislang nicht durchsetzen können. Bei Bodenbewegungen könnte ein ausgeprägtes Abschleppsystem Emissionen, die zu starken Abgaskonzentrationen an Flughäfen führen, verhindern.

Im Rahmen des »Clean Sky«-Programms, einer Kooperation zwischen der Europäischen Kommission und führenden europäischen Luftfahrtkonzernen wie EADS, Rolls-Royce, Saab, Thales und Dassault, sollen € 1,6 Mrd. für Forschung zur Schadstoffreduzierung in der Luftfahrt eingesetzt werden. Der Betrieb mit fossilen Treibstoffen ist auf Grund der geringen Platz- und Gewichtsanforderung in der Luftfahrt kaum wegzudenken. Auch ist aus Ermangelung an politischem Druck eine nur mäßige Innovationstätigkeit in der Luftfahrtbranche zu beobachten.

67 Siehe: IATA (o.J.).

68 Vgl. IPCC (1999).

69 AVGAS: Aviation Gasoline.

### 3.9 Chemie: Umweltsünder oder Umweltschützer?

#### 3.9.1 Energieintensiver Chemiesektor

Die Chemieindustrie stellt u.a. Düngemittel, Pestizide, Medikamente, Kunststoffe, synthetische Fasern, Gummi, Lebensmittelzusätze, Lösungsmittel sowie Duftstoffe in chemischen Verfahren her. Der Industriesektor stößt ungefähr 21% der gesamten Treibhausgase weltweit aus. Hierbei fallen 22% im Industriesektor auf die Chemie- und Petrochemie zurück.

Im Chemiesektor entsteht CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energiegewinnung in Chemiefabriken selbst und indirekt durch den Verbrauch von Elektrizität. Im Verarbeitungsprozess werden NO<sub>x</sub>, Methan und andere Gase freigesetzt. Die größten Chemieproduzenten sind die EU, USA, Japan und China.<sup>70</sup> Zwischen 1990 und 2004 stieg die Produktion im europäischen Chemiesektor um 56% an. Gleichzeitig konnte pro Produktionseinheit eines Chemieproduktes in Europa die Treibhausgasemission halbiert werden.

Die Chemieindustrie investiert stark in »Combined Heat and Power«-(CHP)-Anlagen. Bei der Energiegewinnung wird die gleichzeitig freigesetzte Wärme für chemische Prozesse genutzt. Dadurch werden Kosten als auch die CO<sub>2</sub>-Emission für die Energiegewinnung gesenkt. CHP ist 15–30% energieeffizienter als die getrennte Gewinnung von Wärme und Elektrizität.<sup>71</sup> Die Energiekosten im Chemiesektor können, abhängig von Produkt und Verfahren, bis zu 60% der Produktionskosten verursachen. Folglich hat die Chemieindustrie ein starkes Eigeninteresse für energiesparende Verfahrenstechniken entwickelt.

<sup>70</sup> Vgl. WRI (2005).

<sup>71</sup> Vgl. Lehman Brothers (2007).

#### Treibhausgas-Emissionen aus dem Industriesektor

Angaben in %

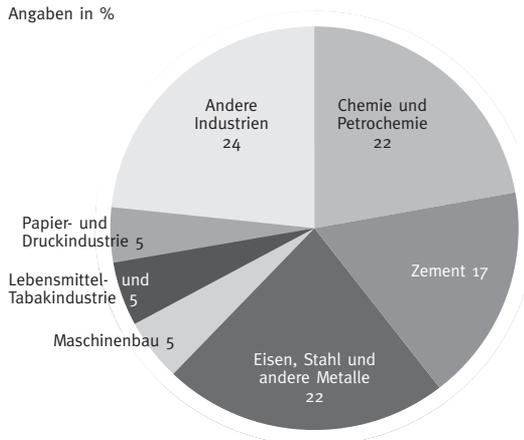


Abb. 12

Quelle: WRI (2005).

### 3.9.2 Chemikalien schützen das Klima

Neue Chemieprodukte führen zu Produkt- und Prozessinnovationen im gesamten Industriebereich.

- **Energiebereitstellung und Speicherung**  
Spezielle Schaumstoffe verbessern die Wärmedämmung in der Gebäudetechnik. Schwer entflammare Kunststoffe sorgen bei der Isolierung von elektrischen Leitungen für mehr Sicherheit. Fluorhaltige Stoffe führen in Glühbirnen zu Energieeinsparungen bis zu 80%. Und in Klimaanlage werden Chemikalien zur Effizienzsteigerung verwendet. Methan- und Wasserstoffspeicher sowie Lithium-Batterien ermöglichen mithilfe von Chemikalien eine lang anhaltende Speicherung von Energie.
- **Effiziente Produkte**  
Nanotechnologie wird zunehmend im Transportbereich eingesetzt. So wird es durch spezielle Klebstoffe ermöglicht, Metall mit Kunststoffen zu verbinden, was dann wiederum zu Gewichtsreduzierung führt. Filtersysteme haben mithilfe spezieller Membrane einen längeren Lebenszyklus und Folien mit Nanopartikeln dienen der Isolierung und haben besondere elektrische, optische oder thermische und andere abweisende Eigenschaften.
- **Effiziente Produktionsprozesse**  
Die Chemie nutzt auch das Know-how von biotechnologischen Prozessen und setzt zum Beispiel Mikroorganismen zur synthetischen Gewinnung von Hormonen oder Enzymen ein. Diese Prozessinnovation senkt den Energieverbrauch bei der Produktion enorm. Dies kann zu Stückkostensenkungen von bis zu 6% führen.

Bislang war die Chemieindustrie weitgehend liberal reglementiert. Die Aluminiumproduktion, die Chemieindustrie und der Verkehrssektor sind nach wie vor vom europäischen Emissionshandelssystem (EU ETS)<sup>72</sup> ausgenommen. Im Juni 2007 trat die EU-Verordnung REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) in Kraft. Die europäischen Chemiekonzerne werden dadurch mit erheblichen Kosten durch Verwaltungsarbeit und Registrierung ihrer Produkte konfrontiert. Es sollen demnach chemisch-physikalische Daten sowie toxikologische und ökotoxische Informationen über Chemieprodukte von den Unternehmen erfasst werden.

Abzusehen ist, dass für Chemiekonzerne in Industriestaaten, trotz ihrer international stark ausgeprägten Handelsstrukturen, die Förderung von Forschung und Entwicklung entscheidend für die Vorreiterrolle im Bereich Spezial-Chemikalien sein wird. Gleichzeitig werden aufstrebende Industriemärkte, für die (Massen-) Chemikalien essenziell sind, zunehmend heimische Anbieter finden; speziell in Asien. Chemie-Innovationen stärken die Wettbewerbsfähigkeit und schonen zunehmend die Umwelt. Es sind folglich speziell in der deutschen und europäischen als auch in der US-amerikanischen Chemiebranche weiterhin immense Investitionen zu erwarten.

72. ETS: Emissions Trading System.

### 3.10 Zement – eine belastende Beimischung

Zement ist der am zweithäufigsten benutzte Baustoff weltweit; er ist Hauptbestandteil von Beton und Mörtel und dient als Bindemittel. 2006 wurden schätzungsweise 2.500.000 Tsd. Tonnen Zement produziert.<sup>73</sup> Die größten Zementproduzenten sind China, Indien, die USA und Japan; gleichzeitig sind dies aber auch die Länder mit dem höchsten Verbrauch.<sup>74</sup>

#### 3.10.1 Luftbelastung durch die Produktion von Zement

Bei der Zementproduktion entstehen Umweltbelastungen durch luftgetragene Emissionen, Lärm und Erschütterung. Die Emissionen von CO<sub>2</sub>, Stickoxiden, Schwefeldioxid und Staubpartikeln werden bei der Herstellung von Klinker, dem Hauptbestandteil von Zement, verursacht. In China werden zum Beispiel 40% der industriebedingten Staubpartikel in der Luft von Zementwerken emittiert.

Die Klinkergewinnung verzehrt 70–80% der Energieaufwendung bei deren Produktion. Für die Beheizung der Zementöfen werden häufig Industrie- und Bioabfälle verwendet. Diese Beimischung zu den fossilen Brennstoffen entlastet dabei die herkömmliche Müllentsorgung. Ca. 60% der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind prozessbedingt und entstehen, wenn das Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) des Kalksteins in Calciumoxid (CaO) und CO<sub>2</sub> zerlegt wird.<sup>75</sup>

Die steigenden Energiekosten führen zu einem enormen Anstieg der Produktionskosten und machen inzwischen ca. 25% aus.<sup>76</sup> So ist die Zementindustrie in Europa auch vom EU-Emissionshandel betroffen. In China ist der Energieverbrauch pro produzierte Einheit 43% höher als bei den fortschrittlichen Produktionsverfahren.

<sup>73</sup> Vgl. USGS (2007).

<sup>74</sup> Vgl. WRI (2005).

<sup>75</sup> Vgl. BDZ (2002).

<sup>76</sup> Vgl. Lehman Brothers (2007).

#### Zementproduktion 2006

Angaben in 1000 t

China	1 100 000	Mexiko	40 000
Indien	155 000	Thailand	40 000
USA	101 000	Brasilien	37 000
Japan	68 000	Iran	33 000
Russland	54 000	Vietnam	33 000
Südkorea	52 000	Deutschland	30 000
Spanien	50 000	Ägypten	29 000
Italien	46 000	Saudi-Arabien	26 000
Türkei	45 000	Frankreich	21 000
Indonesien	40 000	Rest (gerundet)	500 000
		<b>Total (gerundet)</b>	<b>2 500 000</b>

Abb. 13

Quelle: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2007

### 3.10.2 Klimaschutzansätze und Wachstum in der Zementbranche

Energieeinsparpotentiale gibt es im Bereich der Drehöfen und Abkühlanlagen. Die Abwärme könnte wiederverwendet werden und ein kompakterer Aufbau der Drehöfen zur Entsäuerung bzw. Calcinerung würde zu Energieeinsparungen führen. Eine weitere indirekte Möglichkeit ist die Reduzierung des Klinkeranteils im Zement. Speziell der Sorte Portlandzement, die zu 95% aus Klinker besteht, könnten Ersatzstoffe wie Hüttensand, Schlacke aus der Eisenverarbeitung und Flugasche beigemischt werden. Auf Grund des Gewichts ist der Transport von Zement kostenintensiv. Deshalb liegt der Versorgungsradius bei höchstens 300 km. Somit wird der Zement direkt in den Konsumentenländern hergestellt. Nur knapp 6% der weltweiten Zementproduktion werden verschifft.<sup>77</sup> Speziell Südostasien sowie die USA und der Mittlere Osten produzieren auf Grund der rasanten Entwicklung im Bausektor mit steigendem Wachstum. Bis 2010 wird ein Marktanteil der chinesischen Zementproduktion von über 40% erwartet.<sup>78</sup>

Die ausländischen Direktinvestitionen der großen Konzerne in Tochtergesellschaften steigen immer weiter an. Die sechs größten Hersteller produzieren rund 20% des Zementbedarfs. Große Konzerne investieren in den Wachstumsmärkten oft in die neuesten Technologien, da diese auch zu Kosteneinsparungen beitragen und somit die Wettbewerbsfähigkeit in Entwicklungsländern bei höheren sozialen Standards gewährleistet wird. Bis 2010 wird China der größte Markt für Maschinen zur Zementproduktion sein. Alte Anlagen werden ersetzt oder erneuert. Zudem überlegt die chinesische National Development and Reform Commission (NDRC), Zementwerke mit einer Kapazität von unter 200.000 Tonnen pro Jahr schließen zu lassen, um energieeffiziente Marktteilnehmer zu fördern. Auch könnte ein Energiegesetz, welches in Peking 2007 vorgelegt wird, einen weiteren Schub für energieeffiziente Anlagen bewirken. Es wird somit zu einer weiteren Konsolidierung bei den Zementproduzenten kommen, da nur große Konzerne sich diese kostenintensiven Anlagen leisten können.

<sup>77</sup> Vgl. WRI (2005).

<sup>78</sup> Vgl. WBCSD (2002).

**Fazit:** Ebenso wie aus den Vorgänger-Studien dieser Reihe geht auch aus der Studie Klimawandel als wesentliche Erkenntnis hervor:

- Umwelttechnologien mit all ihren Facetten werden im Mittelpunkt der nächsten Jahrzehnte stehen.
- So dramatisch sich der Klimawandel mit all seinen negativen Konsequenzen in den nächsten Jahrzehnten für Menschen und Erde auch auswirken mag, so birgt er für den Anleger auch eine Vielzahl von Chancen. Viele Branchen werden die kommende Herausforderung annehmen und ihr durch Forschung, technologische Neuerungen und Infrastruktur-Anpassungsmaßnahmen bzw. -investitionen begegnen (müssen).
- Gerade Deutschland kann sich hier mit seinem hohen Innovationspotential in den Sektoren alternative Energien, Nanotechnologie, Grüne Produkte/Abfallwirtschaft, Mobilität, Biotechnologie, Wasserwirtschaft und Energieeffizienz einen neuen Spitzenplatz erobern.
- Dies wird Anlegern viele Chancen eröffnen, sei es über Aktien, Themenfonds oder Energie- und Klimazertifikate.



# Literatur- und Quellenverzeichnis

## Teil A

- Adams et al. (1999): Economic effects of climate change on US agriculture, in: Mendelsohn, Robert und James E. Neumann (Hrsg.) (1999): *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Cambridge.
- Baumgart et al. (2005): *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, World Resources Institute, Washington.
- Babiker, Mustafa H. und Richard S. Eckhaus (2002): Rethinking the Kyoto Emission Targets, in: *Climatic Change* 54: pp. 399-414.
- Berner, Ulrich und Hansjörg Streif (2000): *Klimafakten – Der Rückblick – ein Schlüssel für die Zukunft*, Stuttgart.
- Bode, Sven (2007): CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Ablagerung Die Bedeutung von Systemgrenzen für Wettbewerb und Nachhaltigkeit, in: *energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 5. S. 22-24.
- Bode, Sven (2006): Long-term greenhouse gas emission reductions – what’s possible, what’s necessary?, in: *Energy Policy* 34, S. 971-974.
- Bode, Sven; Jobst Hapke und Stefan Zisler (2003): Need and Options for a Regenerative Energy Supply in Holiday Facilities, in: *Tourism Management* 24/3, S. 257-266.
- Bode, Sven und Axel Michaelowa (2003): Avoiding perverse effects of baseline and investment additionality determination in the case of renewable energy projects, in: *Energy Policy*, 31, S. 505-517.
- Bohi, Douglas und Dalles Burtraw (1997): SO<sub>2</sub> Trading: How do expectations and experience measure up? in: *The electricity journal*, Vol. 15, Numer 5, S. 51-62.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2006a): *Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft*, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2006b): *Wirtschaftsfaktor Umwelt – Innovation, Wachstum und Beschäftigung durch Umweltschutz*, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2005a): *Gabriel begrüßt Vorschlag der EU-Kommission für Euro-5-Norm*, Pressemitteilungen, Nr. 325/05, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2005b): *Umweltpolitik. Nationales Klimaschutzprogramm 2005. Sechster Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe »CO<sub>2</sub> Reduktion«*, Berlin.
- Bräuninger, Michael, Leon Leschus und Henning Vöpel (2006): *Biokraftstoffe – Option für die Zukunft? Ziele, Konzepte, Erfahrungen. Studie im Auftrag der Deutschen Shell. HWWI Policy Report Nr. 1 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends und Hamburg*, Hamburg.
- Bräuninger, Michael und Silvia Stiller (2005a): *Berenberg Bank – HWWI: Strategie 2030 – Ernährung und Wasser*, Hamburg.
- Bräuninger, Michael und Silvia Stiller (2005b): *Berenberg Bank – HWWI: Strategie 2030 – Energierohstoffe*, Hamburg.
- Bundesregierung (2006): *Fourth National Report by the Government of the Federal Republic of Germany (4th National Communication). Report under the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Berlin.
- Bundestags-Drucksache (2001a): *Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung. Gesamtbericht der Enquete-Kommission*, Bundestags-Drucksache 14/9400.
- Bundestags-Drucksache (2001b): *Votum der CDU/CSU- und FDP-Fraktionen und ihrer Sachverständigen im Gesamtbericht der Enquete-Kommission*, Bundestags-Drucksache 14/9400.
- Burtraw, Dallas (1996): *Cost Savings Without Allowance Trading? Evaluating the SO<sub>2</sub> Emission Trading Program to Date*, Discussion Paper 95-30-Rev, Resources for the Future.
- COPA/COGECA (2003): *Bewertung der Auswirkungen der Hitzewelle und Dürre des Sommers 2003 für Land- und Forstwirtschaft*, Brüssel.
- Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (DPG) (2005): *Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland 1990-2020. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.*, Bad Honnef.
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2004): *Leitfaden Energiespar-Contracting. Gebäude optimieren. Kosten senken. Klima schützen. 3. Auflage (Nachdruck mit redaktionellen Änderungen, Dezember 2004)*, Berlin.
- Eikmeier, Bernd; Jahn, Karin; Bode, Sven; Groscurth, Helmuth-M. (2007): *Entwicklung der Energieversorgung in Norddeutschland. Zukunftsrat Hamburg*.
- Ellermann, Danny A. und David jr. Harrison (2003): *Emissions trading in the U.S.*, PEW Center on Global Climate Change.
- Ellermann, D. A. und J. Montero (1998): *The declining trend in sulfur dioxide emissions: implications for allowance prices*. *Journal of Environmental Economics and Management* 36, S. 26-45.
- Ellermann, D. A. et al. (1997): *Emissions Trading under the US acid rain program: evaluation of compliance costs and allowance market performance*, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research.
- Elsner, Wolfram; Christoph Otte und Inhi Yu (2005): *Klimawandel und regionale Wirtschaft*, Frankfurt am Main.
- Endlicher, Wilfried (2007): *Wie leben wir in Metropolen?*, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2. März 2007, Nr. 52.
- EU Rat (1996): *Community Strategy on Climate Change – Council Conclusions, CFSP Presidency statement*: Press: 188 Nr. 8518/96, Luxembourg.
- Gerstengarbe, F. W. (Hrsg.) (2003): *Studie zur klimatischen Entwicklung im Land Brandenburg bis 2030 und deren Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Forst- und Landwirtschaft sowie die Ableitung erster Perspektiven, PIK – Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Report No. 83, Potsdam*.
- Glaser, Rüdiger (2001): *Klimageschichte Mitteleuropas – 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*, Primus Verlag, Darmstadt.
- Grubb, Michael; Christian Vrolijk und Duncan Brack (1999): *The Kyoto Protocol – A Guide and Assessment*, London.

- Hass, Heinz; Larivé, Jean-François und Vincent Mahieu (2005): Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Eine gemeinsame Studie von EUCAR/JRC/COCAWE.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007b): Climate Change 2007 Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Cambridge – Summary for Policymakers.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001a): Climate Change – Synthesis Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001b): Climate Change 2001 Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Cambridge.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000): Special Report on Emissions Scenarios, Intergovernmental Panel on Climate Change [Electronic Version].
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996): Climate Change 1995. The Science of Climate Change, Cambridge.
- Jonas, Martin; Staeger, Tim und Christian-Dietrich Schönwiese (2005): Berechnung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von Extremereignissen durch Klimaänderungen – Schwerpunkt Deutschland; UBA-Forschungsbericht 201 41 254. Institut für Atmosphäre und Umwelt der Universität Frankfurt/Main.
- Kemfert, Claudia (2004): Die ökonomischen Kosten des Klimawandels, Wochenbericht des DIW Berlin, 42/04, S. 133-136.
- Kemfert, Claudia (2002): Global Economic Implications of Alternative Climate Policy Strategies. In: Environmental Science and Policy, 5, S. 367-384.
- Morel, B.; A. Farrell und S. Farrow (2002): Allowances, options, and controls: the effect of uncertainty on emissions markets, Carnegie Mellon University.
- O. V. (2007): Klimaschutz als Schlüssel zu mehr Wachstum, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 8. März 2007, Nr. 57.
- Penner, Joyce E. et al. (1999) (Hrsg.): Aviation and the Global Atmosphere. Summary for Policymakers. IPCC Special Report.
- Rosenzweig, C. et al. (2004): Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies, in: Global Environmental Change 14, S. 345-360.
- Stern Review (2006): The Economics of Climate Change, HM Treasury, London.
- Stock, Manfred (Hrsg.) (2005): Verbundvorhaben Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassungen (KLARA), PIK – Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Report No. 99, Potsdam.
- Torvanger, Asbjorn und Odd Godal (1999): A survey of differentiation methods for national greenhouse gas reduction targets, Report 1999/5; Center for International Climate and Environmental Research Oslo.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2007): Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG, Dessau.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2003): CO<sub>2</sub>-Minderung im Verkehr. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung – Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2003): Climate Protection Strategies for the 21<sup>st</sup> Century: Kyoto and beyond, Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderung, Berlin.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2004) (Hrsg.): Mobilität 2030. Die Herausforderung der Nachhaltigkeit meistern. The Sustainable Mobility Project – Overview 2004.
- Wucke, Anja und Axel Michaelowa (2007): CDM Highlights 49, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn.
- Wucke, Anja und Axel Michaelowa (2006): CDM Highlights 41, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn.
- Zebisch, Marc et al. (2005): Klimawandel in Deutschland, Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, UBA-Forschungsbericht 201 41 253, Potsdam Institut für Klimaforschung, Potsdam.
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) (2004): Experten erwarten Emissionspreis deutlich unter 10 Euro, in: Schwerpunkt Energiemarkt, Sonderteil ZEWnews Juli/August 2004.
- Webseiten
- AG Energiebilanzen e.V. (2007): verschiedene Reihen, <http://www.ag-energiebilanzen.de/>
- Kyoto-Protokoll (1997): Protokoll zur Klimarahmenkonvention, <http://www.unfccc.org>
- Statistisches Bundesamt (2007): verschiedene Reihen, <http://www.eds-destatis.de/>
- Strube und Dieckmann (2004) (05.12.2006): C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub> Pflanzen <http://www.strube-dieckmann.de>
- Umweltbundesamt (UBA) (2006) Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, CO<sub>2</sub> 1990-2004, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992), [www.unfccc.org](http://www.unfccc.org)

## Teil B

- BDZ: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (2002): Dokumentation von Beiträgen und Handlungsoptionen: Nachhaltigkeit und Zementindustrie, Berlin.
- Berenberg Bank – HWWI (2006): Maritime Wirtschaft und Transportlogistik, in: Strategie 2030, Hamburg.
- Berenberg Bank – HWWI (2005a): Energierohstoffe, in: Strategie 2030, Hamburg.
- Berenberg Bank – HWWI (2005b): Wasser und Ernährung, in: Strategie 2030, Hamburg.
- Bundesgesetzblatt (2007): Teil 1, Nr. 34, Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), S. 1519 ff.
- Elsner, Wolfram; Christoph Otte und Inhi Yu (2005): Klimawandel und regionale Wirtschaft, in: Strukturwandel und Strukturpolitik, Band 12, Frankfurt am Main u.a.
- EU-Kommission (2007a): Mitteilung der Kommission an den Europäischen Rat und das Europäische Parlament – Eine Energiepolitik für Europa, Brüssel.
- EU-Kommission (2007b): Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond, Brüssel.
- International Energy Agency (IEA) (2007): Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions, Paris.
- Kempkens, Wolfgang et al. (2007): »Saubere Lösung« und »Ab in die Erde«, in: Wirtschaftswoche, Ausgabe Nr. 10, 05.03.2007, Düsseldorf.
- Lehman Brothers (2007): The business of climate change, London.
- Schürmann, Hans (2006): Geoingenieure wollen das Klima retten, in: Handelsblatt Nr. 188, 28.09.06, Düsseldorf.
- Shafy, Samiha (2006): Klima: Giftkur fürs Weltklima, in: Der Spiegel 28/2006, 10.07.06, Hamburg.
- Umweltbundesamt (2006): Hintergrundpapier: Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland – Regionale Szenarien und nationale Aufgaben, Dessau.
- Umweltbundesamt (2005a): Hintergrundpapier: Klimafolgen und Anpassung an den Klimawandel in Deutschland, Kenntnisstand und Handlungsnotwendigkeiten, Dessau.
- Umweltbundesamt (2004): Globaler Klimawandel – Klimaschutz 2004, Berlin.
- WBCSD: World Business Council for Sustainable Development (2004): Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability, Genf.

### Webseiten:

- ACEA: European Automobile Manufacturers Association (2007): Press Release: Car industry wants fact-based policy on CO<sub>2</sub> reduction, [<http://www.acea.be/files/20070146con-ok.pdf>]
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2003): Umweltforschungsplan: Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von humanmedizinisch relevanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland, [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdfl/2291.pdf>]
- Büro für technische Folgenabschätzung beim Bundestag (TAB) (2003): TAB Arbeitsbericht Nr. 84: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland (Sachstandsbericht), [<http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab84.pdf>]
- Carbon Disclosure Project (2006): Carbon Disclosure Project Report 2006 Ft 500, [[http://www.cdproject.net/download.asp?file=CDP4\\_FT500\\_Report.pdf](http://www.cdproject.net/download.asp?file=CDP4_FT500_Report.pdf)]
- Clean Edge (2007): Clean-Energy Trends 2007, CEIreports, Summary, [<http://www.cleaneedge.com/reports-trends2007.php>]
- Deutsche Energie-Agentur (2007): Wärmedämmung verringert Wärmeverluste, [<http://www.dena-energieausweis.de/page/index.php?id=1862>]
- Innovations Report (2005): Biogene Wärmedämmstoffe, [[http://www.innovations-report.de/html/berichte/architektur\\_bauwesen/bericht-53134.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/architektur_bauwesen/bericht-53134.html)]
- IATA (o.J.): Economics, [[www.iata.org/whatwedo/economics](http://www.iata.org/whatwedo/economics)]
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (1999): Special Report, Aviation and the Global Atmosphere, [[http://www.ipcc.ch/pub/av\(E\).pdf](http://www.ipcc.ch/pub/av(E).pdf)]
- KfW Entwicklungsbank (2006): Fokus Entwicklungspolitik, Positionspapiere der Entwicklungsbank, Transport, Energie und globale Klimaveränderung, Oktober 2006, [[http://www.kfw-entwicklungsbank.de/DE\\_Home/Service/Online\\_Bibliothek/PDF-Dokumente\\_Fokus\\_Entwicklungspolitik/Transport\\_Energie\\_Klimaveränderung\\_2006\\_d.pdf](http://www.kfw-entwicklungsbank.de/DE_Home/Service/Online_Bibliothek/PDF-Dokumente_Fokus_Entwicklungspolitik/Transport_Energie_Klimaveränderung_2006_d.pdf)]
- Knauer, Sebastian (2006): Windige Geschäfte mit dem Klimaschutz, in: Spiegel-Online, 27.10.06, [<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,445103,00.html>]
- Koller, Ulrike (2003): Klimawandel und Gesundheit, in: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Fachinformationsdienst Lebenswissenschaften Umwelt und Gesundheit (FLUGS), [[http://www.gsf.de/flugs/Klimawandel\\_Gesundheit.pdf](http://www.gsf.de/flugs/Klimawandel_Gesundheit.pdf)]
- Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (2005a): Klimafolgen und Anpassung im Bereich Tourismus, [<http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/fachinformationen/tourismus.htm>]

- Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (2005b): Klimafolgen und Anpassung im Bereich Gesundheit, [<http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/fachinformationen/tourismus.htm>]
- Mrasek, Volker (2006): Küstenstädte könnten noch in diesem Jahrhundert versinken, in: Spiegel-Online, 24.03.06, [<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,407603,00.html>]
- OECD (2006): OECD warns climate change is threatening Europe's skiing trade, [[http://www.oecd.org/document/226,3343,en\\_2649\\_201185\\_37825494\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/226,3343,en_2649_201185_37825494_1_1_1_1,00.html)]
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2006): Renewables Global Status Report 2006, [[http://www.ren21.net/pdf/RE\\_GSR\\_2006\\_Update.pdf](http://www.ren21.net/pdf/RE_GSR_2006_Update.pdf)]
- Schirmer, Michael (2006): Klimawandel und Küste: Zeit zur Anpassung?!, Vortrag im Rahmen des zweiten nationalen Workshops des Umweltbundesamtes, 17.10.2006, [[http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/\\_pdf/2006-10/fohlen/04\\_Klimawandel\\_und\\_Kueste\\_Zeit\\_zur\\_Anpassung\\_Schirmer\\_Universitaet\\_Bremen.pdf](http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/_pdf/2006-10/fohlen/04_Klimawandel_und_Kueste_Zeit_zur_Anpassung_Schirmer_Universitaet_Bremen.pdf)] und [[http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/\\_pdf/2006-10/abstracts/Schirmer\\_Uni\\_Bremen\\_Kueste.pdf](http://osiris.uba.de/gisudienste/Kompass/_pdf/2006-10/abstracts/Schirmer_Uni_Bremen_Kueste.pdf)]
- Shafy, Samiha (2006): »Klima: Giftkur fürs Weltklima«, in: Spiegel-Online, [<http://service.spiegel.de/digas/find?DID=47514662>]
- SkySails GmbH & Co. KG (o.J.): [[www.skysails.info](http://www.skysails.info)]
- Umweltbundesamt (2007): Was Sie über vorsorgenden Hochwasserschutz wissen sollten, [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3019.pdf>]
- Umweltbundesamt (2005b): Klimawandel in Deutschland – Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme, [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2947.pdf>]
- UN DESA (2005): World Urbanization Prospects: The 2005 Revision, [<http://www.un.org/esa/population/publications/WUP20052005wup.htm>]
- USGS: United States Geological Survey (2007): Mineral Commodity Summaries 2007, [<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2007/mcs2007.pdf>]
- VDA: Verband der Automobilindustrie (o.J.): Jahreszahlen-Kfz-Bestand, [[http://www.vda.de/de/aktuell/statistik/jahreszahlen/kfz\\_bestand/index.html](http://www.vda.de/de/aktuell/statistik/jahreszahlen/kfz_bestand/index.html)]
- Verband Unabhängiger Beratender Ingenieure und Consultants (VUBIC) (2006): Wasserwirtschaft, Bedarf bei der Abwasserbeseitigung, [[http://83.236.196.122/webvubic/vubic.nsf/UIDAll/7FA2253843438862C1256EEB00432723/\\$FILE/Bedarf-Abwasserbeseitigung-Info.pdf](http://83.236.196.122/webvubic/vubic.nsf/UIDAll/7FA2253843438862C1256EEB00432723/$FILE/Bedarf-Abwasserbeseitigung-Info.pdf)]
- WBCSD: World Business Council for Sustainable Development (2002): Towards a Sustainable Cement Industry, Trends, Challenges and Opportunities in China's Cement Industry, [[http://www.wbcscement.org/pdf/china\\_country\\_analysis.pdf](http://www.wbcscement.org/pdf/china_country_analysis.pdf)]
- WHO (2003): Climate change and human health-risks and responses, [<http://www.who.int/globalchange/publications/cchhsummary/en/>]
- WRI: World Resources Institute USA (2005): Navigating the Numbers-Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, [[http://pdf.wri.org/navigating\\_numbers\\_chapter2.pdf](http://pdf.wri.org/navigating_numbers_chapter2.pdf)]





