



Januar 2007

UBS research focus

Klimawandel: Ein heisses Thema

Gletscherschwund und Temperaturanstieg

Warum die Erde Fieber hat

Gesetze, Verordnungen und Kyoto

Wie die Politik eingreifen will

Gutes tun und Geld verdienen

Worauf Anleger achten müssen

Editorial	5
Kapitel 1	
Die Wissenschaft vom Klimawandel	9
Zunehmende Risiken des Klimawandels	9
Entstehung der Emissionen	10
Entstehung des Treibhauseffekts	11
Was sind die Unbekannten?	12
Die weiteren Aussichten	12
Kapitel 2	
Energienutzung und Klimawandel	17
Energieverbrauch steigt weiter	17
Das 2000-Watt-Szenario	18
Vermeidung schwerwiegender Klimaereignisse	21
Interview	
Wichtige Entwicklungen in der Erforschung des Klimawandels und mögliche Lösungen	22
Kapitel 3	
Die wirtschaftlichen Hintergründe des Klimawandels	27
Das Klima als Wirtschaftsfaktor	27
Zusammenführung der beiden Szenarien	28
Bestimmung der Kosten des Klimawandels	29
Bestimmung der Kosten von Emissionssenkungen	31
Kosten des Klimawandels und Kosten der Beseitigung	33
Zusammenfassung der wirtschaftlichen Hintergründe des Klimawandels	34
Interview	
Wie heutige Technologien die Treibhausgase reduzieren können	35
Kapitel 4	
Quellen des Ausstosses von Treibhausgasen	39
Energieversorgung	40
Stromerzeugung	41
Öl und Erdgas	43
Kohle: sauberer als je zuvor	44
Kernkraft: die Lösung aller Probleme?	44
Erneuerbare Energien	46
Regulierung der Energieversorgung	48
Zusammenfassung Energieversorgung	48
Verkehr	50
Leichte Verbundstoffe	51
Biotreibstoffe	52
Autosektor	54

Luftfahrt	57
Regulierung des Verkehrs	58
Zusammenfassung Verkehr	59
Industrieprozesse und Materialverbrauch	60
Zement	61
CO ₂ -Abscheidung	62
Eisen und Stahl	63
Chemieindustrie (weisse Biotechnologie)	64
Regulierung von Industrieprozessen und Materialverbrauch	65
Zusammenfassung Industrieprozesse und Materialverbrauch	66
Gebäude	68
Wohn- und Gewerbeimmobilien	70
Regulierung von Gebäuden	71
Zusammenfassung Gebäude	72
Zusammenfassung Kapitel 4	73
Interview	
Die Rolle der Finanzdienstleister beim Klimawandel	74
Kapitel 5	
Risiken und Chancen aus Klimawandel und Klimaschutz	79
Risiken und Chancen des Klimawandels	79
Politischer und gesetzlicher Rahmen	79
Auswirkungen auf die Industrie	81
Auswirkungen von Klimawandel und Klimaschutz auf einzelne Unternehmen	83
Finanzprodukte	88
Wahl der geeigneten Anlagestrategie	89
Anhang	
Strategien für den Klimawandel: Anpassung oder Eindämmung?	93
Anpassung	93
Eindämmung	95
Kyoto-Protokoll	98
Das EU-Emissionshandelssystem	98
Glossar	101
Bibliographie	106
Angaben zur Publikation	108

Liebe Leserinnen, liebe Leser

Die meisten von uns haben bereits selbst erlebt, was globale Erwärmung heisst. Schliesslich fielen vier der fünf wärmsten Jahre der letzten hundert Jahre in den Zeitraum von 2002 bis 2005. Diese Veränderungen, die wir in den jahreszeitlichen Wetterzyklen beobachten, sind keine Einzelfälle mehr. Die Erde erwärmt sich und die Auswirkungen der globalen Erwärmung wie das Abschmelzen des Treibeises, der Anstieg des Meeresspiegels, der Rückzug der Gletscher und die veränderten Niederschlagsmuster nehmen zu. Vor dem Hintergrund langfristiger Entwicklungen liefern diese Erscheinungen den Beleg für einen umfassenden Klimawandel.

Dies stellt uns und künftige Generationen vor zahlreiche humanitäre und ökologische Probleme erheblichen Ausmasses. Da diese Sachverhalte aber bereits an anderer Stelle ausgiebig untersucht wurden, wollen wir in diesem Report nicht im Detail darauf eingehen. Die Folgen des Klimawandels und unsere Reaktion auf diesen dürften jedoch auch die Perspektiven für zahlreiche Investitionsentscheide beeinflussen. Wir glauben, Ihnen auf den folgenden Seiten eine Analyse der entsprechenden Risiken und Chancen bieten zu können, wie sie in dieser Tiefe bislang nicht verfügbar war. Wir haben die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse mit der Investmentexpertise von UBS für Sie analysiert.

Die Wissenschaft ist sich so gut wie sicher, dass menschliche Aktivitäten das Klima der Erde beeinflussen, und zwar in einer nie dagewesenen Weise. Im Überblick über den Stand der Wissenschaft in puncto Klimawandel in Kapitel 1 gehen wir u. a. auf wichtige Aspekte des dritten Sachstandsberichts des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) sowie auf neuere Erkenntnisse von Klimawissenschaftlern ein. Wir haben mit einigen der führenden Klimaforscher (von denen viele in der Schweiz beheimatet sind) zusammengearbeitet, um Szenarien für die globale Erwärmung auszuarbeiten.

In Kapitel 2 zeigen wir, dass globale Erwärmung und Klimawandel vor allem die Folge eines gestiegenen Verbrauchs von Kohle, Öl und Erdgas sind, obgleich auch die Abholzung der Wälder und die Landwirtschaft dabei eine wichtige Rolle spielen. Sollte nichts unternommen werden, wird der Energieverbrauch in absehbarer Zukunft weiter zunehmen, womit auch das Risiko eines Anstiegs der weltweiten Oberflächentemperatur wächst. Eine Zunahme um mehr als 3 °C gilt nicht mehr als ausgeschlossen.

Ein solches Szenario ist in der Geschichte der Menschheit ohne Beispiel und könnte schwerwiegende Folgen haben. Da dies von komplexen klimatischen Einflüssen abhängt, sind die Prognosen zwar mit grosser Unsicherheit behaftet. Dennoch wird der Klimawandel uns alle betreffen – manche mehr, manche weniger. Die Folgen werden sich in vielen Regionen in erster Linie durch Wasser- und Nahrungsmangel bemerkbar machen. Über das menschliche Wohlbefinden hinaus wird der Klimawandel auch unermessliche Auswirkungen auf Ökosysteme und die Artenvielfalt haben.

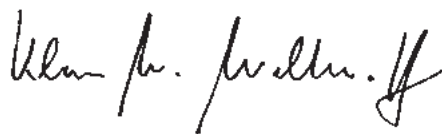
Eine Zusammenfassung der Literatur im 3. Kapitel zeigt, dass unter rein ökonomischen Aspekten schwerwiegende Klimaveränderungen die Wirtschaftsleistung weit aus mehr mindern könnten als dies Massnahmen zur Eindämmung des Klimarisikos tun. Diese Erkenntnis allein beweist jedoch noch nicht, dass heute ergriffene Massnahmen zur Eindämmung des Klimawandels gerechtfertigt sind. Ob es besser ist zu handeln oder nicht, ist angesichts möglicherweise enormer und unumkehrbarer Konsequenzen letztlich eine Frage strategischer Prioritäten: Ähnliche Entscheide müssen wir treffen, wenn wir eine Versicherung zum Schutz gegen Schäden abschliessen oder für den Fall des Arbeitsplatzverlustes sparen oder wenn ein Land in sein Militär investiert, um Angriffe abzuwehren.

Das technische Wissen zur Eindämmung des Klimawandels ist heute bereits verfügbar. Auf der Verbraucherseite liegt die Lösung darin, die Energieeffizienz zu verbessern oder auf erneuerbare Energien umzustellen. Ein viel einfacherer Weg, um die Folgen des Klimawandels umzukehren, besteht darin, die Abholzung der Wälder zu beenden und mit der Wiederaufforstung zu beginnen. Wir kommen zum Schluss, dass der aus dem Wachstum der Bevölkerung und dem Pro-Kopf-Einkommen resultierende Energiebedarf wahrscheinlich die Vorteile gesteigerter Energieeffizienz übertreffen wird. Zudem wird die Entwicklung bei den erneuerbaren Energien vermutlich zu langsam fortschreiten, um eine nennenswerte Senkung der Treibhausgasemissionen zu ermöglichen.

In Kapitel 5 entwickeln wir Anlagestrategien zur Bewertung der Chancen und Risiken des Klimawandels. Dabei ist es letztlich unerheblich, ob Sie mit der Ansicht, dass das menschliche Handeln das Klimasystem beeinflusse, übereinstimmen oder nicht. Wichtig ist vielmehr, dass die zahlreichen Massnahmen zur Bekämpfung der globalen Erwärmung nach und nach das Verhalten der Menschen ändern, das Risikoprofil verschiedener Branchen verändern und die Anlagechancen in anderen Branchen verbessern. Auch wenn diese Massnahmen keine Senkung der Emissionen erreichen sollten, dürften sie dennoch das Verhalten von Verbrauchern und der Industrie stark beeinflussen, was sich wiederum auf die Risiken und Chancen von Anlagen auswirken wird.

Wir wollen mit diesem UBS Research Focus zeigen, dass der Klimawandel unsere Art zu leben, zu arbeiten und zu interagieren entscheidend prägen wird, dass wir noch weit davon entfernt sind, seine Ursachen unter Kontrolle zu bekommen, und dass er sich zunehmend auf den Finanzmärkten bemerkbar machen wird. Die Auswirkungen des Klimawandels werden weit über simple Wetterveränderungen hinausgehen. Dies steht mittlerweile ausser Frage.

Abschliessend möchten wir unseren Kollegen des Socially Responsible Investment Teams von UBS Global Asset Management für ihre Unterstützung und wertvollen Anregungen zu allen Aspekten dieser Analyse danken. Ohne ihr Engagement und ihren Einsatz wäre dieser Report nicht möglich gewesen. Wir möchten an dieser Stelle auch die Beiträge führender Experten auf diesem Gebiet würdigen, darunter Dieter Imboden von der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Matthias Kopp vom WWF Deutschland und Amory Lovins vom Rocky Mountain Institute, mit denen wir die im Report enthaltenen Interviews geführt haben.



Klaus W. Wellershoff
Global Head Wealth Management Research



Kurt E. Reiman
Head Thematic Research

Kapitel 1

Die Wissenschaft vom Klimawandel

Autor:

Kurt E. Reiman, Wealth Management Research

Mit Beiträgen von:

Gerhard Wagner, Global Asset Management

Die Wissenschaft vom Klimawandel

Die höheren Durchschnittstemperaturen an der Erdoberfläche werden immer deutlicher mit dem Anstieg der Treibhausgase in Verbindung gebracht. Gleichzeitig steigt das Risiko schwerwiegender Klimaereignisse.

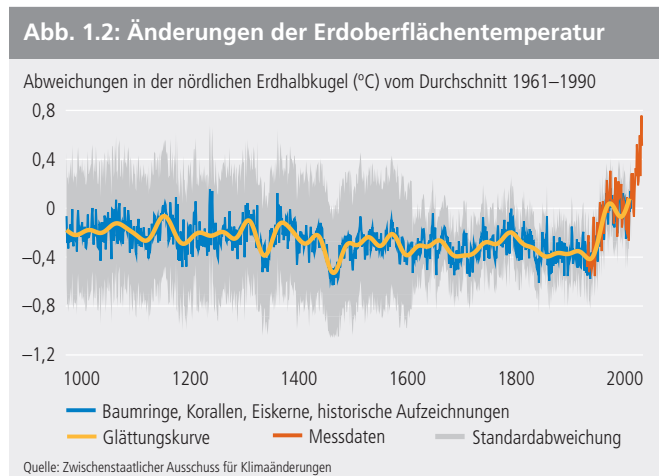
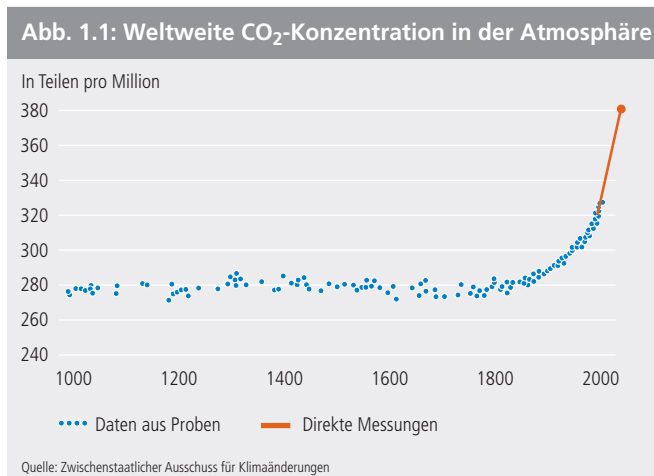
Zunehmende Risiken des Klimawandels

Die steigende Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre (z. B. Kohlendioxid und Methan) ist die direkte Folge menschlicher Aktivitäten wie der Abholzung von Wäldern, der Verbrennung fossiler Brennstoffe und der Landwirtschaft. Treibhausgase an sich sind nicht schlecht. Viele der Gase, die von Schornsteinen, Auspuffen, landwirtschaftlichen Betrieben und Mülldeponien ausgestossen werden, kommen schon in der Atmosphäre vor. Sie spielen eine wichtige Rolle bei den komplexen natürlichen Abläufen, welche die Erdtemperatur bestimmen, und tragen somit dazu bei, das empfindliche Gleichgewicht zu wahren, das Voraussetzung für alles Leben auf der Erde ist.

Menschliche Eingriffe haben dieses Gleichgewicht jedoch gestört. Eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen weist darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Treibhausgase und den steigenden durchschnittlichen Oberflächentemperaturen sowie den möglicherweise unumkehrlichen Veränderungen im Klimasystem besteht.

Die Konzentration von Kohlendioxid ist seit dem Ende des 19. Jahrhunderts um ca. 30% gestiegen, der Gehalt anderer bekannter Treibhausgase hat sogar noch stärker zugenommen (Abb. 1.1). Messungen zeigen, dass die Konzentration von Kohlendioxid in den vergangenen 200 Jahren von 280 Teilen pro Million (ppm) auf 380 ppm angewachsen ist. Mit einer Analyse von Luftbläschen in Bohrkernen aus dem Eis der Arktis und der Antarktis können Wissenschaftler ausserdem die prähistorischen Kohlendioxidkonzentrationen bestimmen. Diese Messungen ergaben, dass die heutige Konzentration höher ist als je in den letzten 500 000 Jahren.

Die Veränderungen im Erdklima seit der industriellen Revolution können gemessen werden. Die vom Menschen verursachten Emissionen werden zunehmend als Ursache für höhere Oberflächentemperaturen erachtet, und damit auch als Auslöser für steigende Meeresspiegel, schmelzende Gletscher sowie einen Rückgang der Eis- und Schneeflächen. Dem dritten



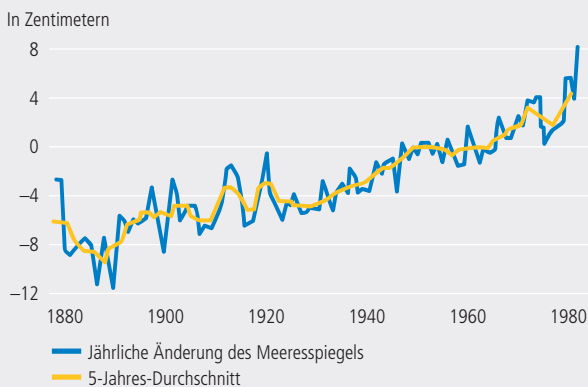
Sachstandsbericht¹ des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) von 2001 zufolge sind die durchschnittlichen Temperaturen an der Erdoberfläche im 20. Jahrhundert um 0,6 °C (Fehlertoleranz +/-0,2 °C) gestiegen (Abb. 1.2), während sich der Meeresspiegel im Schnitt um jährlich 1 bis 2 mm erhöhte (Abb. 1.3). Die weltweiten Schneeflächen sind seit den ersten Aufzeichnungen, die in den 1960er Jahren aus Satellitenaufnahmen zusammengestellt wurden, um 10% zurückgegangen. Das arktische Treibeis ist seit den 1950er Jahren in den Frühjahrs- und Sommermonaten (Abb. 1.4) geschrumpft.

Entstehung der Emissionen

Die grössten Verursacher von Treibhausgasen sind, in absteigender Reihenfolge, die USA, China und Europa. Die USA sind für rund ein Fünftel des weltweiten Ausstosses verantwortlich, während China und Europa jeweils auf einen Anteil von ca. 14% kommen. Dem World Resources Institute zufolge entfallen auf die 25 grössten Verursacher von Treibhausgasen 83% der gesamten weltweiten Belastung. Zwei der wichtigsten Faktoren für den Ausstoss von Treibhausgasen sind die Grösse der Wirtschaft und der Bevölkerung. Es überrascht daher nur wenig, dass in den genannten 25 grössten Verursacherländern auch 70% der Weltbevölkerung leben und 87% der weltweiten Wirtschaftsproduktion generiert werden.

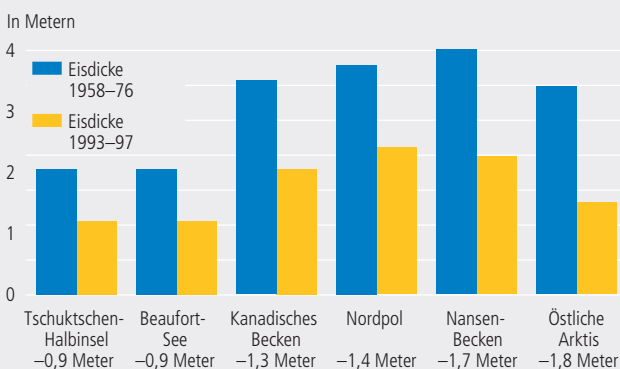
¹ Alle vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und Beobachtungen zum Klimawandel sind im dritten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) von 2001 dargestellt. Der nächste Bericht soll 2007 veröffentlicht werden.

Abb. 1.3: Änderungen des Meeresspiegels seit 1880



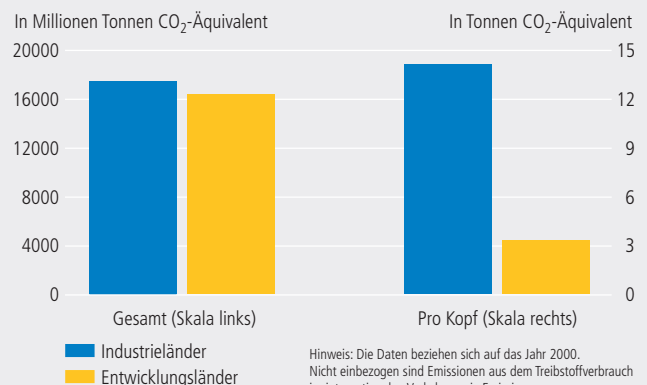
Quelle: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, Überarbeitung von Gormitz und Lededeff (1987)

Abb. 1.4: Abnahme des arktischen Treibeises



Quelle: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen

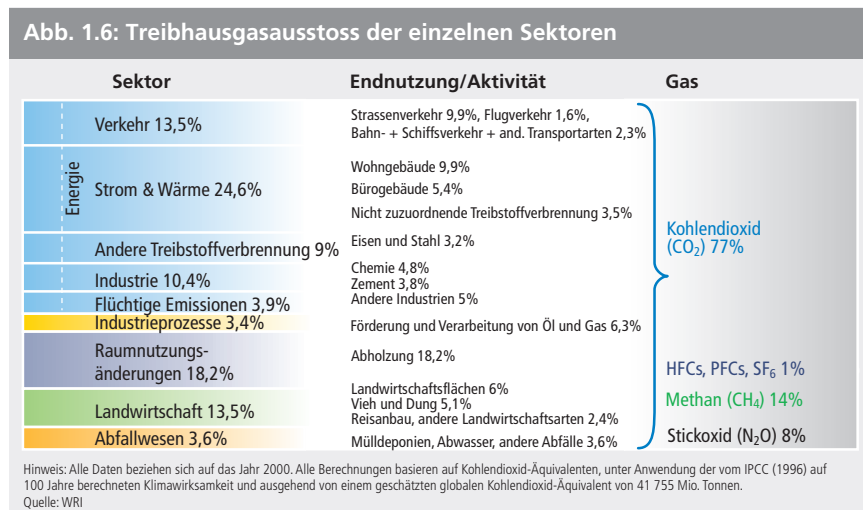
Abb. 1.5: Vergleich Gesamtausstoss/Pro-Kopf-Ausstoss



Quelle: WRI

Der Pro-Kopf-Ausstoss ist eng mit dem Pro-Kopf-Einkommen verbunden, obgleich auch andere Faktoren wie die Erzeugung von Energieprodukten eines Landes, seine Abhängigkeit vom internationalen Handel sowie Bevölkerungsdichte und Geografie eine Rolle spielen. Daher tragen viele dicht bevölkerte Entwicklungsländer, die absolut betrachtet zwar grosse Mengen an Treibhausgasen erzeugen, pro Kopf gerechnet weit weniger zum globalen Ausstoss bei. Obwohl Industrie- und Entwicklungsländer gleichermaßen zum Gesamtausstoss von Treibhausgasen beitragen, sind die Industrieländer auf einer Pro-Kopf-Basis doch weitaus grössere Verursacher (Abb. 1.5).

Die geografische Verteilung der Emissionen ist nur ein Aspekt des Gesamtbildes. Vielleicht noch wichtiger ist die Frage, welche menschlichen Aktivitäten bei der Entstehung der Treibhausgase mitwirken (Abb. 1.6). Die grösste Einzelursache für Treibhausgasemissionen ist die Nutzung von



Entstehung des Treibhauseffekts

Die Sonne und die Erdatmosphäre sind die Hauptfaktoren für die Entstehung des Treibhauseffekts (Abb. 1.7). 70% der einfallenden Sonnenstrahlung dringen in die Erdatmosphäre ein; die verbleibenden 30% werden ins Weltall reflektiert. Die Sonnenenergie, welche die Atmosphäre durchdringt, wird von den Ozeanen und Landmassen aufgenommen und schliesslich in Form von Wärme (d. h. Infrarotstrahlung) erneut an die Atmosphäre abgegeben. Ein Teil dieser Wärme wird dann wieder ins Weltall abgestrahlt. Die in der Erdatmosphäre eingeschlossene Wärme wird dagegen von Gasen wie Wasserdampf und Kohlendioxid aufgenommen und wiederum abgestrahlt. Diesen Prozess bezeichnet man als Treibhauseffekt. Ohne ihn wäre die Temperatur an der Erdoberfläche heute um 33 °C niedriger. Mit zunehmender Konzentration der Treibhausgase nimmt auch die Erwärmung zu.

flächentemperaturen auf über 400 °C ansteigen. Auf der Erde hingegen befinden sich die Treibhausgase in einem ständigen Kreislauf, an dem Pflanzen, Menschen und Tiere, aber auch Faktoren wie Meeresströmungen und die Vulkantätigkeit beteiligt sind.

Abb. 1.7: Der Treibhauseffekt



Energie aus fossilen Brennstoffen. Diese ist für ca. zwei Drittel des weltweiten Gesamtausstosses verantwortlich. Es folgen die Bereiche Raumnutzungsänderung (in erster Linie Abholzung), Landwirtschaft, Industrieprozesse und Abfallwesen. Es gibt kaum eine menschliche Tätigkeit, die nicht in der einen oder anderen Weise Treibhausgase ausstösst. Die folgenden Energie verbrauchenden Aktivitäten tragen am meisten dazu bei: Strassenverkehr, Bauwesen, Nutzung von Wohn- und Bürogebäuden, chemische Produktion, Zementherstellung, Stahlproduktion sowie die zahlreichen Prozesse zur Energiebereitstellung an die Verbraucher.

Was sind die Unbekannten?

Die genauen Auswirkungen des Ausstosses von Treibhausgasen hängen von bestimmten Rückkopplungsmechanismen ab, die entweder die Erwärmung beschleunigen (positive Rückkopplung) oder die Erwärmung verlangsamen oder sogar eine Abkühlung hervorrufen (negative Rückkopplung). So werden z. B. wegen den schmelzenden Eis- und Schneeflächen weniger Sonnenstrahlen reflektiert, was die Energieabsorption in der Atmosphäre erhöht und damit die Erwärmung weiter verstärkt. Ein weiteres System mit positiver Rückkopplung findet man bei den Ozeanen: Die Weltmeere sind riesige Kohlendioxidspeicher. In ihnen ist rund 50-mal mehr CO_2 gespeichert als in der Atmosphäre. Steigt nun die Temperatur des Wassers, nimmt dessen Speicherkapazität ab, und gespeichertes Kohlendioxid gelangt in die Atmosphäre, was den Treibhauseffekt noch mehr verstärkt. Daneben stehen auch die Wolken im Mittelpunkt einer heftigen Debatte über eine zu erwartende positive oder negative Rückkopplung. Eine Theorie besagt, dass eine Zunahme der Treibhausgase mehr Wasserdampf und damit Wolken mit sich bringen müsste, wobei mehr dicke und dunkle Wolkenarten wiederum eine stärkere Reflexion der Sonnenstrahlung ins Weltall bedeuteten. Andere, dünnere Wolkenarten könnten dagegen mehr Infrarotstrahlung in Form von Wärme festhalten, was die Oberflächentemperaturen weiter steigen liesse. Doch welche Wolkenart vorherrschen wird, ist stark umstritten.

Die weiteren Aussichten

Die heutigen Klimamodelle gehen davon aus, dass ein Anstieg der Treibhausgase die durchschnittlichen weltweiten Temperaturen weiter ansteigen lassen wird, was wiederum weitere Komponenten des Klimas beeinflussen wird. Es gibt eine ganze Reihe von Prognosen, die in Form von Szenarien im dritten Sachstandsbericht des IPCC dargestellt sind. Allerdings sind diese Prognosen bereits mehr als fünf Jahre alt, der nächste Bericht soll 2007 erscheinen. Der Bericht von 2001 geht in allen Szenarien davon aus, dass

Die wichtigsten Treibhausgase

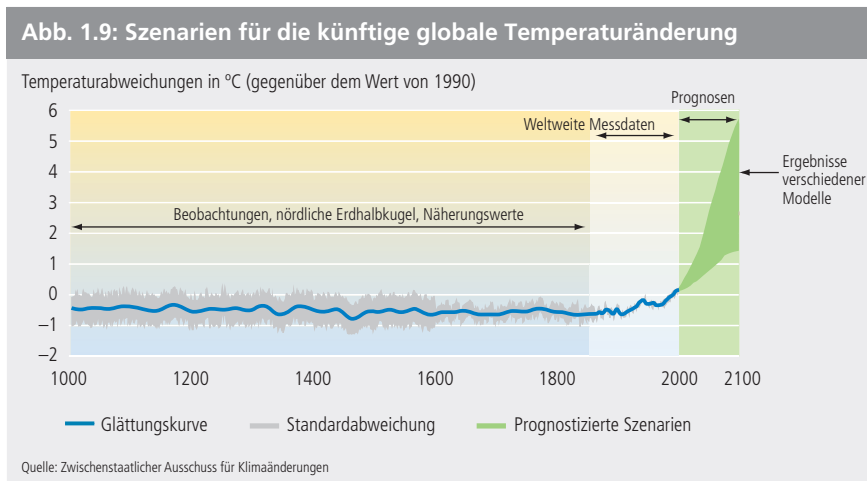
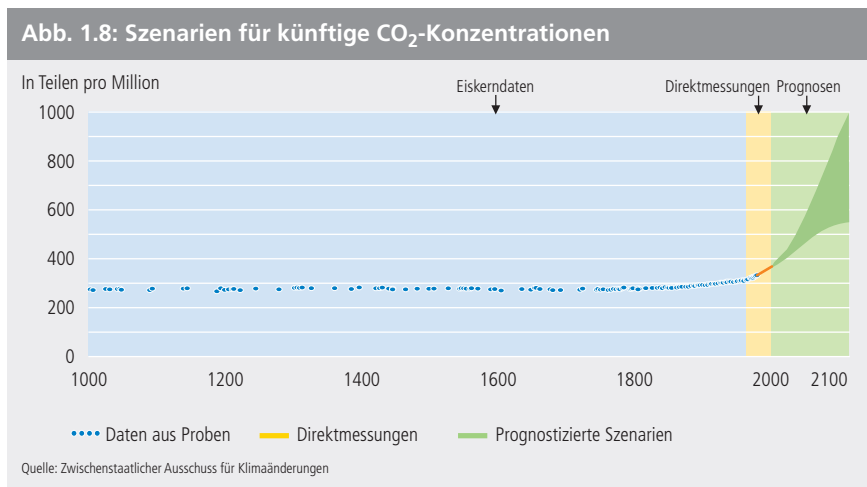
Die wichtigsten Treibhausgase sind Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Schwefelhexafluorid (SF_6), das Ozon der Troposphäre, Fluorkohlenwasserstoffe und Wasserdampf (H_2O). Sie sind allerdings nur in sehr geringen Konzentrationen in der Atmosphäre vorhanden: Kohlendioxid macht 0,038% aus, Methan 0,0001745% und Schwefelhexafluorid 0,000000005%. Die Atmosphäre besteht hauptsächlich aus Stickstoff (78,08%), gefolgt von Sauerstoff (20,95%) und Argon (0,93%). Trotz ihrer sehr geringen Konzentrationen sind die Treibhausgase aber für die Temperatur der Atmosphäre entscheidend. Selbst kleinste Veränderungen der Konzentration der Treibhausgase können enorme Auswirkungen auf den Treibhauseffekt haben.

Wenn es also so viele verschiedene Treibhausgase gibt, warum spielt dann gerade das Kohlendioxid eine so wichtige Rolle? Die Antwort hierauf hängt mit der Konzentration eines

bestimmten Treibhausgases, seiner Lebensdauer sowie seiner Fähigkeit zur Aufnahme von Strahlung zusammen. So kann Kohlendioxid zwar im Hinblick auf seine Lebensdauer und Strahlungsabsorption nicht mit anderen Treibhausgasen mithalten, dafür ist es in viel grösseren Mengen vorhanden. Methan und Stickoxid wiederum kommen in viel geringeren Konzentrationen als Kohlendioxid vor, ihre Wirkung ist aber sehr viel grösser. Wissenschaftler haben deshalb das Konzept der Klimawirksamkeit (global warming potential, GWP) entwickelt, um die verschiedenen Treibhausgase und ihre Auswirkungen auf das Klima vergleichen zu können. Methan etwa ist über einen Zeitraum von 100 Jahren 23-mal so klimawirksam wie Kohlendioxid. Dennoch hat das Kohlendioxid mit seiner hohen Konzentration insgesamt den grössten Einfluss auf das Klima, gefolgt von Methan und Stickoxid, die zwar für sich genommen klimawirksamer sind, jedoch seltener vorkommen.

die Kohlendioxidkonzentration im 21. Jahrhundert ansteigen wird, während die Prognosen für die anderen Treibhausgase gemischt ausfallen. Insgesamt ist aber klar, dass die prognostizierte Zunahme der Kohlendioxidkonzentration die derzeit beobachteten Klimatrends weiter verstärken wird.

- **Temperaturen:** Ausgehend von einem Szenario, in dem der Ausstoss von Treibhausgasen drastisch reduziert wird, prognostizieren die Klimamodelle des IPCC zwischen 1990 und 2100 einen Anstieg der Temperatur an der Erdoberfläche um mindestens 1,4 °C. In einem Szenario, bei dem die Entwicklung wie bis anhin fortschreitet, d. h. bei einer weiteren Zunahme der Treibhausgase, gehen die Modelle von einem Anstieg um bis zu 5,8 °C aus. Trotz der breiten Spanne möglicher Entwicklungen steht in jedem Fall fest, dass die Prognosen über die Erwärmung hinausgehen, die im 20. Jahrhundert festgestellt wurde. Ausgehend von paläoklimatischen Daten gab es in den letzten 10 000 Jahren keine globale Erwärmung dieser Grössenordnung.
- **Niederschläge:** Für das 21. Jahrhundert wird eine Zunahme der Niederschlagsmenge prognostiziert, allerdings kann der Niederschlag in einigen Regionen erheblich vom derzeitigen Muster abweichen. In Gebieten mit einer prognostizierten Zunahme der Niederschläge wird es ausserdem im Jahresvergleich vermutlich jeweils grössere Abweichungen in der Niederschlagsmenge geben. Der IPCC geht davon aus, dass «die Niederschläge in hohen Breitengraden voraussichtlich in den Sommer- und Wintermonaten zunehmen werden. Auch in den nördlichen mittleren Breitengraden, den afrikanischen Tropen und der Antarktis wird es im Winter eine Zunahme geben, in Süd- und Ostasien dagegen im Sommer. In Australien, Mittelamerika und im südlichen Afrika wird es jedoch zu einem stetigen Rückgang der Niederschläge im Winter kommen.»



- **Eis- und Schneeflächen:** Die steigenden Oberflächentemperaturen werden vermutlich erhebliche Auswirkungen auf die Eisvorkommen und den Schneefall haben. So sagt der IPCC einen fortgesetzten Rückzug der Gletscher sowie eine weitere Abnahme der Schneeflächen, Permafrostgebiete und des Treibeises auf der nördlichen Halbkugel vorher.
- **Meeresspiegel:** Die schmelzenden Eismassen und die thermische Ausdehnung der Ozeane wegen des Temperaturanstiegs lassen den Meeresspiegel ansteigen. Der Anstieg könnte im 21. Jahrhundert zwischen 0,09 und 0,88 Meter betragen.

Neueste wissenschaftliche Untersuchungen zum Klimawandel haben viele der Prognosen und Beobachtungen bestätigt, die im dritten Sachstandsbericht enthalten sind. So wurden insbesondere weitere Belege dafür gefunden, dass von Menschen verursachte Emissionen von Treibhausgasen für eine Erwärmung der Erdoberfläche und der Ozeane sorgen. Das Goddard Institute for Space Studies der NASA berichtet, dass die Jahre 2002 bis 2005 vier von fünf der heißesten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen in den 1880er Jahren waren. Neueste Forschungen haben ausserdem die lange Reaktionszeit des Klimasystems der Erde nachgewiesen, was bedeutet, dass die Veränderungen weiter zunehmen werden, selbst wenn die Emissionen sofort reduziert würden. Mit jeder weiteren Verzögerung erhöht sich das Risiko, dass die weltweiten durchschnittlichen Oberflächentemperaturen um mehr als 2 °C über den vorindustriellen Wert ansteigen könnten, womit nach Ansicht von Wissenschaftlern auch die Wahrscheinlichkeit für schwerwiegende Wetterereignisse steigen würde.

Aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen belegen darüber hinaus, dass sich das Abschmelzen des arktischen Treibeises sowie der Rückzug der Gletscher beschleunigen, was vor allem auf die überdurchschnittlichen Oberflächentemperaturen und veränderte Niederschlagsmuster zurückzuführen ist. Die immer umfassenderen Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den schrumpfenden Eismassen und dem Meeresspiegel lassen zudem darauf schliessen, dass frühere Studien den voraussichtlichen Anstieg des Meeresspiegels unterschätzt haben könnten. Zusätzliche Forschungen bringen laufend weitere Veränderungen zu Tage, welche zum Beispiel die Versorgung mit Wasser und Nahrungsmitteln oder sogar ganze Ökosysteme betreffen. So führen beispielsweise die anhaltend hohen Temperaturen in Alaska dazu, dass sich die Käferpopulationen ausbreiten und die Fichtenwälder schädigen.

Einige dieser Prognosen und Erkenntnisse sind in Politik- und Wissenschaftskreisen stark umstritten. Doch letztlich dient die Wissenschaft ja dazu, Antworten auf offene Fragen zu finden, was eben nur durch aufwändige und ausführliche Analysen aller möglichen Szenarien und durch mitunter heftige Diskussionen möglich ist. Unabhängig von der politischen Debatte und der weiteren Forschung sind zwei wissenschaftliche Fakten unbestritten: Erstens deuten immer mehr Belege auf Klimaveränderungen hin, die durch den Ausstoss von Treibhausgasen vom Menschen verursacht werden, wobei diese auch zunehmend messbar werden. Und zweitens wird es zu spät sein, die Auswirkungen des Klimawandels abzuwenden, wenn wir erst auf wissenschaftliche Beweise für den genauen Verlauf warten.

Kapitel 2

Energienutzung und Klimawandel

Autoren:

Kurt E. Reiman, Wealth Management Research

Gerhard Wagner, Global Asset Management

Energienutzung und Klimawandel

Der CO₂-Ausstoss aus fossilen Brennstoffen muss in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts um zwei Drittel reduziert werden, um die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre und die durchschnittlichen weltweiten Oberflächentemperaturen zu stabilisieren.

Energienutzung und Klimawandel

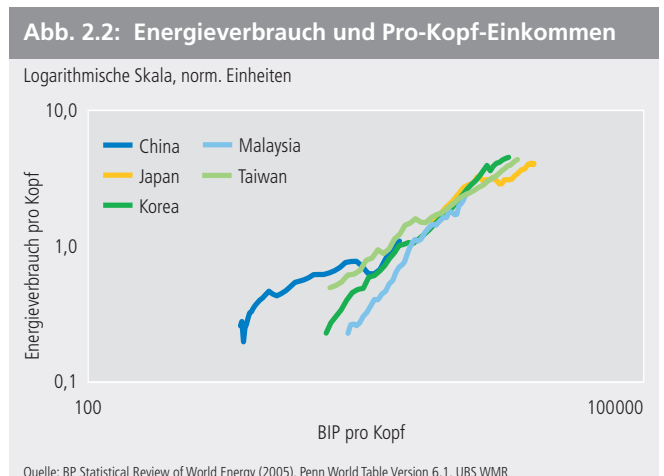
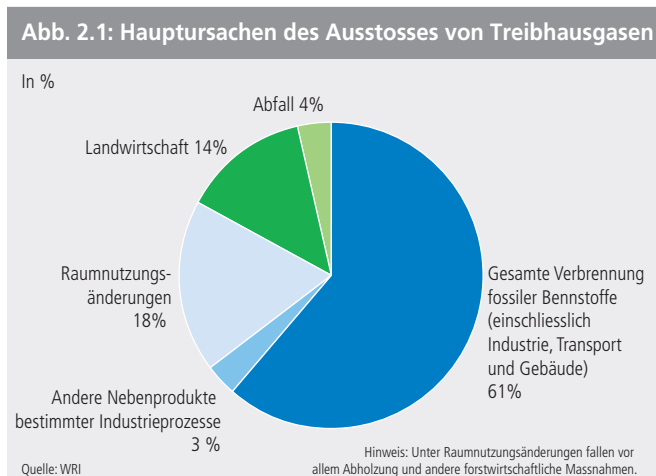
Seit der industriellen Revolution ist der Verbrauch fossiler Brennstoffe ständig gestiegen. Dies ist der wichtigste Grund für die veränderte Zusammensetzung der Treibhausgase in der Atmosphäre. Zwar tragen auch Raumnutzungsänderungen und die Landwirtschaft einen erheblichen Anteil am Treibhausgasausstoss, aber das Verbrennen fossiler Brennstoffe verursacht fast zwei Drittel der weltweiten Emissionen (Abb. 2.1). Daher hängt es in erster Linie vom Energieverbrauch ab, ob die Risiken einer globalen Erwärmung und des Klimawandels zu- oder abnehmen.

Energieverbrauch steigt weiter

Der Energieverbrauch dürfte noch bis Mitte dieses Jahrhunderts zunehmen, weil auch die Bevölkerung und die Wirtschaft wachsen. So erwarten die Vereinten Nationen, dass die Weltbevölkerung bis 2050 um 35% wächst, und zwar vor allem in den Entwicklungsländern. Weiter zeigen unsere Vorhersagen, dass auch die weltweite Wirtschaftsleistung ansteigt, in erster Linie, weil die Pro-Kopf-Einkommen in den bevölkerungsreichen Schwellenländern wachsen. Entsprechend wird auch der Energiebedarf grösser (Abb. 2.2).

Wie wir in einem früheren UBS Research Focus festgestellt haben («Rohstoffe: Knappheit im Überfluss», 23. August 2006), wird in den nächsten zwanzig Jahren mit einem Anstieg des weltweiten Energieverbrauchs um fast 70% gerechnet. Dies ist vor allem die Folge eines raschen Ausbaus der Infrastruktur, steigender Pro-Kopf-Einkommen und einer fortgesetzten Industrialisierung in den dicht bevölkerten Schwellenländern. Während der Anteil des Erdöls am Primärenergieverbrauch zurückgehen dürfte, weil Öl immer mehr durch andere Energiequellen ersetzt wird, werden andere fossile Brennstoffe wie Erdgas voraussichtlich an Bedeutung gewinnen. Trotz dieses Substitutionseffekts dürfte deshalb auf absehbare Zeit der Treibhausgasausstoss zunehmen.

Die Internationale Energieagentur (IEA) prognostiziert ebenfalls eine Zunahme des Energieverbrauchs im nächsten Vierteljahrhundert, weil insbe-



sondere die Einkommen in den Entwicklungsländern wachsen (Abb. 2.3). Entsprechend erwartet die IEA auch einen Anstieg des Kohlendioxidausstosses (Abb. 2.4). Ohne Gegenmassnahmen werden diese Emissionen weltweit zwischen 2004 und 2030 um 55% zunehmen, in den Entwicklungsländern werden sie sich sogar verdoppeln. In einem alternativen Szenario geht die IEA von einem langsameren Anstieg der Treibhausgase aus. Doch selbst dann werden die Kohlendioxidemissionen bis 2030 noch um mehr als 30% ansteigen.

Das 2000-Watt-Szenario

Eine Möglichkeit, dieser Entwicklung entgegenzutreten, zeigt das 2000-Watt-Szenario. Dieses basiert auf dem Modell der so genannten «2000-Watt-Gesellschaft», das an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ) entwickelt wurde. Demnach reicht für ein Land wie der Schweiz ein Energieverbrauch von 2000 Watt pro Kopf aus, um ein ungestörtes Wirtschaftswachstum und eine gleich hohe Lebensqualität wie heute zu ermöglichen. 2000 Watt entsprechen in etwa dem ununterbrochenen Verbrauch von zwanzig 100-Watt-Glühbirnen. Zum Vergleich: Der Pro-Kopf-Energieverbrauch in Afrika beträgt 500 Watt, in Westeuropa sind es 6000 Watt und in den USA 12000 Watt (Abb. 2.5). Auch wenn einige Aspekte dieses Szenarios vielleicht utopisch klingen mögen und drastische Veränderungen in allen Teilen der Gesellschaft voraussetzen, bietet es dennoch einen Denkanstoss für alternative Energie- und Emissionsmodelle und deren Auswirkungen auf den Klimawandel.

2004 lag der durchschnittliche weltweite Energieverbrauch pro Kopf bei 2300 Watt. Erweitert man das Referenz-Szenario der IEA bis 2050 (unter

Abb. 2.3: Höherer Energiebedarf der Entwicklungsländer...

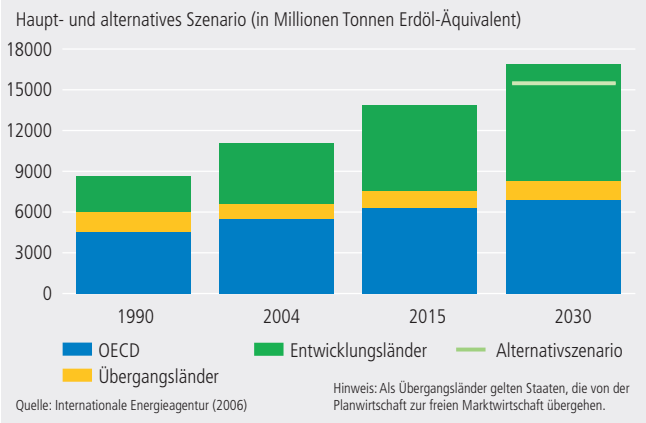


Abb. 2.4: ... führt zu höheren Kohlendioxidemissionen

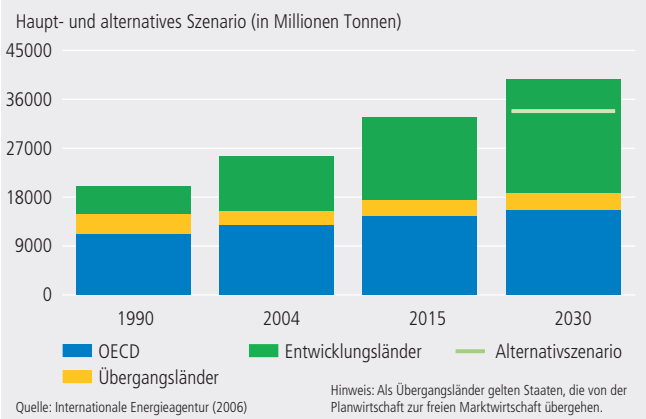
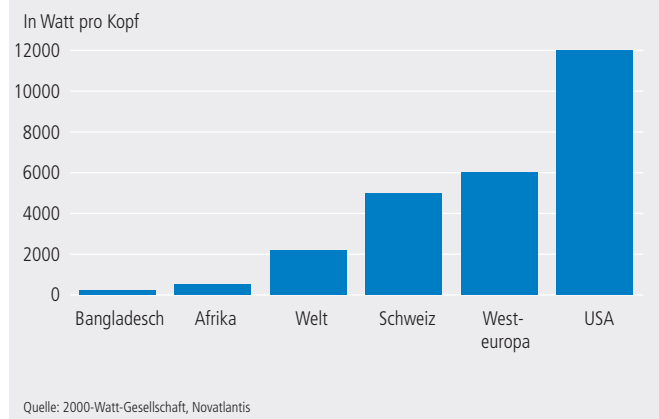
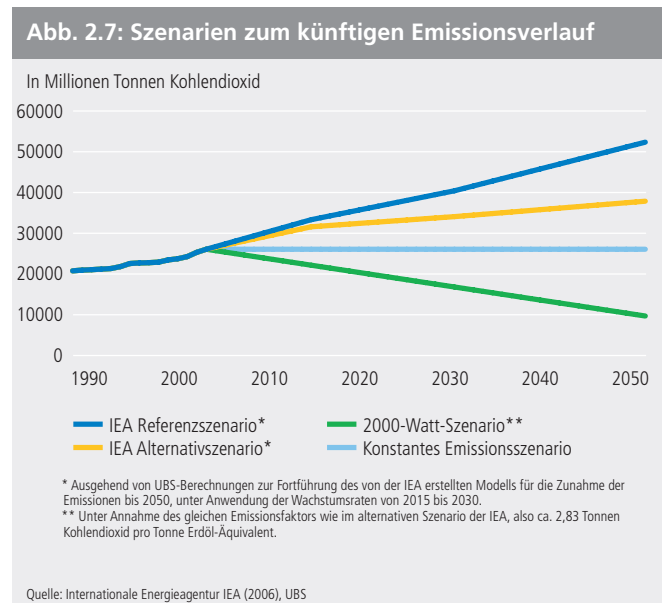
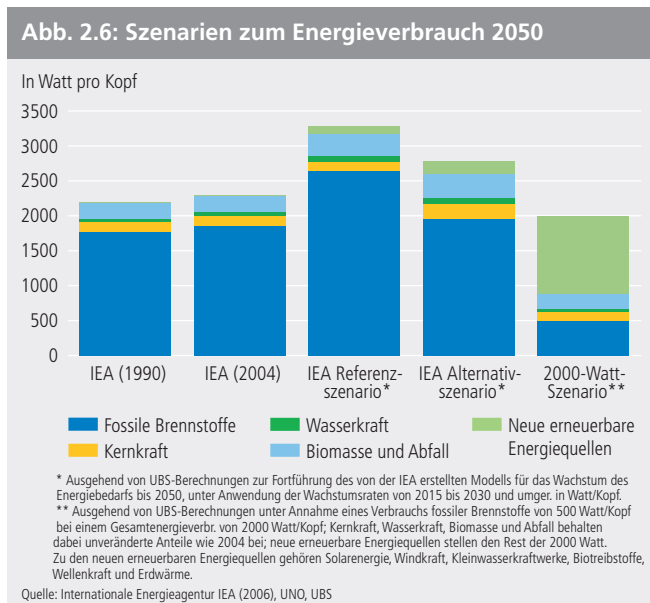


Abb. 2.5: Energieverbrauch pro Kopf



Anwendung der Wachstumsraten von 2015 bis 2030), steigt der Pro-Kopf-Energieverbrauch auf fast 3300 Watt (Abb. 2.6). Selbst im Alternativszenario der IEA wird der Pro-Kopf-Energieverbrauch 2050 weit über dem Niveau von 2004 liegen. Um einen weltweiten Energieverbrauch von 2000 Watt pro Kopf zu erreichen, müsste nicht nur der Energiebedarf pro Kopf gegenüber 2004 gesenkt werden, was gleichbedeutend ist mit einer deutlichen Abkehr von den Erwartungen über den zukünftigen Verbrauch stattfinden. Dies in erster Linie in den Industrieländern, denn nur so könnte der zunehmende Energiebedarf in den Entwicklungsländern ausgeglichen werden.

Neben dem Energieverbrauch an sich wird sich auch der Energiemix von Grund auf ändern müssen, um die Emissionen zu senken. Der Verbrauch fossiler Brennstoffe pro Kopf macht derzeit rund 80% des Gesamtenergieverbrauchs aus – rund 1750 Watt. Gemäss dem 2000-Watt-Szenario würde eine Senkung dieses Verbrauchs auf 500 Watt den Ausstoss von Treibhausgasen um rund zwei Drittel reduzieren (Abb. 2.7). Um einen solchen Energiemix bis zum Jahr 2050 zu erreichen, müssten die neuen erneuerbaren Energiequellen in den nächsten 45 Jahren konstant um jährlich 11% zunehmen, und gleichzeitig müsste der Verbrauch fossiler Brennstoffe um mehr als 2% pro Jahr sinken. Stattdessen prognostiziert selbst das umweltfreundlichere alternative Szenario der IEA sowohl einen steigenden Bedarf für fossile Brennstoffe als auch ein gegenüber dem 2000-Watt-Szenario nur halb so grosses Wachstum der erneuerbaren Energiequellen sowie mindestens für das nächste Vierteljahrhundert eine weitere Zunahme der Emissionen.



Verbrauch fossiler Brennstoffe und Senkung der Emissionen

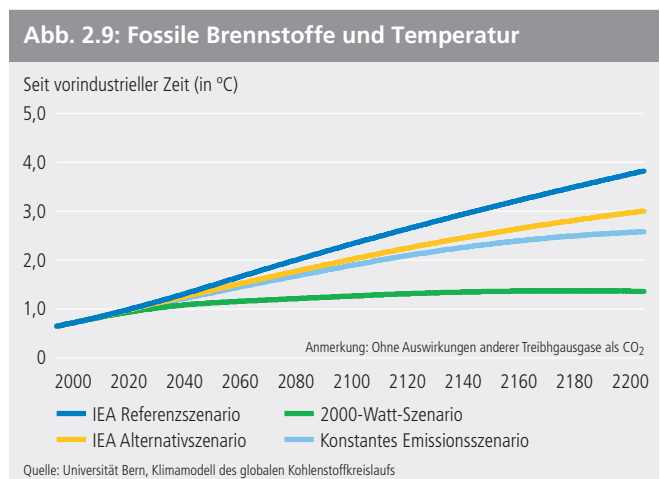
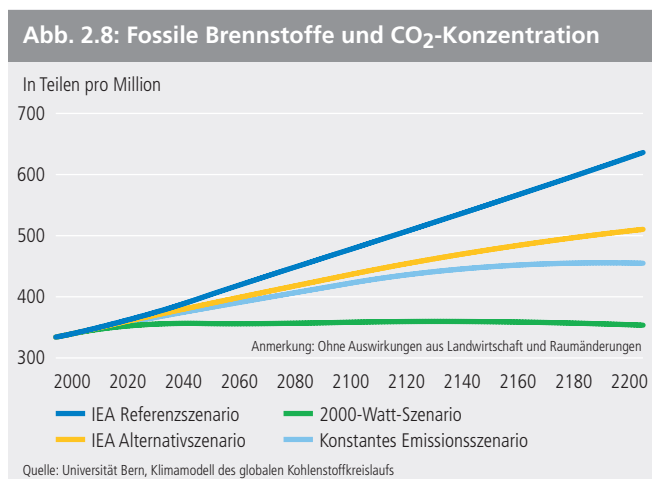
Um die Emissionen der Treibhausgase aus dem Energieverbrauch zu senken, müsste der Konsum fossiler Brennstoffe drastisch eingeschränkt werden. Natürlich gibt es auch noch andere Möglichkeiten, den Kohlendioxidausstoss zumindest teilweise auszugleichen, so zum Beispiel durch die CO₂-Abscheidung und -lagerung oder durch Raumnutzungsänderungen. Wie stark sich der Verbrauch fossiler Brennstoffe nun genau senken lässt, hängt von zahlreichen Faktoren ab, darunter das Bevölkerungswachstum, das Wirtschaftswachstum der Entwicklungsländer, Massnahmen zur Energieeffizienz und der Energiemix. Daher kann keine Schätzung mehr als nur eine grobe Annäherung sein. So könnten ein lang-

sames Wirtschaftswachstum, unterschiedliche Annahmen über die Umwandlung von Treibhausgasemissionen in Konzentrationen in der Atmosphäre sowie eine raschere Entwicklung der CO₂-Lagerung auch einen Verbrauch fossiler Brennstoffe erlauben, der 500 Watt pro Kopf übersteigt. Doch auch dann ist klar, dass die Industrieländer ihren Verbrauch fossiler Brennstoffe erheblich reduzieren müssen, um einer weiteren Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen entgegenzuwirken. Dabei kommt es nicht darauf an, wie hoch der Verbrauch fossiler Brennstoffe im Detail ist – entscheidend ist vielmehr, dass er gesenkt wird.

Im Auftrag der UBS hat die Abteilung Klima- und Umweltphysik der Universität Bern die CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre und die entsprechenden Temperaturveränderungen bis 2200 berechnet, ausgehend von den in Abb. 2.7 dargestellten Szenarien der CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen. Um den Einfluss der fossilen Brennstoffe zu illustrieren, nehmen wir vereinfachend an, dass die Kohlendioxidemissionen aus Raumnutzungsänderungen und der Landwirtschaft bis 2050 auf null reduziert werden (bis 2200 im Fall des konstanten Emissionsszenarios). Wir lassen die Emissionen aus dem Referenzmodell der IEA auf dem Stand von 2050, während in den anderen drei Szenarien von einem linearen Rückgang der Kohlendioxidemissionen zwischen 2100 und 2200 ausgegangen wird. Im 2000-Watt-Szenario gehen die Emissionen bis 2200 auf null zurück. Die Ergebnisse dieser Prognosen für den Kohlendioxidausstoss sind in den Abb. 2.8 und 2.9 dargestellt.

Auf Grundlage der Kohlendioxidemissionen aus fossilen Brennstoffen, die in den Referenz- und Alternativszenarien der IEA für den Energiebedarf angenommen werden, prognostiziert die Studie bis 2200 einen Temperaturanstieg um mehr als 3 °C gegenüber dem vorindustriellen Stand. Selbst das konstante Emissionsszenario führt zu einem Temperaturanstieg von über 2 °C. Nur im 2000-Watt-Szenario bleibt die globale Erwärmung unter 2 °C.

Die Universität Bern kommt zum Schluss, dass die CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen in den kommenden 50 Jahren auf rund ein Drittel des heutigen Ausstosses reduziert werden müssen, um die CO₂-Konzentration sowie die Oberflächentemperaturen stabilisieren zu können. Wenn die atmosphärischen Konzentrationen bis 2100 auf dem heutigen Stand gehalten werden sollen, müssten die Kohlendioxidemissionen im letzten Viertel des Jahrhunderts auf unter 10 Mrd. Tonnen gesenkt werden (bei einem Höchststand der vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen in den kommenden drei Jahrzehnten). Jede weitere Verzögerung führt auch bei vergleichbaren Emissionssenkungen zu höheren Kohlendioxidkonzentrationen und grösseren Auswirkungen auf das Klima. Bezieht man die Auswirkungen anderer Treibhausgase sowie von Emissionen aus anderen Quellen mit ein, fällt der Temperaturanstieg noch höher aus.



Vermeidung schwerwiegender Klimaereignisse

Klimaexperten gehen immer mehr davon aus, dass ein Anstieg der Temperatur um mehr als 2–3 °C (gegenüber dem vorindustriellen Stand) schwerwiegende sozioökonomische Folgen haben wird. Eine Folge wäre u. a. ein Anstieg der Meeresspiegel sowie der Verlust von Lebensraum. 2006 veröffentlichte wissenschaftliche Berichte schätzen, dass sich die Welt im 20. Jahrhundert um ungefähr 0,7 °C erwärmte und diese Erwärmung um ca. 0,2 °C pro Jahrzehnt fortschreitet. Sollte sich die Erde weiter so schnell erwärmen, würde der Schwellenwert von 2 °C bereits vor dem Ende dieses Jahrhunderts erreicht werden.

Um schwerwiegende Klimaereignisse zu verhindern, müssen die Emissionen gesenkt und die Konzentration der Treibhausgase stabilisiert werden. Das Szenario eines unveränderten Anstiegs weicht stark von der Richtung ab, die eingeschlagen werden müsste. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum von fossilen Brennstoffen müsste um rund zwei Drittel reduziert werden, um die Treibhausgaskonzentrationen zu stabilisieren. In den Industrieländern müsste der Verbrauch im Schnitt sogar um den Faktor zehn zurückgehen. Bei dieser Reduktion wird allerdings angenommen, dass jeder Mensch die gleiche Menge fossiler Brennstoffe verbraucht, was zu stark vereinfacht ist.

Letztlich hängen die Risiken des Klimawandels davon ab, wie die weltweite Energienutzung gestaltet wird. Erneuerbare Energiequellen und die Kernkraft können dazu beitragen, den Anstieg der Treibhausgasemissionen zu verlangsamen. Ohne eine gleichzeitige Verbesserung der Energieeffizienz und einen reduzierten Verbrauch fossiler Brennstoffe werden die Emissionen jedoch weiter anwachsen.



Wichtige Entwicklungen in der Erforschung des Klimawandels und mögliche Lösungen

**Dr. Dieter Imboden, Professor für Umweltphysik
Präsident des Nationalen Forschungsrates des Schweizerischen Nationalfonds
Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich, Schweiz**

Welches sind die wichtigsten Entwicklungen bei der Erforschung des Klimawandels?

Eine Debatte, die ihren Ursprung in den USA hat, betrifft ein Diagramm, dem zufolge die Kurve der langfristigen globalen Durchschnittstemperatur wohl allmählich die Form eines Hockeyschlägers annehmen könnte: Während des grössten Teils der beiden letzten Jahrtausende verlief sie flach, um dann im 20. Jahrhundert steil anzusteigen. Trotz der enormen Temperaturunterschiede der vergangenen zweitausend Jahre weisen manche Klimaforscher darauf hin, dass inzwischen immer extremere Höchst- und Tiefstwerte erreicht werden. Andere bezweifeln dagegen die Genauigkeit dieser Daten und verweisen auf Unterschiede bei den Methoden zur Fehlerschätzung und Messung. Insgesamt aber würde ich sagen, dass sich die Mehrheit der Wissenschaftler heute absolut einig ist, dass in der Tat ein Klimawandel stattfindet, an dem die Menschheit ihren Anteil hat. Wissenschaftler konzentrieren sich allerdings lieber auf ungelöste Probleme als auf bereits bekannte Sachverhalte.

So ist beispielsweise die Rolle die Ozeane im Zusammenhang mit dem Klimawandel ziemlich schwierig zu bestimmen. Ozeane sind ein enormer Wärmespeicher und übertreffen dabei die Atmosphäre um ein Vielfaches. Sie wirken wie ein Umwälzsystem mit einem Zyklus in der Grössenordnung von 1000 Jahren. Wird das Klima also milder, dauert es sehr lange, bis sich die Meerestemperatur auch nur um den Bruchteil eines Grads erhöht, da das System so enorm träge ist. Die Ozeane befördern ständig Wärme aus niedrigeren in höhere Breitengrade, und einige Klimazonen sind von diesem ozeanischen Wärmeaustausch stark abhängig. Angesichts der Rolle, die der Atlantische Ozean für die Regulierung der Erdtemperatur spielt, wurden Theorien aufgestellt, die sich mit dem möglichen Zusammenhang zwischen diesem Wärmeaustauschsystem und den diversen Eiszeiten befassen. So wird beispielsweise überlegt, ob der Austausch möglicherweise irgendwann einmal zum Stillstand gekommen ist. Dann hätte kein Wärmetransfer mehr vom Äquator zu den Polen stattgefunden, was zu einem Temperaturrückgang in den höheren Breitengraden geführt hätte. Ein beschleunigter Wärmeaustausch würde dagegen die Temperaturen an den Polen steigen lassen, die Polkappen schmelzen lassen und die Meeresspiegel anheben.

Eine weitere Diskussion beschäftigt sich mit chemischen und physikalischen Vorgängen in der Atmosphäre und deren Einfluss auf das Strahlungsverhalten des Planeten. Hier geht es um äusserst komplexe Vorgänge, da Primäreffekte teilweise durch Sekundäreffekte ausgeglichen werden könnten. So ist man sich beispielsweise allgemein einig, dass eine Erhöhung der Kohlendioxidkonzentra-

tion in der Atmosphäre zu einem Anstieg der Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche führt, da diese weniger Wärme in den Weltraum abstrahlt. Durch die höheren Temperaturen entstehen wiederum mehr Verdampfung, eine höhere Luftfeuchtigkeit und folglich mehr Wolken. Zudem wird das Strahlungsverhalten noch von Kleinpartikeln in der Atmosphäre beeinflusst, die zum Teil durch menschliche Aktivitäten entstehen. Sowohl bei der Modellbildung als auch im praktischen Versuch verfeinern daher die Wissenschaftler laufend ihre Konzepte, indem sie sich von den «einfachen» Prozessen hin zu komplexeren Vorgängen wenden.

Dies sind die derzeitigen Diskussionspunkte. Im Moment sieht es beispielsweise so aus, als würden die Gletscher schneller schmelzen als erwartet, wohingegen es scheint, dass sich der Ablauf des Wärmeaustauschs der Ozeane nicht verändert. Aber das können wir heute noch nicht mit Sicherheit sagen. Das sind die grossen Unbekannten. Auch die zeitliche Perspektive ist ein Faktor. Ist der Klimawandel einmal unumstösslich festgestellt, haben wir bereits einen extrem langen Bremsweg und nur wenig Möglichkeiten zur Umkehr.

Veränderungen sind bereits erkennbar. Wir wissen nicht, wie sie sich entwickeln und kennen nicht alle ihre Ursachen. Selbstverständlich ist ein Teil der Klimaschwankungen auch natürlich bedingt. Aber die uns vorliegenden Modelle deuten mit zunehmender Sicherheit darauf hin, dass im Klimasystem etwas geschieht, wofür auch die Menschen verantwortlich sind. Zweifelsfrei nimmt der Ausstoss von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen zu. Dies lässt sich nicht bestreiten. Über die Aussage, dass sich die Temperaturveränderung in Form eines Hockeyschlägers vollzieht, herrscht Uneinigkeit, über den Anstieg des Kohlendioxids in der Atmosphäre allerdings nicht.

Was kann zur Verringerung der Treibhausgasemissionen getan werden?

Um die Emissionen von Treibhausgasen zu verringern, müssen wir unseren Energieverbrauch drosseln. In frühen Stadien der Entwicklung einer Gesellschaft ist die Energieversorgung massgeblich, weil ohne Computer, elektrisches Licht und dergleichen kein Wirtschaftswachstum möglich ist. Später ist der Energieverbrauch dann eher eine Folge des Fortschritts als eine Voraussetzung für diesen. In Ländern wie zum Beispiel Indien liegt der Pro-Kopf-Verbrauch bei gerade einmal 400 Watt. Die begrenzte Verfügbarkeit von Energie setzt dem Wachstum und der Entwicklung Grenzen. In anderen Ländern steht der Energieverbrauch nicht mehr in direktem Zusammenhang mit dem Wachstum. In der Schweiz, in Japan und in den USA, wo pro Kopf zwischen 5000 und 12 000 Watt verbraucht werden, ist

eine Erhöhung des Energieverbrauchs zur Erzielung höherer Wachstumsraten nicht mehr nötig. Angesichts derart breit gestreuter Extreme wollten Wissenschaftler herausfinden, wo die Grenze zwischen Einschränkung und Luxus verläuft.

Obgleich natürlich der Energieverbrauch in gewissem Umfang vom Klima einer Region abhängig ist, lässt sich der durchschnittliche Energiebedarf für verschiedene Aktivitäten dennoch berechnen. Die Wissenschaftler haben dabei 1000 Watt pro Person ermittelt. Da dieser Wert aber aller Wahrscheinlichkeit nach im Verhältnis zum aktuellen Bedarf der Industrieländer zu spartanisch erschien, dachten sich die Wissenschaftler, dass 2000 Watt eher ein realisierbares Ziel sei, das noch immer Komfort und dauerhaftes Wirtschaftswachstum ermöglicht. So entstand das Projekt der 2000-Watt-Gesellschaft.

Welche Rolle spielen erneuerbare Energien in der 2000-Watt-Gesellschaft?

Neue erneuerbare Energiequellen fallen in unserem derzeitigen Energieversorgungssystem kaum ins Gewicht. Sie haben nur dann eine Chance, wenn die Energieverwendung insgesamt intelligenter und effizienter gestaltet wird. Natürlich ist es lächerlich, mit Solarzellen, Wind und Biomasse 10 000 Watt an Energie pro Kopf produzieren zu wollen. Bei einer Verringerung des Energieverbrauchs pro Person auf 2000 Watt könnte der kleine Beitrag, den die Windenergie leistet, dagegen durchaus zu einem signifikanten Bestandteil werden.

Dieses Konzept wurde in der Schweiz entwickelt. Was würde eine Umstellung auf die 2000-Watt-Gesellschaft für ein Land wie die Schweiz bedeuten?

Interessanterweise gibt es in der Schweiz zwei Hauptbereiche, die für den Energieverbrauch und damit auch für die Entstehung von Treibhausgasen verantwortlich sind. Es handelt sich dabei nicht um die Industrie, wengleich natürlich auch diese beteiligt ist.

Einen dieser Bereiche nenne ich «Bauwerk Schweiz». Darunter werden alle Gebäude, Privathaushalte, Strassen, Stromleitungen, Leitungssysteme und die gesamte Infrastruktur verstanden. Das Bauwerk Schweiz bindet enorm viel Kapital. Zur Veranschaulichung sei gesagt, dass wir pro Jahr 50 bis 60 Mrd. Franken investieren. Das sind 1,4% der Kosten, die zur Wiederherstellung des gesamten Bauwerks Schweiz benötigt würden. Es ist nicht möglich, die Schweiz innerhalb von fünf Jahren zu einem nachhaltigeren Land umzubauen. Aber über 50% unseres Energieverbrauchs entstehen durch das Bauwerk Schweiz, also durch die Bauweise unserer Häuser (gut oder schlecht gebaut, gut oder schlecht isoliert), die Lage der Häuser sowie den Umfang an Transport- und Verkehrsmitteln, die benötigt werden, damit die Menschen aus den Vororten zur Arbeit und in die Städte gelangen. All dies ist mehr oder weniger im Bauwerk Schweiz fixiert und hat einen gewaltigen Energiebedarf. Die Mobilität von Menschen und Waren macht ein weiteres Drittel des Energieverbrauchs in der Schweiz aus. Dabei geht es zum einen um Mobilität im gewerblichen Bereich, aber auch um Mobilität in der Freizeit.

Trotz der zunehmenden Anzahl an Gebäuden stabilisiert sich der Energieverbrauch des Bauwerks Schweiz weiter, da immer energieeffizienter gebaut wird. Im Gegensatz dazu ist allerdings ein Anstieg des Energieverbrauchs im Mobilitätssektor zu verzeichnen: Wir fahren grössere Autos, nutzen weniger öffentliche Verkehrsmittel und legen weitere Strecken zurück. Natürlich will niemand mehr Geld für Energie an sich ausgeben. Was die Menschen aber wollen, sind die Annehmlichkeiten der Energieleistungen: Sie wollen warme Häuser oder bequem von A nach B gelangen. Wie viel Energie diese Leistungen beanspruchen, ist abhängig von den technischen Bedingungen sowie von den Vorlieben der Verbraucher.

Zur Senkung des Energieverbrauchs im Bauwerk Schweiz könnte man striktere Bestimmungen einführen. Wir wissen, wie wir den Energieverbrauch im Bauwerk Schweiz ohne Einbussen beim Komfort verringern können. Denn Komfort hat nichts mit der Leistung meiner Heizung zu tun. Mir ist nur die komfortable Temperatur wichtig. Wenn ich ein Haus besser durchdacht baue, brauche ich weniger Energie und habe dabei noch immer den gleichen Wohnraum und die gleiche komfortable Temperatur. Es ist heute problemlos möglich, Häuser zu bauen, deren Energiebedarf pro Quadratmeter nur noch ein Viertel oder ein Zehntel des Verbrauchs eines Durchschnittshauses beträgt. Und das zu nur geringfügig höheren Kosten.

Anders als im Bauwerk Schweiz, wo ein grosses Potenzial besteht, ist die Senkung des Energiebedarfs bei der Mobilität schwieriger zu realisieren. Hier wird ungleich mehr Energie aufgewandt, um dem Geschmack und die Vorlieben der Verbraucher gerecht zu werden, als um technische Transportvoraussetzungen zu erfüllen. Die Autohersteller bauen zwar immer sparsamere Motoren, doch sind die Fahrzeuge selbst in den letzten Jahren schwerer und grösser geworden. Das Problem liegt darin, dass wir die Menschen durch gutes Zureden allein nicht zu Verhaltensänderungen bewegen können. Staatliche Vorgaben werden da eher befolgt. Normalerweise macht es den Menschen nichts aus, sich an neue Gegebenheiten anzupassen, solange sich jeder an die gleichen Regeln halten muss. Denken Sie nur an einmal an die Geschwindigkeitsbegrenzungen. Ohne die Unterstützung des Gesetzgebers sind die Autohersteller da im Grunde hilflos.

Nach Einführung entsprechender Vorschriften würde es zwei bis drei Generationen dauern, bis eine massgebliche Verbesserung beim technischen Energiebedarf des Bauwerks Schweiz eintritt. Im Mobilitätssektor würde dies etwa ein Jahrzehnt in Anspruch nehmen. Dies sind die beiden Pole der 2000-Watt-Gesellschaft.

Ist die 2000-Watt-Gesellschaft mit derzeitiger Technologie realisierbar?

Ja, dazu braucht es keine neuen Technologien. Wie gesagt, jedes neue Haus kann so gebaut werden, dass es grob ein Drittel weniger Energie als die heutigen Durchschnittshäuser benötigt. Aber das braucht Zeit. Die Technologien zum Bau von erheblich sparsameren Autos sind ebenfalls bekannt.

Können Energieversorger bei den starken Einsparungen im Energieverbrauch, wie sie durch die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft propagiert werden, überhaupt noch überleben?

Energieversorger können ihre Geschäftsmodelle entsprechend anpassen und mehr als Energiedienstleister statt als reine Energielieferanten fungieren. Die Menschen kaufen keine Energie, sie kaufen Energiedienstleistungen und die damit verbundenen Vorteile. Versorgungsunternehmen könnten ihre Geschäftsstrategie so gestalten, dass sie die Haushalte in Bezug auf Energiesparmassnahmen wie beispielsweise Energiesparlampen oder die Installation von Photovoltaikanlagen beraten.

Wie bezieht man die externen Effekte des Klimawandels und der Treibhausgasemissionen in den Marktpreis ein?

Früher oder später muss der Energiepreis steigen. Im Moment ist er ausserordentlich starken Schwankungen ausgesetzt, was besonders für Öl gilt. Zur Anpassung an höhere Energiepreise ist ein Zeitrahmen in der Grössenordnung von einigen Jahren bis Jahrzehnten erforderlich. Als Hausbesitzer habe ich da wenig Spielraum. Wenn die Benzinpreise steigen, kann ich zwar mein Auto verkaufen, aber viel mehr bleibt mir auch nicht zu tun. Zudem berücksichtigen die Marktpreise nicht immer eine eventuelle künftige Verknappung. Wenn also das Angebot die Nachfrage nicht mehr deckt, steigt der Marktpreis sprunghaft an, was den Verbrauchern keine Möglichkeit zum Reagieren lässt. Das ist für die Wirtschaft als Ganzes nicht sehr gut. Sowohl die Industrie als auch die Verbraucher benötigen verlässliche Prognosen.

Eines der grossen Hindernisse aus wirtschaftlicher Sicht ist die unbekannte Entwicklung der Energiepreise. Für die meisten Projekte zur Infrastrukturerschliessung wie beispielsweise den Wohnungsbau ist der künftige Energiepreis der wichtigste Faktor beim Entscheid, ob die Kosten für Massnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz gerechtfertigt sind oder nicht.

Wegen der Volatilität der Energiepreise werden Projekte häufig möglichst kostengünstig und ohne Rücksicht auf die Energieeffizienz durchgeführt. Meiner Meinung nach sollten die Regierungen, die ja für die Bewusstseinsbildung der Menschen verantwortlich sind, die zeitliche Differenz zwischen der Veränderung des Ölpreises und der Anpassungsfähigkeit der Verbraucher ausgleichen. Indem sie die Volatilität der Ölpreise verringern und die Energiepreisentwicklungen klar vorhersehbar machen (so dass beispielsweise ein Anstieg von 1% pro Jahr erkennbar ist), können die Regierungen zu einer Verbesserung des Entscheidungsprozesses beitragen und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen eindämmen. Ist diese Vorhersehbarkeit einmal gegeben, können sich Industrie und Verbraucher entsprechend darauf einstellen. Damit der «freie Markt» funktioniert, müssen die Regierungen die entsprechenden Bedingungen schaffen.

Dieter Imboden ist seit 1988 ordentlicher Professor für Umweltphysik am Departement Umweltwissenschaften der ETH Zürich. Von 1992 bis 1996 leitete er das Departement. Seit 2005 ist er Präsident des Nationalen Forschungsrates des Schweizerischen Nationalfonds (SNF). Von 1998 bis 1999 war er der Leiter von Novatantis, einem interdisziplinären Projekt für nachhaltige Entwicklung im ETH-Bereich, in dessen Rahmen er das Pilotprojekt «2000-Watt-Gesellschaft» initiierte. Er studierte theoretische Physik in Berlin und Basel und promovierte 1971 an der ETH Zürich mit einer Arbeit über theoretische Festkörperphysik.

Kapitel 3

Die wirtschaftlichen Hintergründe des Klimawandels

Autoren:

Kurt E. Reiman, Wealth Management Research

Jennelyn Tanchua, externe Autorin und Forscherin

Die wirtschaftlichen Hintergründe des Klimawandels

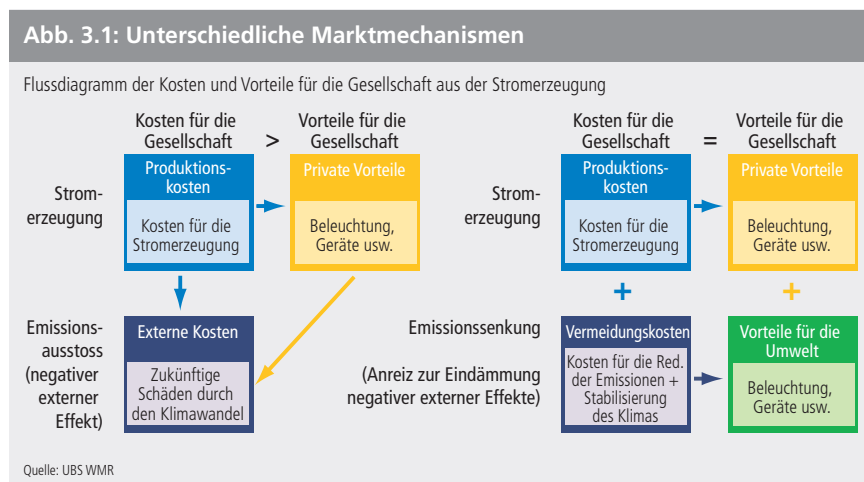
Die Eindämmung des Klimawandels ist mit Kosten verbunden. Nichts zu unternehmen, könnte jedoch noch viel teurer werden.

Das Klima als Wirtschaftsfaktor

Wirtschaftliche Kräfte sind verantwortlich für die enorme Differenz zwischen dem Szenario eines ungebremst zunehmenden Ausstosses von Treibhausgasen und dem Szenario einer Stabilisierung der Konzentrationen. Die moderne Marktwirtschaft kann viel erreichen: sie kann die Spezialisierung fördern, sie kann die Kosten und Preise festlegen, das Unternehmertum unterstützen und natürliche Ressourcen zuweisen. Eines aber kann sie nicht: den Anstieg der Treibhausgasemissionen unter Kontrolle bringen. So berücksichtigen die Transaktionen des freien Markts weder die Kosten, die der Gesellschaft entstünden, wenn schwerwiegende Klimaveränderungen eintreten, noch die Kosten, um die Emissionen zu senken und die Risiken eines Klimawandels einzudämmen. Dazu kommt, dass politische Vorgaben, Strukturen und Institutionen die Marktlage verzerren, indem sie fossile Brennstoffe und ineffiziente Energieformen fördern, was den Ausstoss von Treibhausgasen erhöht.

Wenn die Kosten des Klimawandels nicht in die Marktpreise einberechnet werden, hat der private Sektor keinerlei Anreiz, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Voraussetzungen dafür zu schaffen, ein stabiles Klima zu wahren. Somit unterschätzen die freien Märkte die Kosten, die im Fall drastischer klimatischer Veränderungen auf die Gesellschaft zukämen. Solche Veränderungen werden von zahlreichen Wissenschaftlern erwartet, sofern die Marktkräfte nicht beeinflusst werden.

In der Wirtschaftstheorie sind die Kosten des Klimawandels ein externer Effekt, genauer gesagt, ein «negativer externer Effekt». Ein externer Effekt entsteht immer dann, wenn Handlungen einer Partei Kosten oder Vorteile für eine andere Partei hervorbringen, deren Wert sich nicht im Marktpreis widerspiegelt. Da niemand dafür bezahlen muss, ein stabiles Klima zu bewahren, werden weiterhin Emissionen verursacht, ohne an deren Folgen zu denken. Damit entstehen der Gesellschaft zusätzliche Kosten in Form von Vermögensschäden, die durch Wetter- und Naturkatastrophen verursacht werden, etwa Ernteauffälle wegen Dürren, Infrastrukturerweiterungen und Umsiedlungsmassnahmen (Abb. 3.1). Diese Kosten können sich auch als entgangene Wirtschaftsleistung bemerkbar machen.



Bei einer Fortführung des in Abb. 3.1 gezeigten Beispiels steigen in freien Märkten der Verbrauch und die Stromproduktion ebenso wie der Ausstoss an Treibhausgasen, während die Strompreise tiefer sind als bei gesellschaftlich optimalen Marktmechanismen. Die freien Märkte liefern nur wenig Anreize, um Produktion und Verbrauch von Strom einzuschränken und neue, energieeffiziente Technologien einzusetzen. Dies ist eine Folge der so genannten «Tragik der Allmende» (Box auf Seite 29).

Bemühungen, den Treibhausgasausstoss einzudämmen (durch Einsparungen oder technische Neuerungen), sind nur begrenzt wirksam, solange die Politik nicht gegen die negativen externen Effekte vorgeht und Mechanismen einführt, um die Kosten der Emissionen einzubeziehen. In einem freien Markt überlassen Verbraucher und Produzenten das Problem, den Ausstoss zu senken, anderen und werden selbst nicht aktiv. Wenn sich die Mehrheit so verhält, reichen einzelne Versuche, die Emissionen zu reduzieren, kaum aus.

Regulierte Märkte können dagegen gesellschaftlich optimale Mechanismen hervorbringen. Vermeidungskosten bilden einen Anreiz für die Verbraucher und Produzenten von Strom, die Emissionen zu senken (Abb. 3.1). Vermeidungskosten führen zu höheren Strompreisen, senken den Stromverbrauch und die Stromproduktion und schaffen höhere Anreize für eine verbesserte Energieeffizienz.

Abb. 3.2 zeigt die geschätzten auszugleichenden Kosten für den CO₂-Ausstoss bestimmter Aktivitäten, ausgehend vom derzeitigen Handelspreis für CO₂-Emissionen. Diese Ausgleichskosten sind, grob gesagt, die Kosten für die Senkung der Kohlendioxidkonzentration. Zum Beispiel betragen die geschätzten Kosten für den Ausgleich der Emissionen, die von einem Transatlantikflug verursacht werden, ca. 25 Dollar. Diese Gebühr könnte dazu genutzt werden, Bäume zu pflanzen, die Produktion erneuerbarer Energie zu subventionieren und in energieeffiziente Technologien zu investieren. Die politischen Entscheidungsträger müssen dabei nicht nur Wege finden, wie solche Vermeidungskosten in den Marktpreis einfließen können, sie müssen auch bestimmen, inwieweit dies wirtschaftlich sinnvoll ist. Es gilt, Anreize zur Senkung der Emissionen für Unternehmen und Privatpersonen zu schaffen (siehe Anhang für einen Überblick über die verfügbaren politischen Optionen).

Zusammenführung der beiden Szenarien

Ohne gesetzliche Vorgaben und Anreize zur Änderung des Verhaltens von Verbrauchern und Unternehmen werden die Treibhausgaskonzentrationen weiter zunehmen. Natürlich gibt es bereits vereinzelte Initiativen der Industrie, die versuchen, durch verbesserte Gebäudeeffizienz und niedrigere

Abb. 3.2: Geschätzte Kosten von Kohlendioxidemissionen

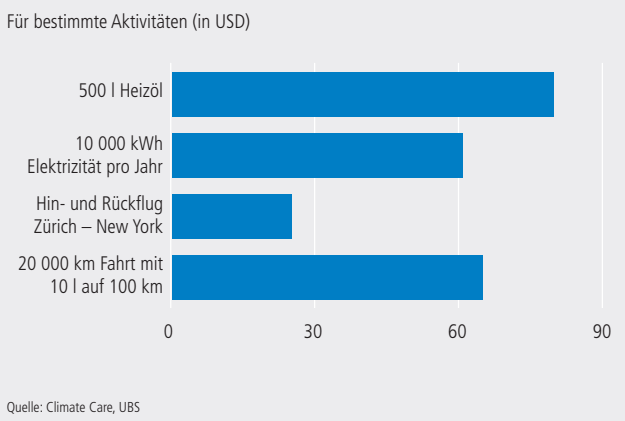
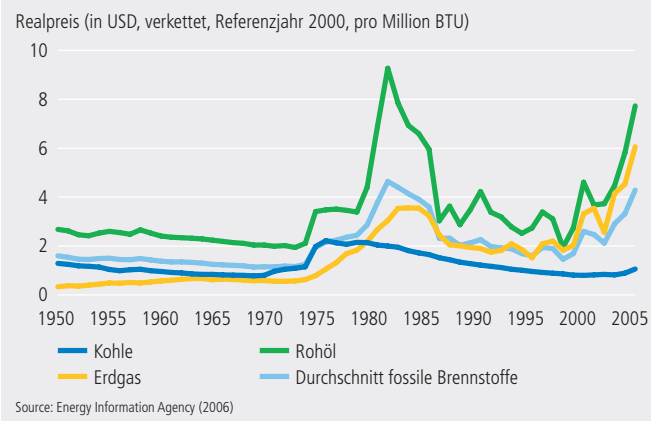


Abb. 3.3: Volatilität der Preise fossiler Brennstoffe



Energieintensität den Ausstoss von Treibhausgasen einzudämmen. Dennoch steht hinter solchen Massnahmen primär das Ziel, Betriebs- und Lebenshaltungskosten zu senken, und nicht das Ziel, externe Kosten einzubeziehen. Hinzu kommt, dass die Energieeffizienz in hohem Masse von den Preisen fossiler Brennstoffe abhängt, die äusserst volatil reagieren und hauptsächlich durch eine erwartete zukünftige Knappheit sowie durch Mechanismen von Angebot und Nachfrage bedingt sind, anstatt die erwarteten Kosten eines Klimawandels zu berücksichtigen (Abb. 3.3). Darüber hinaus wird der Energiebedarf durch eine Vielzahl anderer Faktoren beeinflusst, welche die Erfolge aus Massnahmen zur verbesserten Energieeffizienz hinfällig machen können, wie wir in Kapitel 4 zeigen werden.

Die meisten Einwände gegen politische Massnahmen zur Reduktion der Treibhausgase beruhen auf der Ansicht, dass diese wirtschaftliche Kosten verursachen und die Wettbewerbsfähigkeit mindern. Dies ist durchaus verständlich, da es – wie bereits erwähnt – letztlich eine Kostenfrage ist, die Differenz zwischen dem Szenario ungebremst zunehmender Emissionen und dem Szenario einer Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre aufzuheben. Die Kosten für die Eindämmung sind allerdings nicht die einzigen relevanten Kosten. Man kann auch die Kosten des Klimawandels bestimmen, die eintreten könnten, wenn wir nichts unternehmen. Den Entscheid, heute die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, um spätere Auswirkungen des Klimawandels einzudämmen, hängt davon ab, ob entsprechende Massnahmen heute teurer oder weniger teuer als die Kosten der Folgen des Klimawandels wären. Wenn heute umgesetzte Massnahmen weniger teuer wären, sollten wir folglich sofort handeln.

Bestimmung der Kosten des Klimawandels

Die Vorhersage, wie sich Treibhausgasemissionen auf die weltweiten Temperaturen auswirken, ist erheblich exakter als eine Schätzung der lokalen Folgen für bestimmte Klimavariablen. Ebenso ist es sehr schwierig und komplex, die Folgen des Klimawandels für die Wirtschaft einzuschätzen. Dieses Forschungsgebiet ist recht neu und wirtschaftliche Modelle hängen häufig von einer Vielzahl von Szenarien des klimatischen Wandels ab, die ihrerseits wiederum auf regionaler Ebene sehr unsicher sind (Abb. 3.4).

Die Wirtschaftsliteratur hat die Rolle des Klimas als Faktor für Erträge und Wohlstand bislang weitgehend ignoriert und sich eher auf Aspekte wie Kapital, Arbeit, Technologie und natürliche Ressourcen konzentriert. Da sich in Industrie- und Entwicklungsländern gleichermassen ein breit angelegter Übergang von der Landwirtschaft hin zur verarbeitenden Industrie

Die Tragik der Allmende

Die Überweidung von Gemeindewiesen ist ein klassisches Beispiel einer «Tragik der Allmende». Die Hirten sind stets bestrebt, ihre Herde zu vergrössern, da jedes Tier zusätzliche Einnahmen bedeutet. Die Güte des Weidelands verschlechtert sich jedoch, wenn zu viele Tiere darauf grasen. Da das Weideland jedoch allen offen steht, bringt es für den einzelnen Hirten keinen Vorteil, es zu bewahren. Deshalb kümmert sich niemand um den Erhalt der Weide, bis diese schliesslich überweidet ist. Dieses Phänomen wird als «Tragik der Allmende» bezeichnet und entsteht häufig im Zusammenhang mit der Nutzung gemeinsamer Ressourcen. Ähnlich wie bei öffentlichen Gütern kann niemand von der Nutzung einer gemeinsamen Ressource ausgeschlossen werden. Im Gegensatz zu öffentlichen Gütern sind gemeinsame Ressourcen jedoch teilbar, d.h. der Verbrauch des einen verringert die Menge, die für die anderen verfügbar ist.

Auch die Atmosphäre kann mit einer solchen Allmende verglichen werden. So, wie die unkontrollierte Nutzung der Allmende zu deren Überweidung führt, können uneingeschränkte Treibhausgasemissionen das Klima verändern. Für die Energieerzeuger besteht kaum ein Anreiz, ihre Produktion einzuschränken, um die Treibhausgasemissionen zu senken. Und sollte doch ein Unternehmen seine Energieproduktion senken, um zum Klimaschutz beizutragen, würde sofort ein anderes Unternehmen die entstandene Angebotslücke füllen. Dieses Verhalten sorgt dafür, dass alle Erzeuger ihre Produktion immer weiter steigern, um den Bedarf decken zu können, so dass die hieraus resultierenden Treibhausgasemissionen über das gesellschaftlich optimale Mass hinausgehen. Und so kommt es statt zu einer Überweidung in diesem Fall zu Klimaveränderungen. Dennoch schränkt niemand seinen Energieverbrauch ein – jeder hat nur seine eigenen Bedürfnisse im Blick und nicht das Gemeinwohl.

und Dienstleistungen vollzogen hat, könnte man argumentieren, dass das Wirtschaftswachstum nicht mehr von Veränderungen der Umwelt beeinflusst wird.

Vielleicht als Reaktion auf die wachsende Aufmerksamkeit, die man mittlerweile in politischen Kreisen der Frage des Klimawandels schenkt, versuchen Wirtschaftsexperten nun, die Auswirkungen geografischer und klimatischer Variablen auf Produktivität, Wirtschaftswachstum und Wohlstand abzuschätzen. Mit Daten zur geografischen Verteilung (auf Planquadrate, die durch Längen- und Breitengrade gebildet werden) von Wirtschaftsleistung, Bevölkerungsdichte und weltweiten Umweltbedingungen erstellte Nordhaus (2006) eine Prognose über die wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels und entwarf hierfür zwei Szenarien:

- **Erwärmung ohne Änderung der Niederschlagsmenge:** geht von einer Verdoppelung der Kohlendioxidkonzentrationen und einem Anstieg der weltweiten durchschnittlichen Oberflächentemperaturen aus, der je nach Breitengrad bis zu 3 °C betragen kann.
- **Erwärmung mit Austrocknung von Kontinentalgebieten:** berücksichtigt zusätzlich zu diesen Annahmen eine weitere Variable mit verringerten Niederschlägen über den Landmassen und vermehrte Niederschläge in Küstengebieten.

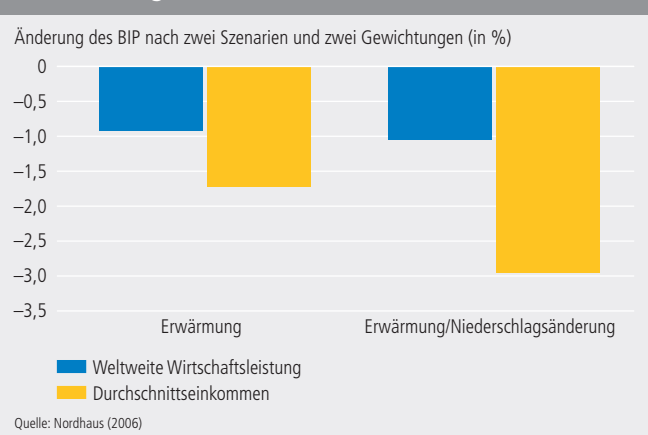
Beide Szenarien zeigen, dass der Klimawandel negative Auswirkungen auf die weltweite Wirtschaftsleistung haben wird. Das zweite Szenario ergibt dabei ein noch negativeres Ergebnis als das erste, da es davon ausgeht, dass veränderte Niederschlagsmuster den Temperaturanstieg noch verstärken (Abb. 3.5). Die Ergebnisse dieser Studie belegen deutlich negativere Auswirkungen als frühere Untersuchungen. Obwohl Tol (2002) zum Schluss kam, dass ein Anstieg der weltweiten durchschnittlichen Oberflächentemperaturen um weniger als 1 °C letztlich positive Auswirkungen auf die Weltwirtschaft hätte, führt ein stärkerer Anstieg dagegen zu negativen Folgen. Wie wir in Kapitel 2 geschildert haben, ergäbe eine unverändert fortgesetzte Energienutzung einen Anstieg um mehr als 3 °C. Einer Studie zum Klimawandel zufolge, die im Auftrag der britischen Regierung durchgeführt wurde, könnten eine Erwärmung um 5 bis 6 °C und die damit verbundenen Risiken schwerwiegender Folgen des Klimawandels das weltweite BIP um 10 % schmälern, wobei den ärmeren Ländern noch höhere Schadenskosten entstünden (Stern, 2006).

Die meisten Modelle zeigen, dass die wirtschaftlichen Folgen von Region zu Region erheblich variieren werden. Tol et al. (2004) zufolge dürften einige Regionen einen Wirtschaftsboom erleben, so z.B. Kanada und Russland, während andere Regionen Nachteile hinnehmen müssen, darunter Äquatorialafrika, Bangladesch und Indien. Insgesamt wird der Klimawandel

Abb. 3.4: Auswirkungen des Treibhausgasausstoßes



Abb. 3.5: Folgen des Klimawandels für die Wirtschaft



aller Voraussicht nach hauptsächlich zulasten der armen Länder gehen, die am wenigsten für die Klimaprobleme können. Mit gravierenden Folgen rechnen die Modelle insbesondere bei der Verfügbarkeit von Wasser und somit für die Landwirtschaft. In den am wenigsten entwickelten Ländern ist die Wasserversorgung meist unzureichend, obgleich gerade dort die Landwirtschaft einen grösseren Anteil an der Wirtschaft hat. Daher dürfte jegliche Beeinträchtigung dieser Grundbedürfnisse in Verbindung mit einer verminderten Anpassungsfähigkeit in den ärmsten Ländern noch grössere Folgen haben. Durch eine entsprechende Anpassungsfähigkeit könnten die Auswirkungen des Klimawandels gemindert werden, doch erfordere dies «komplexe Massnahmen im Hinblick auf Verhalten, Technologien und Institutionen auf allen Ebenen der Gesellschaft, wobei diese Massnahmen nicht für alle Bevölkerungsgruppen gleich gut umsetzbar sind.» (Tol et al., 2001).

Allerdings gilt es stets zu bedenken, dass diese Studien gewissen Einschränkungen unterliegen. So lassen selbst sehr detaillierte und statistisch exakte Modelle, mit denen die Folgen des Klimawandels auf die Wirtschaft vorhergesagt werden, viele Aspekte unberücksichtigt. Ausserdem machen diese Modelle häufig keine Aussagen über die Art und Weise, in der ein extremer Klimawandel sowie die damit verbundenen Veränderungen der Biodiversität, unserer Gesundheit und der Ökosysteme die Wirtschaft beeinflussen. Angesichts der komplexen Abläufe bleibt noch viel Raum für weitere Forschung. Klar ist allerdings schon jetzt, dass bisherige Untersuchungen eher negative Folgen für die Weltwirtschaft erwarten lassen.

Bestimmung der Kosten von Emissionsenkungen

Wie im Anhang geschildert, gibt es zahlreiche Optionen, die Folgen des Klimawandels einzudämmen bzw. sich an diese anzupassen. Um die Treibhausgasemissionen senken zu können, bedarf es internationaler Vereinbarungen, zahlreicher technischer Vorkehrungen und einer Lösung, die kosteneffizient ist und das Wirtschaftswachstum möglichst wenig beeinträchtigt. Die Folge jeder Strategie ist schliesslich, dass sich ein Preis für die Emissionen ergibt.

Ist der Klimawandel möglicherweise gut für das Wirtschaftswachstum?

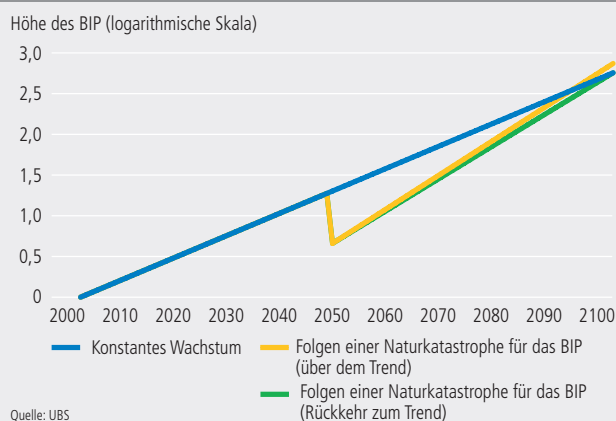
Einige Fachleute argumentieren, dass Naturkatastrophen und die allgemeinen Anpassungsmassnahmen in der Folge eines extremen Klimawandels letztlich sogar positiv für die Wirtschaft sein könnten. Wenn zum Beispiel ein Wirbelsturm eine wichtige Infrastruktur zerstört, kann die unmittelbare Folge ein drastischer Einbruch des Wachstums in der betroffenen Region sein. Langfristig betrachtet kann die Wirtschaft mit dem Neuaufbau jedoch angekurbelt werden. Wenn der Wiederaufbau für eine höhere Produktivität sorgt, kann das Wachstum letzten Endes sogar höher ausfallen als ohne die Katastrophe.

Abb. 3.6 zeigt die Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum in Regionen, die von Naturkatastrophen betroffen sind. Der Neuaufbau erhöht die Wachstumsrate, so dass schliesslich wieder der ursprüngliche Stand erreicht wird. Die gesteigerte Produktivität kann sogar ein höheres Wachstum ermöglichen als zuvor.

Doch auch wenn Klimawandel und Naturkatastrophen die Wachstumsrate vielleicht erhöhen können, bleibt in dieser Argumentation ein entscheidender Punkt unbeachtet: Das Wachstum mag zwar höher sein, es ist jedoch durch die Wiederherstellung verlorenen Wohlstands bedingt. Im Allgemeinen vergrössert das Wirtschaftswachstum jedoch den

Wohlstand. Die Wiederherstellung von Wohlstand nach einer Naturkatastrophe führt allein schon deshalb zu einer höheren Wachstumsrate, weil die Wirtschaft wieder ihren vorherigen Stand zu erreichen versucht. Naturkatastrophen mögen sich also vielleicht positiv auf das Wachstum auswirken, sie sind jedoch Gift für Wohlstand und Gemeinwesen.

Abb. 3.6: Naturkatastrophen und das BIP



Standards und Steuern zielen zwar direkt auf die Verursacher der Emissionen ab, tragen jedoch nicht immer dazu bei, den allgemeinen Ausstoss zu senken. Zudem sind Standards keine sehr kosteneffiziente Option, Emissionen zu senken, da sie von allen Beteiligten die Durchführung der gleichen Massnahmen fordern, ohne die individuellen Kosten für die Einhaltung der Standards zu berücksichtigen. Der Handel mit Emissionsrechten ist dagegen eine äusserst kosteneffiziente Option, die sich bei der Reduktion von Emissionen einer überschaubaren Anzahl grosser Verursacher bereits als sehr wirksam erwiesen hat. Ein solcher Handel setzt allerdings voraus, dass die politische Führung zunächst sinnvolle Emissionsgrenzen festlegt und dann die Rechte zuweist – dies erfordert viele Kompromisse. Diese Methode ist ausserdem weniger effektiv, wenn es darum geht, den Ausstoss kleinerer Verursacher, wie beispielsweise von Fahrzeugen und Gebäuden, zu reduzieren.

Alle Ansätze, Treibhausgasemissionen zu senken, erfordern in jedem Fall aber eine solide Grundlage weltweiter gesetzlicher Vorgaben. Ohne eine solche Grundlage sind nennenswerte Senkungen des Ausstosses eher unwahrscheinlich, da das Problem der negativen externen Effekte nicht angegangen wird. Hinzu kommt, dass Industrieunternehmen vermutlich ihre Standorte in Gebiete mit weniger strengen gesetzlichen Vorgaben verlegen würden, was das Problem der ungleichen Verteilung sowie die Tragik der Allmende noch verschlimmern würde.

Die im Oktober 2006 veröffentlichte, umfassende Studie der britischen Regierung liefert verschiedene Schätzungen der Kosten für die Eindämmung des Treibhausgasausstosses aus dem Verbrauch fossiler Brennstoffe. Die Kostenschätzungen sind abhängig von der technischen Entwicklung, der Zunahme des Energiebedarfs, den Kosten für das Auffangen und Einlagern von CO₂ und den Preisen für fossile Brennstoffe. Gemäss der Studie bringt eine Reduktion der Treibhausgaskonzentration auf 550 ppm jährliche Kosten von –1,0% (positiver Nettonutzen) bis 3,3% des BIP mit sich (Abb. 3.7). Die mittlere Trendprognose ergibt einen Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Kosten auf ca. 1 Billion Dollar im Jahr 2050 bzw. knapp unter 1,0% des Jahres-BIP. Im Kontext betrachtet, würden diese 1,0% bei einem jährlichen Wachstum der Weltwirtschaft um 2,5 % bis 2100 das Gesamtwachstum über diesen Zeitraum um ein Hundertstel von 1% mindern (d.h. ein Wachstumsrückgang von 2,5% auf 2,49%). Strengere und weniger flexibel angelegte Zielvorgaben für die Emissions-senkung könnten potenziell höhere Kosten mit sich bringen.

Abb. 3.7: Kosten einer Senkung der Emissionen

In % des weltweiten BIP, positive Zahlen sind Kosten, negative sind Gewinne

	2015	2025	2050
Mittlerer Verlauf	0,3	0,7	1,0
Pessimistischer Technologieverlauf	0,4	0,9	3,3
Optimistischer Technologieverlauf	0,2	0,2	-1,0
Niedrige künftige Öl- und Gaspreise	0,4	1,1	2,4
Hohe künftige Öl- und Gaspreise	0,2	0,5	0,2
Hohe Kosten für das Auffangen und Einlagern von CO ₂	0,3	0,8	1,9
Geringeres Wachstum des Energiebedarfs	0,3	0,5	0,7
Höheres Wachstum des Energiebedarfs	0,3	0,6	1,0

Hinweis: Das weltweite BIP wurde auf 35 Billionen USD geschätzt. Es wird eine jährliche Wachstumsrate von 2,5% angenommen, also 110 Billionen USD im Jahr 2050.

Quelle: Stern (2006)

Stabilisierung der Treibhausgasemissionen auf 550 ppm.

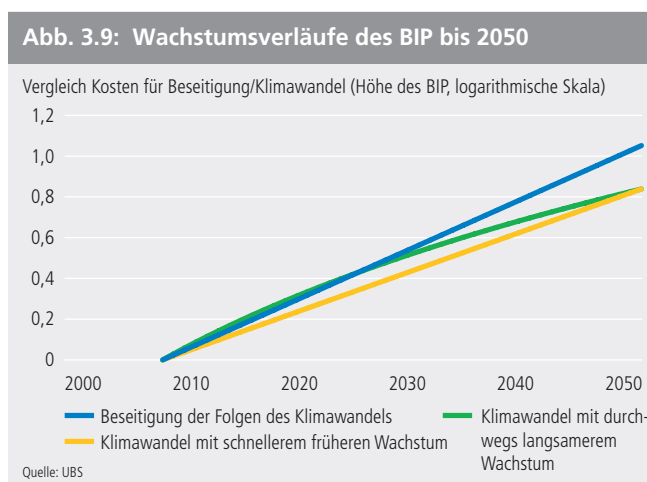
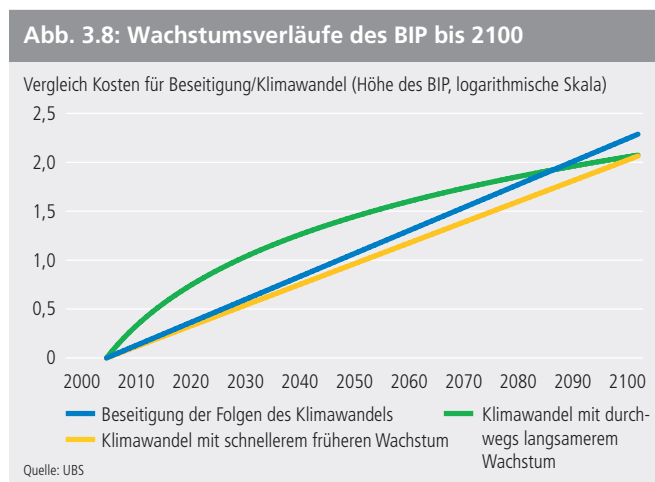
Kosten des Klimawandels und Kosten der Beseitigung

Wenn man davon ausgeht, dass die Kosten des Klimawandels in zweistelliger Höhe liegen (ausgedrückt als Rückgang des weltweiten BIP in Prozenten), während die Kosten für die Eindämmung des Klimawandels im niedrigen einstelligen Bereich liegen, scheint es auf den ersten Blick klar, dass Massnahmen zur Eindämmung günstiger sind als einfach abzuwarten, bis der Klimawandel eintritt. Allerdings ist ein solcher Kostenvergleich nicht ganz so einfach. Denn neben den verfahrensbedingten Unsicherheiten im Zusammenhang mit den Kostenschätzungen kann der Verlauf des BIP-Wachstums erheblichen Einfluss darauf haben, welche Kosten letztendlich höher sind. Um also zu bestimmen, welcher Weg teurer ist, müsste man den derzeitigen Wert aller möglichen Zukunftsszenarien für das BIP berechnen.

Abb. 3.9 zeigt drei mögliche Wachstumsverläufe für das BIP, jeweils ausgehend von bestimmten Annahmen über die Kosten des Klimawandels.

1. Das erste Szenario geht davon aus, dass die Beseitigung der Folgen des Klimawandels das BIP um rund 1% reduziert (verglichen mit einer konstanten jährlichen Wachstumsrate von 2,5%). Dieses Szenario erfasst im Wesentlichen die Kosten für einen Abbau der Treibhausgasemissionen.
2. Das Szenario «Klimawandel mit schnellerem früheren Wachstum» geht davon aus, dass ein schwerwiegender Klimawandel das BIP am Ende des Jahrhunderts um 20% verringert. Die negativen Folgen schwerwiegender Klimaereignisse wirken sich also erst später aus. Zuvor ist das Wachstum höher als im ersten Szenario.
3. Das Szenario «Klimawandel mit durchwegs langsamerem Wachstum» geht ebenfalls davon aus, dass ein schwerwiegender Klimawandel das BIP Ende des Jahrhunderts um 20% vermindert. Allerdings steigt das BIP in diesem Szenario konstant.

Wie Abb. 3.8 zeigt, liegt das BIP im ersten Szenario absolut am höchsten. Am tiefsten liegt es in den beiden Klimawandelsszenarien. Wichtig für die Bemessung der Kosten des Klimawandels ist jedoch nicht der absolute Stand des BIP im Jahr 2100, sondern der Gegenwartswert des zukünftigen BIP. Das Szenario «Klimawandel mit schnellerem früheren Wachstum» hat wegen den höheren kurzfristigen Wachstumsraten den höchsten Gegenwartswert. Das Szenario «Klimawandel mit durchwegs langsamerem Wachstum» hat den tiefsten Gegenwartswert, weil auch die Wachstumsraten während der ganzen Zeitspanne tiefer sind. Auch wenn die gleichen drei Szenarien auf einen wesentlich kürzeren Zeitraum angewendet werden, etwa zwischen heute und 2050, liegt der Wachstumsverlauf beim Beseitigungs-Szenario am höchsten. Die beiden Klimawandelsszenarien wirken sich auch dann am wenigsten positiv auf die Wirtschaft aus (Abb. 3.9).



Zusammenfassung der wirtschaftlichen Hintergründe des Klimawandels

Der Klimawandel dürfte über einen langen Zeitraum hinweg auftreten. Was genau passieren wird, ist kaum vorhersehbar, deshalb ist es auch schwer zu sagen, ob die Beseitigung der Treibhausgasemissionen letztlich weniger kosten wird als die Folgen des Klimawandels. Grundsätzlich scheint der Preis für die Eindämmung des Klimawandels zwar niedriger auszufallen als die Kosten für den schlimmsten anzunehmenden Fall, insgesamt hängt der Verlauf aber von einer Vielzahl von Variablen und Annahmen ab.

Allerdings kaufen die Menschen auch Versicherungen für ihr Leben, ihre Gesundheit und ihr Vermögen, ohne die zukünftigen Risiken genau zu kennen. Weiter heben sie Geld auf für später, ohne zu wissen, wie lange sie überhaupt leben werden. Die Staaten wiederum pumpen grosse Summen in ihre nationale Verteidigung, obwohl sie nicht wissen, wie die exakte Bedrohung ihrer strategischen Interessen genau aussehen könnte.

Der Klimawandel hat das Potenzial, die Wirtschaftsleistung drastisch zu vermindern und die Infrastrukturen, das Humankapital und das physische Kapital zu schädigen – was Folgen hätte für den Wohlstand und das Gemeinwohl. Mehr und mehr gerechtfertigt ist deshalb eine entsprechende Versicherung – in Form von Ausgaben zur Eindämmung des Klimawandels, gerade wenn man die möglichen Kosten betrachtet, falls wir nicht handeln.



Wie heutige Technologien die Treibhausgase reduzieren können

Amory B. Lovins
Chief Executive Officer
Rocky Mountain Institute
Snowmass, Colorado, United States

Welche Bereiche der technischen Entwicklung haben oberste Priorität, um die Treibhausgasemissionen zu senken? Welche Technologien müssen an erster Stelle stehen?

Sie scheinen sich sehr für Zukunftstechnologien zu interessieren, die das Problem des Klimawandels lösen sollen. Das steht für mich aber eigentlich nicht im Mittelpunkt. Die Technologien, die heute auf dem Markt sind, bieten bereits alles, was wir brauchen – und mehr –, um die Treibhausgasemissionen drastisch zu reduzieren. Die Verbesserung der Effizienz beim Endverbrauch ist dabei der entscheidende Schritt zur Schaffung eines klimaschonenden Energiesystems. Doch auch die Umstellung auf kohlenstoffarme Brennstoffe spielt eine wichtige Rolle.

Können Sie ausführen, welches die Schlüsselbereiche für die Verbesserung der Energieeffizienz und die Umstellung auf andere Brennstoffe sind?

Handlungsspielraum besteht vor allem in den Bereichen Verkehr und Strom. Obwohl der Verkehr generell als der am schwierigsten zu bewältigende Teil des Klimaproblems angesehen wird, was auch auf das immense Wachstum des Verkehrsaufkommens in den Schwellenländern zurückzuführen ist, bietet der Transportsektor viele Verbesserungsmöglichkeiten. Es gibt ein riesiges Potenzial, die Kraftstoffeffizienz durch physikalische Massnahmen zu verbessern, etwa durch Reduzierung des Luftwiderstandes oder Gewichtseinsparungen durch ultraleichte und ultrastabile Materialien wie Kohlefaserverbundstoffe. Darüber hinaus könnten ultraleichte Autos den Übergang zum Hybrid- und Elektroauto und letztlich zum Wasserstoff-Auto beschleunigen, das gar kein Öl mehr verbraucht. Eine durchdachte Kombination von leichten Werkstoffen und Innovationen beim Antrieb und der Aerodynamik könnte den Ölverbrauch von Autos, Lastwagen und Flugzeugen um zwei Drittel senken.

Sind diese Effizienzgewinne ohne Nachteile bei Fahrkomfort und Kosten möglich?

Unsere Konzepte machen keine Abstriche bei Komfort, Raumangebot, Beschleunigung, Akustik oder Design und erhöhen erst noch die Sicherheit. Zudem sind sie nicht teurer. Die Vorstellung, je leichter, desto teurer ist falsch. Ganz im Gegenteil: Das geringere Gewicht gibt es eigentlich umsonst, da die Verwendung von Kohlefaserverbundstoffen die Produktion stark vereinfacht und das Antriebssystem zwei bis drei Mal kleiner sein kann. So werden die höheren Materialkosten ausgeglichen. Autos aus Verbundwerkstoffen brauchen zum Beispiel keine Karosseriewerkstatt oder Lackiererei. Ausserdem ist es wenig sinnvoll, einen Kostenvergleich zwischen 1 kg Stahl und 1 kg Kohlefaser anzustellen und aus diesem zu folgern, dass Kohlefasern teurer sind. Bei den Kohlefasern braucht man

viel weniger Material. Und obwohl der Werkstoff zurzeit noch mehr kostet, macht er sich bereits mehr als bezahlt, weil etwa 99% weniger Einrichtungskosten anfallen und die Montage preiswerter ist, da Karosseriebau und Lackiererei entfallen und das Antriebssystem kleiner ausfällt.

Sie erwähnten mögliche Effizienzgewinne beim Strom. Was liegt hier drin?

Beim Strom gibt es zwei zentrale Bereiche, in denen wirklich gespart werden kann. Einerseits gibt es ein grosses Potenzial, die Energieeffizienz beim Verbrauch von Strom zu verbessern. Andererseits müssen wir den Wirkungsgrad und die Kohlenstoffintensität bei der Erzeugung optimieren.

Das Potenzial beim Endverbrauch ist riesig. Mindestens 40–60% des Stromverbrauchs könnten mit Effizienzmassnahmen in allen Bereichen eingespart werden; dazu gehören Industrie, Gebäude, Haushalts- und Elektronikgeräte. Detaillierte Berechnungen ergeben sogar noch grössere Einsparungen von ca. 75–80%, wobei die durchschnittlichen Kosten niedriger sind als nur schon die Betriebskosten bestehender Kohle- oder Kernkraftwerke.

Was die Stromproduktion betrifft, so bestehen die Hauptstrategien in einer besseren Effizienz bei der Erzeugung und in der Umstellung auf kohlenstoffärmere Brennstoffe. Zwei Drittel der Energie gehen im Kraftwerk verloren, weitere 7–9% bei der Übertragung und Verteilung. In diesem Zusammenhang kann eine dezentralisierte Energieversorgung bei der Reduzierung dieser Ineffizienzen eine ganz wichtige Rolle spielen. Ich möchte betonen, dass eine solche «Mikroenergie-Revolution» bereits im Gange ist. Mikroenergie ist die dezentralisierte Energieerzeugung durch erneuerbare Energiequellen wie Wind, Erdwärme, Kleinwasserkraft, Solaranlagen/Photovoltaik und Biotreibstoffe sowie die auf fossilen Brennstoffen basierende Kraft-Wärme-Kopplung. Nicht vielen Menschen ist bewusst, dass diese kleinen – und angeblich teuren – Systeme bereits mehr Leistung und Kapazität liefern als die Kernkraft. Weltweit produzierte die Mikroenergie 2005 ein Sechstel des Stroms und ein Drittel der neu hinzugekommenen Elektrizität; sie fügte viermal so viel Strom und elfmal so viel Kapazität zur bestehenden Leistung hinzu wie die Kernkraft. Für dieses Wachstum gibt es gute Gründe: Die Kosten und finanziellen Risiken sind bei der Mikroenergie viel niedriger als bei Kernkraft- oder anderen zentralen Wärmekraftwerken. So wird verständlich, warum die Mikroenergie zu einem grossen Teil aus privatem Wagniskapital finanziert wird, während sich kein neues Kernkraftprojekt auf diese Weise finanziert: Diese werden ausschliesslich im Rahmen zentraler Planungen gekauft.

Kritiker meinen, dass die Grundlast aufgrund der Schwankungen bei den erneuerbaren Energien mit diesen nicht zu decken sei, weshalb man verlässliche Quellen wie die Kernkraft brauche.

Das stimmt nicht. Man kann die Schwankungen meistern. Die Schwankungen bei den erneuerbaren Energien sind niedriger als die Schwankungen beim Bedarf. Ferner ist zu bedenken, dass man bei über hunderte Kilometer verstreuten verschiedenen erneuerbaren Energiequellen, die auf unterschiedlichen Technologien beruhen, mit Hilfe ordentlicher Wettervorhersagen die Schwankungen in den Griff bekommen kann. Zum Beispiel arbeiten Windenergie und Sonnenenergie besonders gut zusammen, da die Bedingungen, die für Windenergie ungünstig sind – also ruhiges und sonniges Wetter –, für Sonnenenergie günstig sind und umgekehrt. In der richtigen Kombination sind Wind- und Solaranlagen tatsächlich zuverlässiger als konventionelle Kraftwerke. Sie dürfen nicht vergessen, dass auch 5–8% der Kernkraftwerke zu jedem gegebenen Zeitpunkt nicht arbeiten und oft unvorhergesehen ausfallen, was ihre Leistung über lange Zeiträume stark mindert. Deshalb werden diese Schwankungen über die Energieversorger aufgefangen, die mit einem gewissen Sicherheitspielraum arbeiten. Die meisten nationalen Versorgungsnetze haben sich ohnehin bereits mehr Zusatzkapazität gesichert als sie brauchen, um Unterbrechungen der grossen Kraftwerke zu verkraften. Somit sind sie in der Lage, auch Schwankungen grosser Anteile an erneuerbaren Energien wie Wind- und Solarenergie zu meistern.

Wenn Energieeffizienz über ein so grosses Potenzial verfügt, warum streben dann nicht alle dieses Ziel an?

Ein Hindernis ist, dass viele Menschen Effizienz – das heisst, mehr mit weniger zu erreichen – mit Einschränkungen, Unannehmlichkeiten oder Verzicht verwechseln. Ein weiteres Hindernis ist, dass Energieverbraucher sich nicht bewusst sind, wie viel Nutzen sie selbst und die Gesellschaft als Ganzes aus einer Effizienzverbesserung ziehen können, denn die eingesparte Energie setzt sich aus Millionen fast unsichtbaren kleinen Einheiten zusammen und nicht aus riesigen Volumina. Es gibt etwa 60 bis 80 spezifische Hindernisse (Fälle von Marktversagen) für den Kauf von Energieeffizienz. Jedes einzelne davon kann blockieren, jedes einzelne kann aber auch in eine Geschäftschance umgewandelt werden.

Durch die Unterstellung, dass der Klimaschutz hohe Kosten verursache, hat die Klimadebatte leider eine falsche Richtung genommen. Denn eigentlich trifft das Gegenteil zu. Klimaschutz kann Geld sparen, denn Energieeffizienz kostet weniger als der Brennstoff, der durch sie eingespart wird. Interessanterweise sprechen 100% der Fachleute, die mit Energieeffizienzmassnahmen zu tun haben, über Profite, während 100% der Politiker nur die Kosten sehen. Tatsache ist, dass ein effizienterer Energieverbrauch wirtschaftliche Vorteile bietet, und zwar nicht nur, weil die globale Erwärmung gebremst wird, sondern auch, weil es viel billiger ist, fossile Brennstoffe einzusparen als sie zu kaufen. Vermeidbare Energieverschwendung kostet die Weltwirtschaft mehr als 1 Billion Dollar pro Jahr. Effizienzverbesserungen, mit denen man ein Fass Öl einsparen kann, kosten zum Beispiel nur 12 Dollar, also etwa ein Fünftel dessen, was ein Fass derzeit kostet. Um noch ein Beispiel zu nennen: Eine Kilowattstunde aus einem neuen

Kernkraftwerk kostet mindestens dreimal – oft auch zehnmal – so viel wie die Effizienzmassnahmen zur Einsparung einer Kilowattstunde. Daher würde jeder für Effizienz ausgegebene Dollar etwa drei- bis zehnmal so viel Kohle ersetzen (und somit CO₂-Emissionen vermeiden) wie ein für Kernkraft ausgegebener Dollar. Die Effizienzverbesserungen könnten ausserdem sehr schnell umgesetzt werden, wogegen der Bau eines Reaktors sehr lange dauert. Da die Kernkraft pro Dollar und Jahr viel weniger zur Lösung der Klimakrise beiträgt als andere Energieformen, verschlimmert sie den Klimawandel eher noch.

Was wäre der beste politische Rahmen, damit existierende Technologien das Problem des Klimawandels lösen können?

Mehr Steuern und Subventionen sind jedenfalls keine Lösung. Besser wäre der Rahmen einer echten freien Marktwirtschaft, da diese automatisch zu einer effizienten Nutzung unserer Ressourcen führen würde. Dies würde allerdings das Gegenteil unserer derzeitigen Politik bedeuten, die dazu neigt, die teuersten Optionen mit der mächtigsten politischen Lobby zu bevorzugen.

Können Sie für die die Stromerzeugung und den Verkehr konkrete Vorschläge machen?

Bei den Energieversorgern ist eines der Haupthindernisse, dass diese fast immer belohnt werden, wenn sie mehr Energie verkaufen, und bestraft, wenn sie die Rechnungen ihrer Kunden senken. Glücklicherweise ist dieses Problem leicht zu beheben: Gesetzliche Vorgaben könnten die Vergünstigungen so gestalten, dass die Profite vom Energieabsatz abgekoppelt werden und Energieversorger einen Teil der Einsparungen aus der Senkung der Stromrechnungen für sich behalten können.

Bei den Autos sehe ich die so genannten «Feebates» als die wirksamste Antwort von Seiten der Politik: Diese sind viel schlagkräftiger und effizienter als Mineralölsteuern. Das Feebate-System sieht vor, dass für ineffiziente neue Autos eine Gebühr («fee») gezahlt werden muss und diese Einnahmen dann als Rabatt («rebate») an die Käufer effizienter Modelle fließen. Geschieht dies separat für jede Fahrzeugklasse, um grössere Modelle nicht zu benachteiligen, können Feebates die Wahlmöglichkeiten der Kunden erweitern, statt sie einzuschränken. Feebates würden auch Innovationen fördern, den Kunden Geld sparen und die Gewinne der Autohersteller steigern.

Amory Lovins, MacArthur-Fellow und beratender Physiker, berät seit fast drei Jahrzehnten den Energiesektor und andere Branchen sowie die US-Ministerien für Energie und Verteidigung. Seine in 29 Büchern und Hunderten von Abhandlungen veröffentlichten Arbeiten in über 50 Ländern wurden mit dem «Alternativen Nobelpreis», diversen anderen Auszeichnungen und neun Ehrendokortiteln geehrt. Er berät Unternehmen und Regierungen auf der ganzen Welt. Ausserdem ist er Mitgründer und Leiter des Rocky Mountain Institute, eines unabhängigen und marktorientiert agierenden gemeinnützigen Forschungszentrums.

Kapitel 4

Quellen des Ausstosses von Treibhausgasen

Autoren:

Jeremy Baker, Wealth Management Research

Agathe Bolli, Global Asset Management

Gianreto Gamboni, Global Asset Management

Rolf Ganter, Wealth Management Research

Rudolf Leemann, Wealth Management Research

Kurt E. Reiman, Wealth Management Research

Jan Scherer, Global Asset Management

Carsten Schluffer, Wealth Management Research

Inge Schumacher, Global Asset Management

Gerhard Wagner, Global Asset Management

Laura Würtenberger, Global Asset Management

Quellen des Ausstosses von Treibhausgasen

Obwohl es zahlreiche Möglichkeiten gibt, Treibhausgasemissionen zu senken, ist eine sofortige deutliche Reduktion unwahrscheinlich.

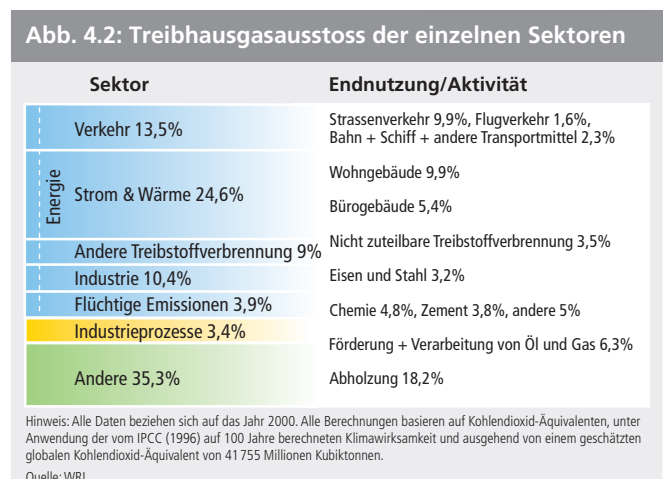
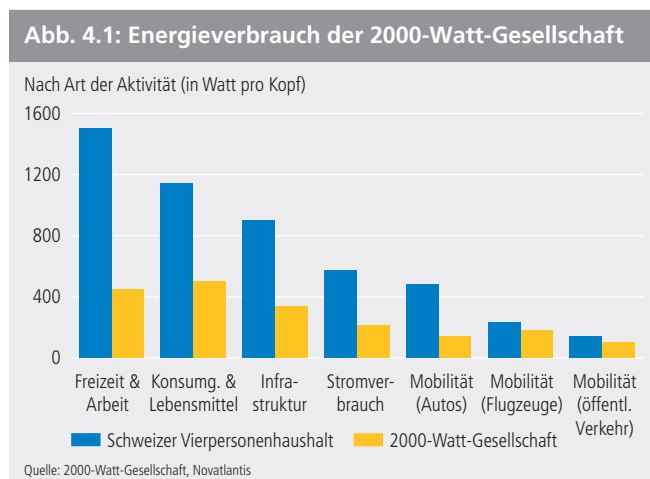
Ein praktischer Ansatz

Heute gibt es viele Lösungen, die Emissionen zu senken, ohne grundlegende Veränderungen im Verhalten und in der Gesellschaft geht es allerdings nicht (Abb. 4.1). Bei Gebäuden und beim Stromverbrauch ist das Energiesparpotenzial besonders gross. So beträgt der höchste Standard für Energieeffizienz für ein Haus in der Schweiz 350 bis 500 Watt pro Person, im Vergleich zum derzeitigen Durchschnitt von 1400 Watt. Die Energieeffizienz lässt sich auch bei der Beleuchtung, die ca. 20% des Energieverbrauchs ausmacht, ganz einfach verbessern: Moderne Anwendungen wie Leuchtdioden (LED) erzeugen erheblich mehr sichtbares Licht pro Watt als eine herkömmliche Glühbirne.

In den folgenden vier Unterkapiteln beschreiben wir die Möglichkeiten zur Senkung der Treibhausgasemissionen. Die Analyse unterteilt sich in die Bereiche Energieversorgung (die Seite der Energieerzeuger), Gebäude, Verkehr und Industrieprozesse (die Seite der Energieverbraucher). Die Ziele dieses Kapitels lauten wie folgt:

1. Darstellung der prognostizierten Treibhausgasemissionen für die genannten vier primären Bereiche bei unverändert steigendem Verbrauch;
2. Zeigen, wie die Risiken eines Klimawandels durch Reduktion der Emissionen eingedämmt werden können;
3. Evaluierung politischer Optionen und regulatorischer Risiken; und
4. Schlussfolgerung über den Verlauf der Treibhausgasemissionen, wobei wir zeigen, in welchen Gebieten Senkungen der Emissionen wahrscheinlich und wo sie unwahrscheinlich sind.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Erörterung liegt auf den Möglichkeiten jedes Einzelnen, im eigenen Umfeld Veränderungen umzusetzen und somit weniger Emissionen zu verursachen. Die entsprechenden Konsequenzen für das Anlageverhalten werden in Kapitel 5 erläutert.

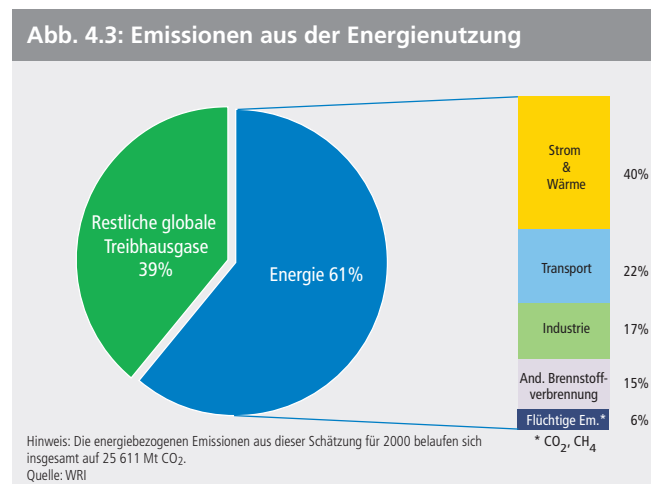


Energieversorgung

Ein ineffizientes System

Die weltweite Energieversorgung verursacht 61 % der Treibhausgasmissionen (Abb. 4.3). Dies liegt daran, dass ca. 80 % der Primärenergieversorgung aus den drei wichtigsten fossilen Brennstoffen Kohle, Öl und Erdgas gewonnen werden. Hinzu kommt die hochgradig ineffiziente Infrastruktur. Offiziellen amerikanischen Statistiken zufolge gehen mehr als 60 % der erzeugten Energie verloren, bevor diese überhaupt beim Endverbraucher ankommt. Auch der Abbau, die Förderung und die Weiterverarbeitung verbrauchen eine enorme Energiemenge. Diese Aktivitäten sowie das Abfackeln und Ablassen von Erdgas tragen ca. 7,7 % zum weltweiten Treibhausgasausstoß bei.

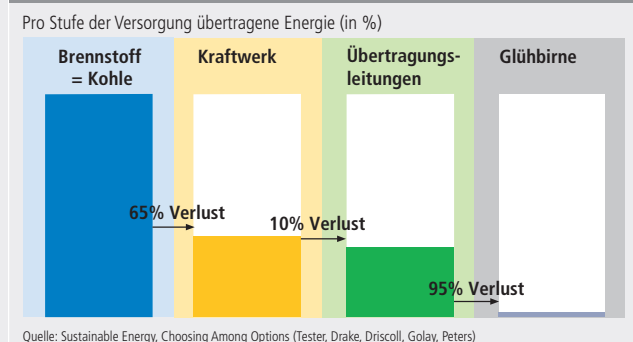
Eine stärkere Ausrichtung auf Erdgas, erneuerbare Energien und Kernkraft (weg von Kohle und Öl) kann die Kohlenstoffintensität der genutzten Energie reduzieren. Die Energieversorger können ausserdem den Anstieg der Emissionen bremsen, indem sie die Erzeugung und Übertragung effizienter gestalten, die Emissionen bei der Förderung und der Verarbeitung senken sowie Verfahren zur CO₂-Abscheidung weiterentwickeln. Während die Emissionen aus der Förderung und Verarbeitung fossiler Brennstoffe zunehmen, je knapper die Reserven werden, senkt ein reduziertes Abfackeln von Erdgas die Emissionen. Wir werden bei unserer Erörterung der verschiedenen Energieversorgungsbranchen auf alle diese Aspekte im Einzelnen eingehen.



Ineffizienz der Stromversorgung

Das Potenzial für eine verbesserte Energieeffizienz bei der Stromerzeugung wird anhand des folgenden gängigen Prozesses deutlich: die Umwandlung der chemischen Energie von Kohle in das Licht einer Glühbirne (Abb. 4.4). Herkömmliche Versorgungsunternehmen, die Energie aus fossilen Brennstoffen gewinnen, wandeln nur wenig mehr als ein Drittel der aufgewendeten Energie tatsächlich in Elektrizität um. Der Grossteil geht als Wärme verloren. Ein zentralisiertes Stromversorgungssystem mit langen Übertragungsleitungen zwischen Erzeuger und Verbraucher kostet weitere 10 %. Vom Strom, der schliesslich beim Verbraucher ankommt, wandelt eine Glühbirne nur gerade 5 % in sichtbares Licht um. Die restlichen 95 % werden als Wärme abgestrahlt. Insgesamt liegt der tatsächlich zur Erzeugung von sichtbarem Licht eingesetzte Energieanteil bei gerade mal 1,6 %.

Abb. 4.4: Ineffizienz entlang der Stromversorgungskette



Stromerzeugung

Grösstes Potenzial für Emissionssenkungen

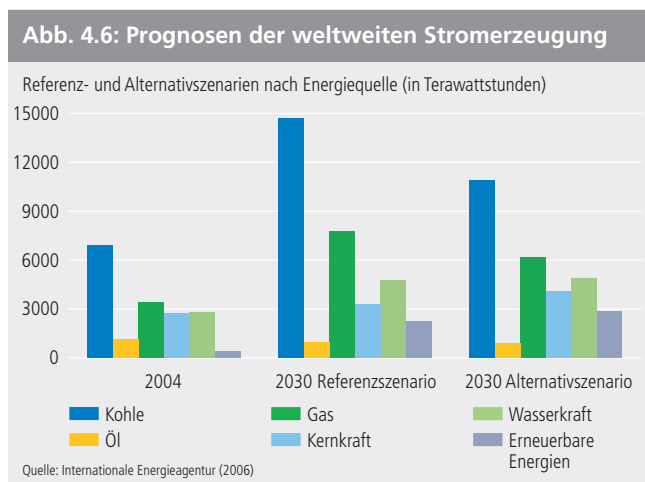
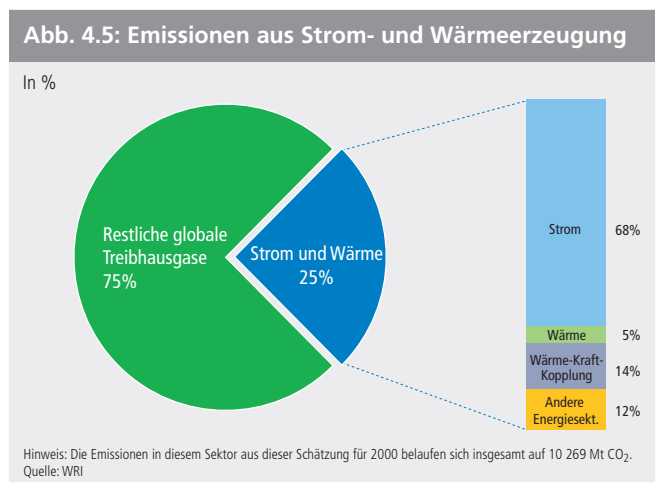
Da sie vorwiegend auf fossilen Brennstoffen basiert, verursacht die Produktion von Strom und Wärme ca. 25% der weltweiten Treibhausgasemissionen (Abb. 4.5). Kohle ist die Ressource, die am meisten zur Stromerzeugung genutzt wird, gefolgt von Erdgas, Kernkraft und Wasserkraft zu ungefähr gleichen Teilen (Abb. 4.6).

Ausgehend von einem Szenario eines unverändert zunehmenden Energiebedarfs geht die Internationale Energieagentur (IEA) von einer Verdoppelung der Stromproduktion zwischen 2004 und 2030 aus, wobei deren Anteil am Gesamtenergieverbrauch von 16 auf 20% steigen dürfte. Bei den Energiequellen, die zur Stromproduktion eingesetzt werden, sehen die Prognosen wie folgt aus:

- Kohle wird voraussichtlich weiterhin den grössten Anteil an der Stromerzeugung haben.
- Erdgas dürfte in vielen Regionen mehr genutzt werden, weil es besser verfügbar ist und sauber verbrennt. Sein Anteil an der Stromerzeugung dürfte von 21% 2004 auf 23% 2030 zunehmen.
- Der Anteil der Kernkraft wird zurückgehen (Box auf Seite 44). Kapazitätserweiterungen in den Entwicklungs- und Schwellenländern gleichen die sinkende Kapazität in den OECD-Ländern ungefähr aus. In vielen Ländern werden nur wenige neue Kernkraftwerke gebaut werden, wenn kein politischer Richtungswechsel erfolgt.
- Der Beitrag der Wasserkraft dürfte im kommenden Vierteljahrhundert weitgehend unverändert bleiben.
- Erneuerbare Energiequellen, die absolut gesehen in den 90er Jahren einen erheblichen Zuwachs verzeichneten, werden voraussichtlich bis 2030 ihren Anteil versechsfachen. Ihr Anteil an der Stromerzeugung in den OECD-Ländern wird bis 2030 vermutlich auf 7% steigen.

Der weltweite Energieverbrauch dürfte in den kommenden Jahrzehnten weiter zunehmen, und fossile Brennstoffe werden dabei verstärkt eingesetzt werden. Ohne CO₂-Abscheidung werden die Treibhausgaskonzentrationen daher weiter ansteigen. Die erwartete Zunahme bei den erneuerbaren Brennstoffen und bei Brennstoffen mit geringem Kohlenstoffanteil wird angesichts des wachsenden Strombedarfs nicht ausreichen, um den Anstieg der Treibhausgasemissionen zu verlangsamen. Um diesen Anstieg also zumindest unter Kontrolle zu halten, werden die Versorger

- die Energieeffizienz bei Erzeugung, Verteilung und Nutzung steigern müssen



- stärker auf weniger kohlestoffintensive Brennstoffquellen wie z. B. Erdgas ausweichen, und
- den Anteil erneuerbarer Energiequellen deutlich erhöhen sowie Fortschritte bei der Technik und Effizienz auf diesem Gebiet erzielen müssen.

Verbesserter Wirkungsgrad bei der Erzeugung. Die heutigen Kohlekraftwerke erreichen einen Wirkungsgrad von knapp über 30%. Es gibt bereits Verfahren, mit denen die Kraftwerke entweder ihre Abwärme an Unternehmen, Einrichtungen und Siedlungen in der Umgebung abgeben oder mit denen sie diese in einem nachgeschalteten Stromerzeugungsprozess in Form von Dampf einsetzen können (d. h. Kraft-Wärme-Kopplung). Die Erforschung und Entwicklung moderner Vergasungsverfahren zielt auf einen Wirkungsgrad von 60% bis 2015 ab.

Dezentralisierte Versorgung. Fossile Brennstoffe werden in grossen, zentralisierten Kraftwerken in Strom umgewandelt. Der Strom wird über lange Versorgungsleitungen transportiert. Dabei geht einerseits rund 10% der Energie verloren, gleichzeitig schränkt dieses System auch die Nutzung der Abwärme des Kraftwerks ein. Kraftwerke hingegen, die auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten, sind auch in einem zunehmend dezentralisierten Stromerzeugungssystem einsetzbar. Die Distanzen für die Wärmeübertragung sind kürzer, die Kraftwerke sind näher bei den Endverbrauchern, und die Verluste beim Stromtransport sind kleiner.

Veränderter Energiemix. Eine Möglichkeit, die CO₂-Intensität der Stromproduktion zu senken, wäre der Ersatz der Kohlekraftwerke mit Gas- und Dampfturbinenkraftwerken. Diese verursachen weniger Kohlendioxidemissionen und ihr Wirkungsgrad ist höher. Deshalb dürfte Erdgas für die Stromerzeugung immer wichtiger werden. Der Wechsel von Kohle auf Erdgas hängt allerdings von der Entwicklung der Brennstoffpreise, vom Preis der CO₂-Zertifikate und von den Grosshandelspreisen für Energie ab. Hohe Erdgaspreise und niedrige Preise für CO₂-Zertifikate würden den Anreiz für Unternehmen mindern, zu Erdgas zu wechseln (eine vertiefte Diskussion über CO₂-Zertifikate findet sich im Anhang). Hinzu kommt, dass die lange Betriebsdauer der Kraftwerke einen Ersatz verzögert. Ein ausgewogener Fokus auf erneuerbare Energiequellen und die Kernkraft würden einen viel grösseren Beitrag dazu leisten, den Anstieg der Treibhausgasemissionen in der Stromerzeugung einzudämmen (Abb. 4.7). Diese beiden Bereiche werden später genauer erörtert.

Abb. 4.7: Treibhausgasemissionen aus der Stromerzeugung

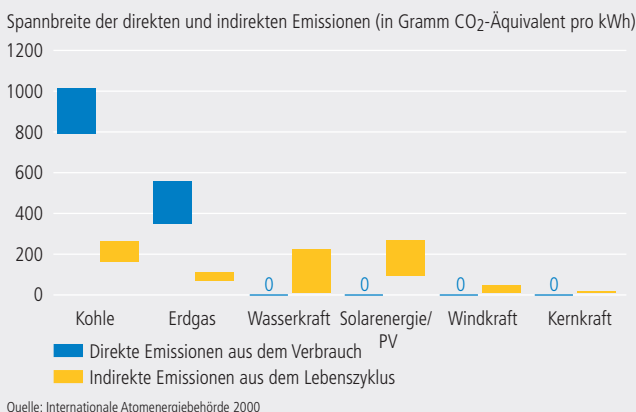
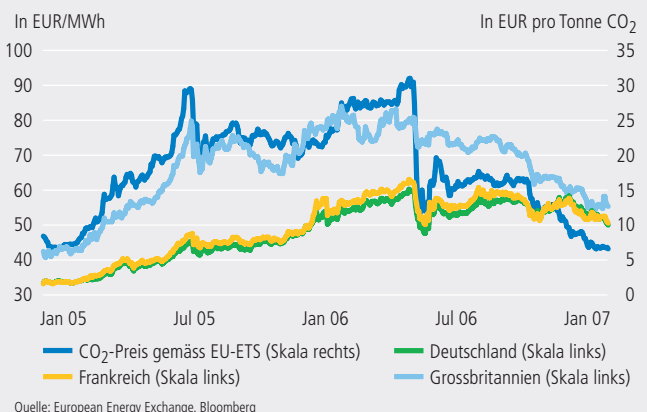


Abb. 4.8: CO₂-Preis in der EU und Strompreis



Gesetzliche Regulierung des Strommarkts

Die Stromversorger könnten viel zur Senkung der Emissionen beitragen. Letztlich kommt es aber darauf an, wie gut der Gesetzgeber den Wechsel auf alternative Energiequellen und Effizienzsteigerungen bei der Stromerzeugung durchsetzen kann.

Subventionen. Um die CO₂-Intensität der Elektrizitätsproduktion zu senken, müssen die Energiesubventionen grundlegend neu organisiert werden. Strom aus fossilen Brennstoffen sollte mit einer Abgabe belegt werden, die dann als Subvention erneuerbare Energiequellen fördert. Eine Subventionierung fossiler Brennstoffe senkt dagegen den Preis von Energiequellen, die CO₂-Emissionen verursachen. Solche Fördergelder sind allerdings nach wie vor vorherrschend. 2004 ergab eine Schätzung der Europäischen Umweltagentur, dass sich staatliche Beiträge für fossile Brennstoffe in den EU-15-Staaten auf über 23,9 Mrd. Euro beliefen, während erneuerbare Energiequellen nur mit 5,3 Mrd. Euro unterstützt wurden.

Zugang. Die heutigen Bestimmungen über die Planung, die Zertifizierung und den Netzzugang umfassen weitreichende Lizenzanforderungen und Spezifikationen und begünstigen grosse, zentralisierte Kraftwerke. Dies ist eine Marktbarriere für eine dezentralisierte Stromversorgung und damit für eine effizientere Energieerzeugung und -übertragung.

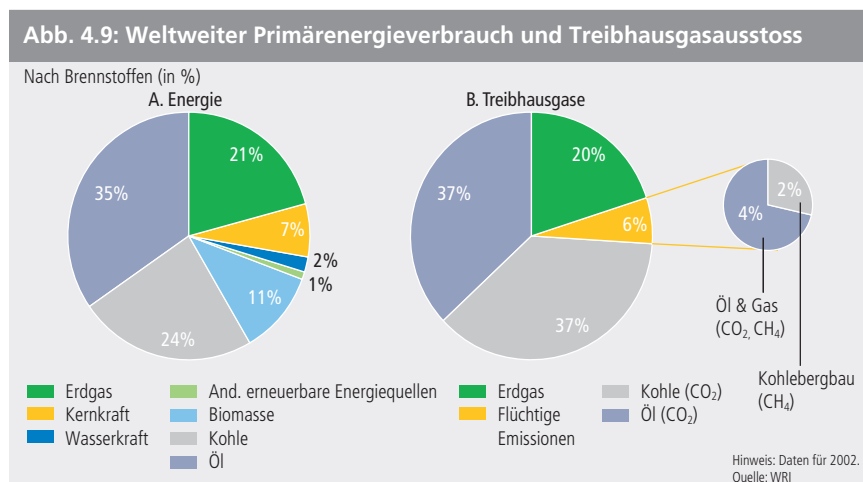
Handel mit CO₂-Emissionen. Die bis 2006 gemachten Erfahrungen mit dem EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) zeigen, dass der Handel mit Emissionsrechten einen direkten Effekt auf die Strompreise zur Folge hat (Abb. 4.8). Entsprechend werden die Stromversorger beim Bau von neuen Kraftwerken darauf achten, den Wirkungsgrad zu verbessern um die Emissionen zu senken. Sie dürften neue Verfahren entwickeln und anwenden, so etwa saubere Kohle (Siehe Box auf Seite 44).

Öl und Erdgas

Kein Anreiz, die Nachfrage einzuschränken

Beim Verbrauch von Öl und Erdgas entstehen 57 % der weltweiten Treibhausgasemissionen aus der Energienutzung (Abb. 4.9). Die Förderung und Verarbeitung dieser Rohstoffe tragen weitere 6 % zum Treibhausgasaufkommen in Form von Kohlendioxid und Methan bei. Der Grossteil der Emissionen entsteht jedoch nicht bei der Förderung und bei der Bereitstellung von Öl und Erdgas, sondern bei der Verbrennung.

Der Verbrauch fossiler Brennstoffe, an denen Öl und Erdgas einen bedeutenden Anteil haben, ist in der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft viel niedriger als in den Referenz- und Alternativszenarien der IEA. Um die Treib-



Kohle: sauberer als je zuvor

Der Begriff «saubere Kohle» umschreibt die Prozesse, welche den Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken verbessern und die Emissionen senken. Ein gängiges Verfahren ist die Kohlereinigung. Dabei wird die Kohle vor dem Verbrennen von Mineralien und Verunreinigungen befreit. Mit dieser Massnahme kann der Aschegehalt um mehr als 50% reduziert werden, was den Partikelaustritt vermindert, die Schwefeldioxidemissionen senkt und den Wirkungsgrad erhöht, was wiederum einen geringeren Ausstoß von Kohlendioxid nach sich zieht. Dieses Verfahren, das in den Industrieländern standardmässig angewandt wird, muss sich in den Entwicklungsländern erst noch durchsetzen.

Neue Designs für Kohlekraftwerke werden ebenfalls dazu beitragen, Emissionen zu senken und den Wirkungsgrad zu

steigern, zum Beispiel mit Gas- und Dampfturbinen, jedoch werden diese bislang kaum kommerziell eingesetzt. Bei der Kohlevergasung in Kombikraftwerken mit vorgeschalteter Vergasung wird sehr effizient Strom sowie Gas für die Transport- und Chemiebranche produziert. Allerdings entstehen dabei sehr hohe Kosten.

Ein weiterer Ansatz konzentriert sich auf das Auffangen und Einlagern von CO₂ (Box zu diesem Thema auf Seite 62). Hier braucht es noch viel Arbeit, um die Energieeffizienz zu erhöhen und die Kosten in den Griff zu bekommen. Gegenstand der Forschung ist auch, welche Auswirkungen die Einlagerung von Kohlendioxid auf die Umwelt hat. Die Stromversorger investieren jedoch bereits in die Entwicklung und den Bau solcher Anlagen.

Kernkraft: die Lösung aller Probleme?

In den vergangenen dreissig Jahren hat die Produktion von Kernenergie stark zugenommen. Heute ist sie eine der Grundlagen für die weltweite Stromversorgung. 2004 trug die Kernkraft der IEA zufolge 16% zur weltweiten Stromproduktion sowie 6% zur weltweiten Primärenergieversorgung bei. Angesichts des Klimawandels und der steigenden Kosten für fossile Brennstoffe scheint es auf der Hand zu liegen, dass der Bedarf für Strom aus Kernkraft zunehmen wird. Allerdings gilt es bei der Kernkraft, wie bei allen anderen Energiequellen auch, die Vor- und Nachteile sorgfältig abzuwägen.

Vorteile:

- Nach Amortisation der Anfangsinvestitionen ist der Strom aus Kernkraftwerken billiger als aus Anlagen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden.
- Im Vergleich zu Heizkraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, verursachen Kernkraftwerke weniger Kohlendioxidemissionen, selbst dann, wenn man die Emissionen aus dem Abbau und der Anreicherung des Urans berücksichtigt.
- Uran trägt mit 3 bis 5% nur in ganz geringem Masse zu den Gesamtkosten der Energieerzeugung bei, wohingegen die fossilen Brennstoffe unter Umständen einen Anteil von bis zu 50% erreichen können. Daher sind die Produktionskosten der Kernkraft viel weniger von schwankenden Rohstoffkosten abhängig als die der fossilen Brennstoffe.

Nachteile:

- Heutigen Schätzungen zufolge werden die bekannten Uranvorkommen bei gleich bleibender Produktion und Kraftwerkskapazität noch für 60 Jahre reichen.
- Eine bedeutende Zunahme bei der Produktion von Kernenergie kann nur mit den so genannten «schnellen Brütern» erreicht werden. Dabei wird die Nutzungseffizienz der Primärenergiequelle um das Sechzigfache erhöht. Dieses Verfahren konnte sich in den vergangenen dreissig Jahren allerdings aufgrund technischer und finanzieller Schwierigkeiten nicht durchsetzen.

- Radioaktive Abfälle müssen mindestens 100 000 Jahre lang sicher gelagert werden. Bislang ist in den meisten Ländern die Standortfrage und die Art der Lagerung ungeklärt.
- Die Gefahr «neuer Kriege» (d. h. keine zwischenstaatlichen Konflikte) erhöht das Risiko terroristischer Anschläge auf Kernkraftwerke. Es besteht die Gefahr, dass das Know-how über die Kernkraft für andere Zwecke als zur Stromerzeugung eingesetzt wird.
- Die in Kernreaktoren entstehende Hitze kann in den meisten Fällen nicht zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung genutzt werden, da die Kosten zu hoch sind. Das bedeutet, dass die Möglichkeiten für eine höhere Energieeffizienz beschränkt sind.
- In einigen Ländern gibt es Widerstand gegen Kernkraftwerke, weil die Menschen Angst vor Unfällen haben.

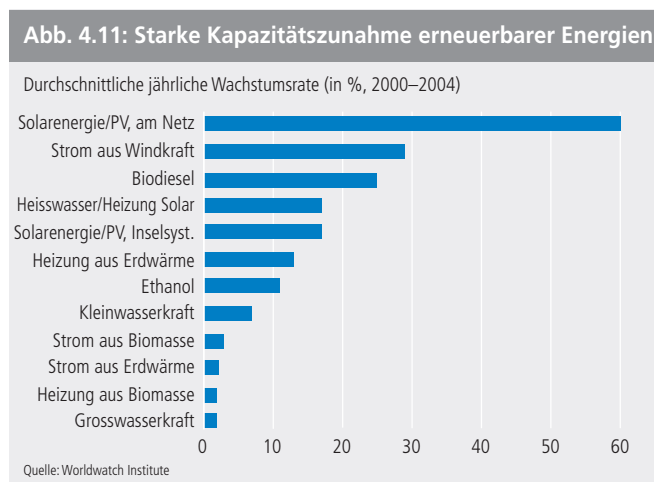
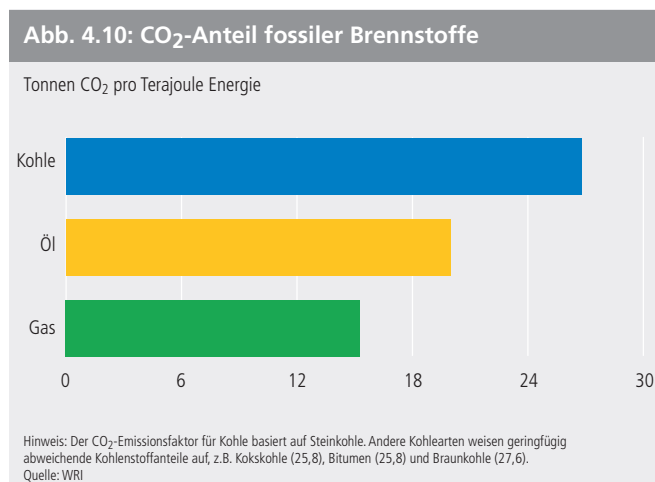
Viele Länder setzen dennoch vermehrt auf die Kernkraft. China zum Beispiel will bis 2020 die Kapazität von sieben Gigawatt (2005) auf 40 Gigawatt steigern, was 4% der gesamten Energiekapazität entspricht. Auch in Indien, Südkorea, einigen europäischen Ländern und in den USA sind neue Anlagen in Planung.

Diese Neubauten reichen jedoch nicht aus, um die Kapazitäten auszugleichen, wenn die derzeitigen Kernkraftwerke dereinst vom Netz genommen werden. Von den heutigen Anlagen ist der Grossteil bereits über 20 Jahre alt, die durchschnittliche Laufzeit liegt bei 40 Jahren (in einigen Ländern ist die Lebensdauer der Anlagen inzwischen allerdings um zehn oder 20 Jahre verlängert worden). Um den Stromanteil aus Kernkraftwerken auch in Zukunft konstant zu halten, müssten pro Jahr durchschnittlich elf neue Kernkraftwerke gebaut werden, wobei jeweils 66 Kraftwerke bereits im Bau sein müssten (ausgehend von einer Bauzeit von sechs Jahren). Derzeit befinden sich weltweit jedoch nur 27 Kernkraftwerke im Bau. Der Anteil am Strommix aus Kernkraftwerken dürfte in den kommenden Jahren daher zurückgehen.

hausgasemissionen entsprechend dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft zu senken, wären grundlegende Veränderungen bei den Industrien und Produkten erforderlich, die Öl und Erdgas verbrauchen. Andernfalls werden die Anbieter von Öl und Erdgas einfach weiterhin liefern, was ihre Kunden verlangen. Gegenwärtig konzentriert sich die Öl- und Erdgasindustrie auf die Ausweitung der Förderung von Erdgas, das sauberer verbrennt, und weniger auf erneuerbare Energie. Die Öl- und Gasindustrie dürfte sich kaum dafür einsetzen, den Klimawandel einzudämmen, da solche Reformen die Nachfrage nach ihren Kernprodukten dämpfen würden.

Öl. Beim IEA-Szenario eines unverändert zunehmenden Energieverbrauchs dürfte der Ölverbrauch zwischen 2004 und 2030 um ca. 40% zunehmen. Allerdings ist die Ölnachfrage nicht so eng an die Schwankungen des Wirtschaftswachstums pro Kopf geknüpft wie die Gesamtenergienachfrage. Daher kann es sein, dass die Ölnachfrage weniger stark als erwartet ansteigt. Unserer Ausgabe des UBS Research Focus «Rohstoffe: Knappheit im Überfluss» (23. August 2006) zufolge wird der weltweite Ölverbrauch bis 2025 nur um 20% zunehmen, vor allem, weil die Industrieländer auf andere Energiequellen umsteigen werden. So oder so ist aber klar, dass diese Vorhersagen der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft entgegenstehen, welche mit einer sofortigen Reduzierung des Ölverbrauchs die Konzentrationen der Treibhausgase senken will. Der Grossteil des Ölverbrauchs entfällt auf den Transportsektor (Abschnitt zum Verkehr auf Seite 50), und hier dürfte sich eine Emissionsabscheidung als schwierig erweisen. Es bleibt somit den Fahrzeugherstellern überlassen, neue Konzepte zur Nutzung kohlenstoffarmer bzw. -freier Kraftstoffe sowie zur Verbesserung des Wirkungsgrads zu entwickeln, um so die Emissionen zu senken.

Der Ölindustrie droht eine weitere Gefahr durch den Klimawandel: Förderunterbrüche wegen schwerer Stürme. Der Zusammenhang zwischen extremen Wetterereignissen und dem Klimawandel ist in Wissenschaft und Politik zwar noch umstritten, dennoch nehmen Versicherungsgesellschaften und die Ölindustrie das Risiko ernst. So legte der Hurrikan Katrina, der im August 2005 die US-Bundesstaaten Louisiana und Mississippi heimsuchte, im Golf von Mexiko Anlagen zur Produktion, Einfuhr und Verarbeitung von Öl lahm. Unternehmen mit Bohrtürmen und Raffinerien in hurrikangefährdeten Gebieten sind einem besonderen Risiko ausgesetzt, wenn man davon ausgeht, dass ein Klimawandel die Wahrscheinlichkeit extremer Wetterereignisse erhöht.



Erdgas. Unserer Ausgabe des oben erwähnten UBS Research Focus zufolge wird die Erdgasproduktion voraussichtlich zunehmen und die Ölproduktion im nächsten Vierteljahrhundert überholen. Sofern Erdgas dabei Öl und Kohle ersetzt, ist diese Entwicklung unter dem Gesichtspunkt der Treibhausgasemissionen durchaus zu begrüßen. Je nach Verfahren und Einsatzbereich erzeugt Erdgas ca. 45 % weniger Kohlendioxid als Kohle sowie ca. 25 % weniger Kohlendioxid als Öl (Abb. 4.10). Dies liegt zum einen am geringeren Kohlenstoffgehalt von Erdgas und zum anderen am höheren Wirkungsgrad kombinierter Gas- und Dampfturbinen.

Einfach den Anteil von Erdgas an der Primärenergie zu erhöhen, kann jedoch nicht die endgültige Lösung für eine Reduktion der Emissionen sein. Genau wie bei Kohle und Öl kann auch beim Erdgas ein deutlicher Rückgang der Emissionen nur dann erreicht werden, wenn auch der Verbrauch sinkt. Die Ölindustrie kann allerdings die Emissionen senken und gleichzeitig zusätzliche Einnahmen erzielen, wenn sie das Erdgas, das bei der Ölförderung als Nebenprodukt entsteht, auffängt und verkauft.

Die Deregulierung des Strommarkts wird vermutlich die Nachfrage nach Erdgas ankurbeln. Die IEA rechnet damit, dass der Stromsektor zwischen 2004 und 2030 für mehr als die Hälfte des Anstiegs beim weltweiten Erdgasbedarf verantwortlich sein wird. Wenn die Preise im Emissionshandel steigen, werden die Versorger bei der Stromerzeugung mehr auf Erdgas statt auf Kohle und Öl setzen, da hierfür weniger Emissionszertifikate benötigt werden.

Einerseits dürften strengere Gesetze zur Eindämmung des Klimawandels die Gasnachfrage fördern, andererseits machen höhere Erdgaspreise, die an den Ölpreis geknüpft sind, Kohle wieder attraktiver. Daher wird der CO₂-Preis eine entscheidende Rolle für den Brennstoffmix spielen: Hohe Preise begünstigen das umweltfreundlichere Erdgas, niedrige Preise fördern die Nachfrage nach Kohle.

Die Rolle der erneuerbaren Energien. Der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen wird sich nicht nur auf die Stromerzeuger, sondern auch auf die Öl- und Gasunternehmen auswirken. Nicht alle erneuerbaren Energiequellen kommen als Ersatz für Öl in Frage. Bedenkt man, dass fast zwei Drittel des Öls im Verkehr verbraucht werden, kommt der Entwicklung von neuen Fahrzeugtechniken eine entscheidende Bedeutung zu. So wird bereits – wenn auch nur in geringem Masse – Bioethanol anstelle von Benzin verwendet (und Biodiesel anstelle von Diesel). Verbesserungen der Produktionseffizienz bei der zweiten Generation der Biotreibstoffe dürften diese Entwicklung weiter beschleunigen (siehe Seite 52). Damit ergeben sich auch für die Öl- und Gasunternehmen neue Chancen: Sie könnten beispielsweise ihre Tanker und Pipelines nutzen, um in grossem Massstab in diesen neuen Markt einzusteigen.

Erneuerbare Energien

Nachfrage wächst, Politik ist gefordert

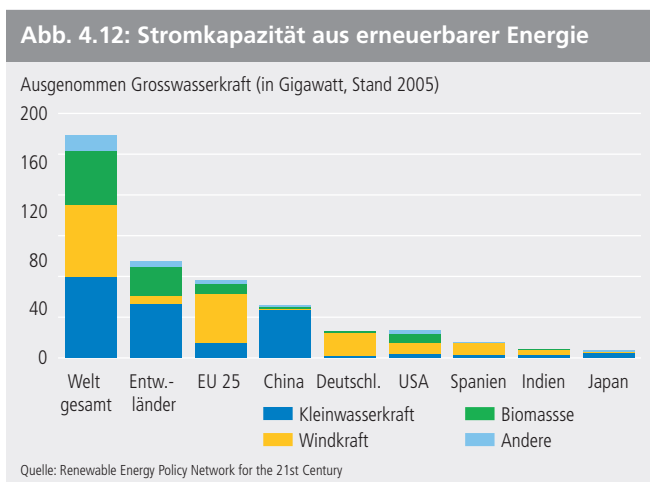
Zu den erneuerbaren Energien zählen Biotreibstoffe, Erdwärme, Wasserkraft, Windenergie, Solarenergie (Photovoltaik und Sonnenwärme), traditionelle Biomasse und Wellenkraft (Abb. 4.11). Der Verbrauch von neuen erneuerbaren Energien (also ohne traditionelle Biomasse und Grosswasserkraftwerke) macht derzeit nach Angaben der IEA einen Anteil von etwas mehr als 1 % an der Gesamtenergienutzung aus. Um die Nachfrage nach fossilen Brennstoffen sowie den Treibhausgasausstoss wirksam zu reduzieren, muss der Verbrauch erneuerbarer Energien unseren Berechnungen zufolge im kommenden halben Jahrhundert jährlich um ca. 11 % anwachsen. Dieses Wachstum wäre nahezu doppelt so hoch wie die im Referenzszenario der IEA prognostizierte Wachstumsrate.

Einer der Hauptvorteile erneuerbarer Energien besteht darin, dass bei der Energieproduktion kein Kohlendioxid freigesetzt wird, obwohl teilweise indirekte Kohlendioxidemissionen beim Aufbau der Infrastrukturen entstehen (Abb. 4.7). Ein weiterer Vorteil besteht in der geringeren Volatilität der Energiekosten. Während die Preise fossiler Brennstoffe äusserst volatil sind, schwanken die variablen Kosten einer erneuerbaren Energiequelle nach Inbetriebnahme nur noch geringfügig. Hinzu kommt, dass der Preis fossiler Brennstoffe steigen könnte, wenn die Förderungskosten zunehmen und man sich den Produktionsgrenzen nähert. Dagegen ist bei den erneuerbaren Energiequellen mit weiteren technischen Verbesserungen und Skalierungseffekten zu rechnen.

Der optimale Mix aus erneuerbaren Energie hängt vom Standort ab. In manchen Gebieten ist Erdwärme eine weit verbreitete und kostengünstige Alternative, während in anderen grosse Windparks den preiswertesten Strom liefern. Sonnenenergie ist wiederum eine gute Möglichkeit, um den Energiebedarf von Klimaanlagen zu decken. Letzten Endes wird man je nach Region und örtlichen Bedingungen die eine oder andere erneuerbare Energiequelle auswählen.

Erneuerbare Energien finden immer mehr politische Zustimmung, weil sie die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen verringern und das Risiko eines Klimawandels eindämmen. Dennoch fehlt nach wie vor eine breit angelegte und systematische Förderung. Auf nur gerade elf Länder entfallen drei Viertel der gesamten Kapazität erneuerbarer Energien (Abb. 4.12). Dem Global Wind Energy Council zufolge sind fast 80% der weltweiten Kapazität aus Windturbinen auf nur fünf Länder verteilt. Gemäss des Photovoltaic Power Systems Programms entstehen mehr als 70% der weltweiten Photovoltaikenergie in Deutschland und Japan. In den meisten Ländern steckt die Nutzung von erneuerbaren Energien, von der traditionellen Biomasse und Wasserkraft einmal abgesehen, noch in den Kinderschuhen.

Mit steigender Nachfrage nach erneuerbarer Energie werden die Kosten sinken und die Anreize steigen, die heutigen Verfahren zu verbessern. Allerdings sind übertriebene Hoffnungen über ein rasches weltweites Wachstum der erneuerbaren Energien, mit Ausnahme von Biomasse und Wasserkraft, nicht angezeigt. Es gibt trotz der wachsenden politischen Unterstützung und den entsprechenden Erfolgchancen bislang keine eindeutigen Belege für ein nachhaltiges Wachstum. Man erinnere sich nur daran, dass erneuerbare Energie in den 80er Jahren einmal der ganz grosse Trend war, um dann rasch wieder in Vergessenheit zu geraten, als die Ölpreise drastisch fielen und die Geldmarktpolitik darauf abzielte, die Inflation in Schach zu halten.



Regulierung der Energieversorgung

Regulatorische Massnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen aus der Energieversorgung können entweder darauf abzielen, die CO₂-Intensität von Brennstoffen (d. h. Kohlendioxidemissionen pro Nutzenergie) zu reduzieren, den Brennstoffmix zu verändern oder den Energiebedarf zu senken. Die Reduktion der CO₂-Intensität hat jedoch ihre Grenzen, da die Eigenschaften der Brennstoffe nicht wesentlich verändert werden können. Hingegen sind bei der Stromerzeugung bedeutende Änderungen möglich. Die Einführung des EU-Emissionshandelssystems ist ein erster Schritt in diese Richtung. Bisher hat dieses zwar vielleicht zu gewissen Effizienzsteigerungen geführt, eine wesentliche Umstellung von CO₂-reichen Brennstoffen auf CO₂-arme wurde jedoch nicht erreicht, da die Preise für Emissionen sehr niedrig sind. Die Förderung von erneuerbaren Energien mit Subventionen war in einigen Ländern wirksam. Die meisten Massnahmen mit wesentlichem Einfluss auf die Energieversorgung werden jedoch über die Nachfrage gesteuert, wie in den folgenden Abschnitten näher erörtert wird.

Zusammenfassung Energieversorgung

Die Energieversorger wollen die Nachfrage nach Energie befriedigen, dabei die Kosten tief halten und Gewinne erzielen. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen ist kein Schwerpunkt. Selbst wenn dies oberste Priorität hätte, bliebe unklar, ob die auf fossilen Brennstoffen aufgebaute Industrie überhaupt in der Lage wäre, ein System zu entwickeln, um die Emissionen einzudämmen, da dies gleichzeitig die Nachfrage nach ihren Produkten senken würde. Eine vermehrte Nutzung erneuerbarer Energiequellen (teilweise durch Subventionen gefördert), die weitere Dezentralisierung von Kraftwerken, eine fortgesetzte Unterstützung der Kernkraft, Energie-Contracting, CO₂-Abscheidung, die Deregulierung des Stromversorgungssektors, eine Ausweitung des Emissionshandels und bessere Auffang- und Verteilungsmöglichkeiten für Erdgas scheinen dagegen nach unserer Analyse mögliche Entwicklungen zu sein. Während verschiedene Entwicklungen eine tiefere Emissionsintensität bei der Energieproduktion unterstützen, dürften deutliche Emissionssenkungen, insbesondere unter das Niveau des Richtjahrs 1990, eher unwahrscheinlich sein.

Daher braucht es politische und regulatorische Massnahmen, um den Ausstoss an Treibhausgasen einzudämmen. Der Einbezug der Stromversorger in den Emissionshandel hat das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit von Brennstoffquellen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt oder ohne Kohlenstoffgehalt weiter zu verbessern. Dies unter der Voraussetzung, dass die Zuteil-

Abb. 4.13: Energieversorgung im Überblick

	Bei unverändertem Verhalten	Schritte in Richtung 2000-Watt-Szenario
Verhalten der Verbraucher und Erzeuger	Versorger bieten vermehrten Zugang zu erneuerbaren Energiequellen, der jedoch immer noch begrenzt ist.	Verbraucher fordern explizit grünen Strom.
	Entwicklung grosser, zentralisierter Kraftwerke.	Durch kleinere, dezentralisierte Kraftwerke kann Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden.
Technologie	Fehlender gesetzlicher Rahmen schränkt Nachfrage nach Technologien für erneuerbare Energie ein.	Technologien für erneuerbare Energie sind dank Kostensenkung wettbewerbsfähig.
	Hohe Kosten der Technologie für saubere Kohle beschränken deren Einführung.	Energiespeicherlösungen sind wirtsch. rentabel und gewährleisten eine störungsfreie Stromversorgung.
	Erste Schritte im Bereich Kohlevergasung.	Auffangen + Lagern von CO ₂ wird zum Standard. Ausnutzung des ges. Spektrums der Kraft-Wärme-Kopplung (einschl. Mikroturbinen, Brennstoffzellen).
Regulierung	Subventionen für fossile Brennstoffe verzerren den Wettbewerb.	Subventionen für fossile Brennstoffe fliessen erneuerbaren Energiequellen zu.
	Wegen eines fehlenden CO ₂ -Emissionshandels ausserhalb Europas und wegen hoher Preise für Erdgas werden vermehrt neue Kohlekraftwerke gebaut.	CO ₂ -Emissionspreis ist hoch genug, um den Umstieg von Kohle auf Gas wirtschaftlich rentabel zu machen.
	Hohe Preise für Erdgas und niedrige CO ₂ -Preise begünstigen den Umstieg von Kohle auf Gas nicht.	Vermehrte Anwendung von Anreizen, die auf die Verbraucherseite ausgerichtet sind.

Quelle: UBS WMR

lung der Emissionszertifikate den erforderlichen Grad an Emissionssenkungen widerspiegelt. Dies könnte durch den Abbau von Subventionen und Steuererhöhungen für fossile Brennstoffe unterstützt werden. Die damit erzielten staatlichen Einnahmen könnten dann in die Entwicklung von erneuerbaren Energiequellen und in Verbesserungen der Effizienz fliessen und zudem neue Verfahren fördern, die sich derzeit noch in einer frühen Entwicklungsstufe befinden.

Unter Berücksichtigung der Prognosen zum Anstieg des Energieverbrauchs wäre eine sofortige Senkung des Verbrauchs von fossiler Energie notwendig, um die Treibhausgasemissionen auf ein stabiles Niveau zu reduzieren. Dies ist jedoch nur durch weitreichende Veränderungen auf Seiten der Energieverbraucher möglich, d. h. ausserhalb der Energieerzeugungsindustrie.

Lebensmittel: Erdöl im Essen

Die Lebensmittelindustrie ist mehr denn je global verknüpft und zunehmend von fossilen Energiequellen abhängig. In der Landwirtschaft wurden dazu schon immer grosse Mengen an Treibhausgasemissionen in Form von Methan, Stickoxid und Kohlendioxid produziert. Aufgrund der stetig steigenden Energieintensität in allen Herstellungsstufen ist mittlerweile auch die Lebensmittelindustrie zu einem wichtigen Verursacher von Treibhausgasemissionen geworden (Abb. 4.14).

Noch nie waren die Transportwege für Lebensmittel so lang. Laut einer Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie sind die Bestandteile und Zutaten eines 240-ml-Joghurtbechers in einem Supermarktregal in Berlin insgesamt mehr als 9000 Kilometer unterwegs. Und das ist kein Einzelfall. In den USA ist beispielsweise ein normales saisonales Gericht 2100 Kilometer unterwegs; bei nicht saisonalen Produkten steigt die Kilometerzahl noch weiter. Für Grossbritannien wird geschätzt, dass Landwirtschaft und Lebensmittel ca. 30% des Warentransports auf der Strasse ausmachen. Immer mehr frische Lebensmittel werden aus Übersee mit dem Flugzeug importiert – einem Transportmittel mit einem sehr hohen Energieverbrauch und entsprechend hohen Emissionen.

Durch die Industrialisierung in der Landwirtschaft hat sich die Energiebilanz von Lebensmitteln (gewonnene Joule pro aufgewandte Joule) verschlechtert. Lebensmittel werden heute oft in Massen und in zentralisierten grossen Anlagen produziert, die energieintensive Anbauverfahren einsetzen. Daher werden grosse Mengen an fossilen Brennstoffen für landwirtschaftliche Maschinen, Düngemittel und Pestizide, Verarbeitung und Vertrieb der Lebensmittel sowie für Verpackungsmaterial benötigt. Der Transport von Frischprodukten mit dem Flugzeug benötigt gegenüber dem lokalen Vertrieb bis zu 50-mal mehr Energie aus fossilen Brennstoffen. 1 kg Gemüse, das per Flugzeug befördert wird, verbraucht 4 bis 5 Liter Erdöl. Die gleiche Menge an lokal angebautem Gemüse verbraucht jedoch nur 0,1 bis 0,3 Liter.

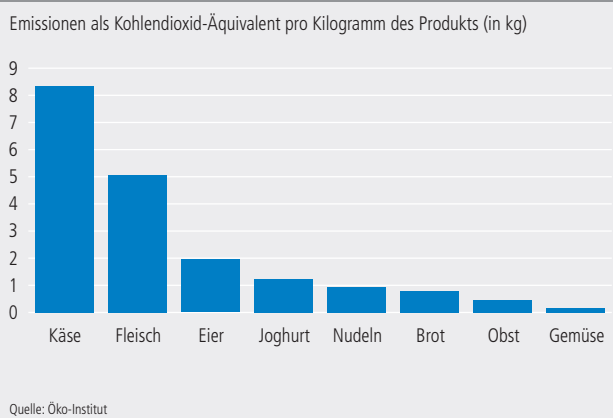
Viele argumentieren deshalb, dass der Kauf lokaler Lebensmittel umweltfreundlicher sei, da lange Transportwege vermieden werden. Aber sind Lebensmittel allein schon aufgrund ihrer lokalen oder regionalen Herstellung umweltfreundlich? Die Fakten sind hier nicht eindeutig. Bestimmte Produkte verbrauchen trotz ihres langen Transportwegs immer noch weniger Energie als lokale. So kann z. B. der Anbau von Tomaten in kalten Regionen unter Umständen mehr Energie verbrauchen als der Transport aus Ländern, in denen sie gut gedeihen. Subventionen für Landwirtschaft und Brennstoffe, ganz zu schweigen von der

fehlenden Besteuerung von Flugbenzin, verzerren allerdings die wahren Kosten für Lebensmittel, wodurch auch Lebensmittel mit extrem langen Transportwegen noch wettbewerbsfähig sind.

Die Angabe des Energieverbrauchs, der bei Herstellung und Transport entstanden ist, würde es dem Verbraucher erleichtern, Produkte miteinander zu vergleichen, und das Bewusstsein für Transportkilometer stärken. So wäre ein Indikator für den verwendeten Brennstoff und die damit verbundenen Kohlendioxidemissionen gegeben. Grosse Supermärkte haben mit ihren zentralisierten Vertriebssystemen zum Anstieg der Transportkilometer bei Lebensmitteln beigetragen. Sie berücksichtigen aufgrund des wachsenden Verbraucherbewusstseins diese Problematik heutzutage vermehrt. Einige Geschäfte verfolgen bereits eine Einkaufspolitik, die verstärkt lokal ausgerichtet ist, und reduzieren dadurch den Gesamtbrennstoffverbrauch für Transporte. Allerdings steht dieser Trend noch ganz am Anfang.

Letzten Endes ist der Zusammenhang zwischen unseren Nahrungsmitteln und dem Ausstoss von Treibhausgasen sehr komplex. Die Transportkilometer bei der Herstellung und Verteilung von Nahrungsmitteln spielen eine grosse Rolle beim Entstehen von Treibhausgasen, das gleiche gilt aber auch für den Einkauf. Die lokale Herstellung von Lebensmitteln kann den Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen zwar bremsen, eine Lösung aller Probleme ist das nicht. Sicher ist, dass ein Ausflug zum Supermarkt mit einem Offroadler, um dort einen einzigen Kopfsalat aus lokalem biologischem Anbau zu kaufen, viel mehr Treibhausgase produzieren kann, als eingespart werden, wenn man auf den Kauf eines Importsalats verzichtet.

Abb. 4.14: Treibhausgasemissionen einzelner Lebensmittel



Verkehr

Keine Kehrtwende bei den Emissionen

Auf den Verkehr entfallen 14% der gesamten weltweiten Treibhausgasemissionen (Abb. 4.15). Alle klimarelevanten Emissionen in diesem Sektor fallen als Kohlendioxid an und sind fast ausschliesslich auf die Abhängigkeit vom Ölverbrauch zurückzuführen (Abb. 4.16). Der Güterverkehr auf der Strasse verursacht ca. drei Viertel des Energieverbrauchs im Transportbereich, gefolgt vom rasch wachsenden Luftverkehr (Abb. 4.17).

Die IEA erwartet für den Verkehr einen Anstieg des Energiebedarfs von durchschnittlich 1,8% pro Jahr, der im Wesentlichen durch die wachsende Nachfrage in Entwicklungsländern bedingt ist. Die zunehmende Globalisierung, termingerechte (just-in-time) und bedarfsorientierte Lieferstrategien sowie die Ausdehnung der Grossstädte werden diesen Trend wahrscheinlich noch verstärken. Ferner steigt der Verkehr, weil die Fahrzeuge oft nur gering ausgelastet sind. Neben der Energieversorgung wird der Verkehr mindestens während des nächsten Vierteljahrhunderts eine der prozentual am schnellsten wachsenden Grössen bei den weltweiten Treibhausgasemissionen darstellen (Abb. 4.18).

Nichtsdestotrotz können Massnahmen auf diesem Gebiet in relativ kurzer Zeit die Treibhausgaskonzentration enorm reduzieren und die Energieeffizienz verbessern, unter anderem, weil die mittlere Lebensdauer eines Fahrzeuges nur zehn bis zwölf Jahre beträgt. Verbesserungen sind einerseits an den Fahrzeugen selbst möglich, etwa mit dem Einsatz leichterer Werkstoffe, verbesserter Motorentechnik und neuartiger Treibstoffe. Erneuerbare Treibstoffe und Kraftstoffe mit geringem Kohlenstoffgehalt wie Biotreibstoffe, Erdgas oder Wasserstoff können den Kohlendioxidausstoss verringern. Andererseits kann eine Verlagerung wie zum Beispiel vom Flugzeug auf die Schiene die Emissionen senken (Abb. 4.19).

Eine Weiterentwicklung der Infrastrukturen, um das Zusammenspiel verschiedener Transportmittel zu verbessern, kann anstelle eines Ausbaus des Transportnetzes langfristig viel Energie sparen. Damit wird der Zug eine bessere Alternative zum Auto und zu Kurzstreckenflügen. Verbesserungen der Infrastruktur und der Informationstechnologie können Staus auf den Strassen und Warteschleifen in der Luft reduzieren. Und schliesslich besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Treibstoffverbrauch. Laut der deutschen Bundesumweltagentur (2003) würde eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 100 km/h auf deutschen Autobahnen den Treibstoffverbrauch um 10 bis 20% senken und gleichzeitig Anreize dafür bieten, auf öffentliche Transportmittel wie zum Beispiel Hochgeschwindigkeitszüge umzusteigen.

Abb. 4.15: Treibhausgasemissionen des Verkehrs

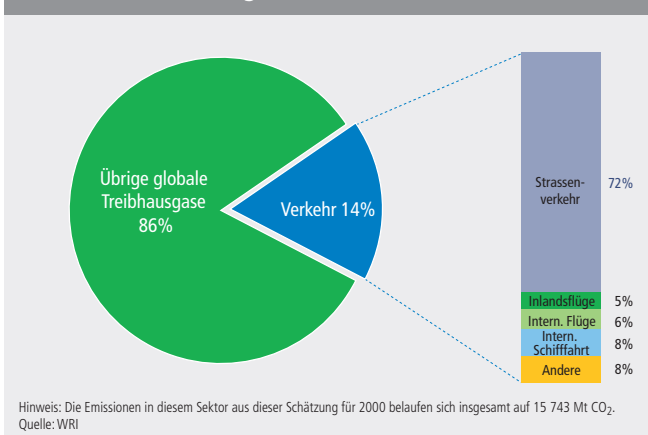


Abb. 4.16: Starke Abhängigkeit von Öl und Verkehr

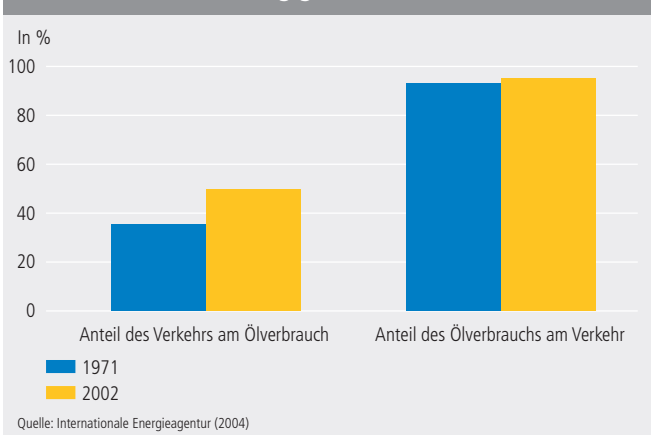


Abb. 4.17: Strassenverkehr verbraucht am meisten Energie

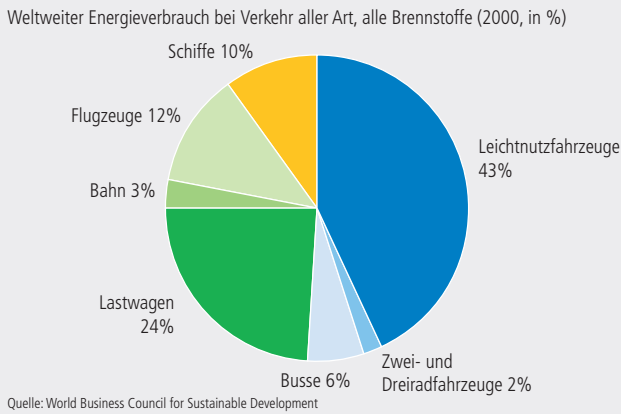
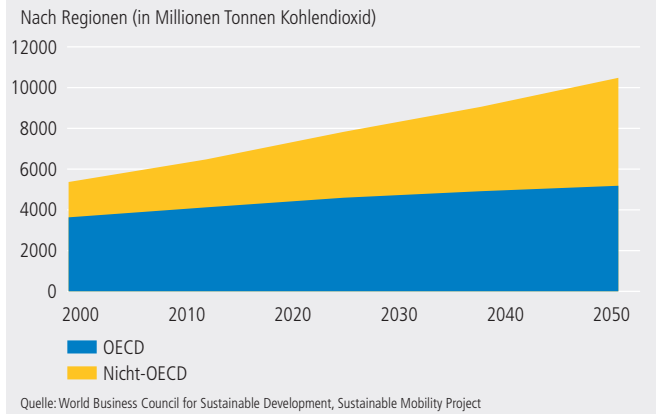


Abb. 4.18: Prognose der CO₂-Emissionen des Verkehrs



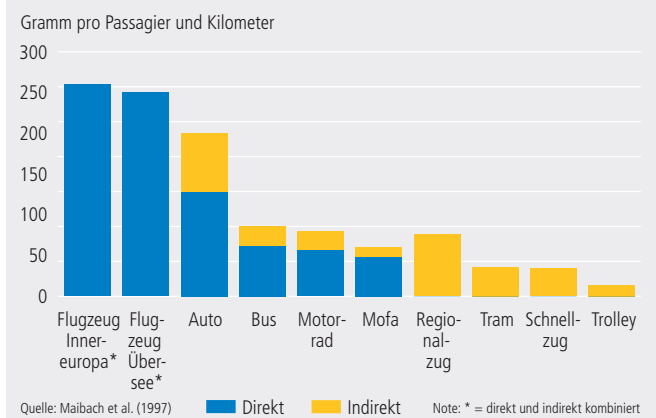
Leichte Verbundstoffe

Der Energieaufwand, um ein Objekt zu bewegen, hängt von dessen Gewicht ab. Im Verkehrssektor ist die Luft- und Raumfahrtindustrie seit Jahren schon Vorreiter bei der Leichtbauweise. Fluggesellschaften haben ein grosses Interesse daran, das Transportgewicht pro Passagiermeile zu senken, da die Treibstoffkosten einen wesentlichen Teil ihrer Betriebskosten ausmachen. Anders sieht es in der Autoindustrie aus. Das durchschnittliche Gewicht eines Personenfahrzeugs ist in den letzten 15 Jahren um ca. 30% angestiegen. Es gab zwar Gewichtseinsparungen bei der Fahrzeugkonstruktion, diese wurden aber sehr oft durch zusätzliche Sicherheits- und Komfortkomponenten wieder aufgehoben. Hohe Energiepreise und eine Verschärfung von Umweltbestimmungen werden unserer Meinung nach die Gewichtseinsparungen beim Fahrzeugbau nun aber in den Vordergrund treten lassen.

Die herkömmlichen schweren Fahrzeugteile aus Stahl und Gusseisen können mit verschiedenen Materialien ersetzt werden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium und Titan. Auch neue Verbundstoffe sind eine Möglichkeit. Sie bestehen aus zwei oder mehr Materialien, die kombiniert ganz andere Eigenschaften als die einzelnen Komponenten aufweisen. Moderne Verbundstoffe sind hochwertige Hochleistungsmaterialien, für die eine Kombination aus Harzen und Fasern, zumeist Karbon/Graphit, Kevlar oder Fiberglas mit Epoxidharz verwendet wird. Diese Kombination bietet zahlreiche Vorteile: Moderne Verbundstoffe sind langlebiger und leichter als Metalle, sie sind komplexer formbar, belastbarer und korrodieren nicht.

Einer der bedeutendsten Verbundstoffe ist die Kohlefaser (Kohlenstofffaser). Kohlefasern haben zum Beispiel im Sportbereich bereits den Durchbruch geschafft. Noch vor zehn Jahren waren nur die luxuriösesten Sportboote, Angelruten und Skistöcke aus Kohlefasern, heute ist das bereits Standard. Auch im Fahrzeugbau bietet die Kohlefasertechnik unbestreitbare Vorteile: Kohlefasern sind nur ein Fünftel so schwer wie Stahl und dennoch genauso haltbar, was sie ideal für Strukturbaugruppen oder Unterbaugruppen macht. Ausserdem sind sie äusserst stossabsorbierend und daher sehr sicher. Durch eine intelligente Leichtbauweise kann das Fahrzeuggewicht um bis zu 60% reduziert werden, was den Treibstoffverbrauch um mindestens 30% senkt, da für leichtere Fahrzeuge auch kleinere Motoren ausreichen.

Abb. 4.19: Treibhausgas-Emissionen Personenverkehr



Trotz dieser Vorteile hat die Kohlefasertechnik den Massenmarkt aber noch nicht erreicht. Sie kommt erst in Hochleistungsanwendungen wie in der Luftfahrt und im Motorsport zum Einsatz. Wirtschaftlich rentabel und ökologisch nachhaltig wird diese Technik nur in Verbindung mit neuartigen Verfahren und Konzepten, bei denen nicht einfach schwere Bauteile gegen leichte aus Kohlefasern ausgetauscht werden, sondern vollständig neue Designs und vereinfachte Produktionsverfahren zum Einsatz kommen, zum Beispiel Fahrzeuge, die sozusagen aus einem Stück gegossen werden. Das grösste Hindernis für den Einsatz von Kohlefasern im Massenmarkt ist der hohe Preis. Derzeit werden die Produktionskapazitäten ausgebaut, und neue Fertigungsverfahren werden zu weiteren Einsparungen beitragen.

Um eine Vorstellung vom Potenzial der Leichtbauweise zu bekommen, genügt ein Blick auf die Vorreiter bei der Anwendung von Hochleistungsmaterialien für Autos – die Formel 1 und die US-Rennsportliga Nascar. Die Geschichte zeigt, dass zahlreiche neue Anwendungen, die zuerst nur im Motorsport eingesetzt wurden, innerhalb von nur ein oder zwei Jahrzehnten ihren Weg in die Massenproduktion fanden (z.B. ABS, Antriebsschlupfregelung, computerbasierte Motormanagementsysteme). Kohlefasern dürften denselben Weg gehen.

Biotreibstoffe

Wunschtraum oder Realität?

Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, die der Verkehr verursacht, wird ohne Fortschritte beim Ersatz von Benzin und Diesel mit Biotreibstoffen wie Bioethanol und Biodiesel kaum möglich sein. Zwar werden in den verschiedenen Phasen der Herstellung von Biotreibstoffen auch fossile Brennstoffe verbraucht, die Ausgangsstoffe für die Biotreibstoffe selbst sind indes weitgehend CO₂-neutral. Der Anbau von pflanzlicher Biomasse absorbiert genau so viel Kohlendioxid, wie bei deren Verbrennung freigesetzt wird. Die derzeitigen Verfahren zur Herstellung von Biotreibstoffen reichen jedoch nicht aus, um die enorme Nachfrage zu befriedigen. Ein neues Verfahren, das den Anteil fossiler Brennstoffe an Biotreibstoffen senken soll, zeichnet sich ab, ist jedoch noch zu teuer.

Bioethanol ist mit einer Produktion von über 35 Mrd. Litern im Jahr 2005 der am weitesten verbreitete Biotreibstoff. Er basiert auf Alkohol und wird aus unterschiedlichen erneuerbaren Rohstoffen wie Zucker, Stärke und Zellulose hergestellt (Abb. 4.20).

Die weltweit grössten Produzenten von Bioethanol sind Brasilien und die USA. In den USA wird Bioethanol vorzugsweise aus Mais, in Brasilien meist aus Zuckerrohr hergestellt. Bioethanol entsteht aus der Umwandlung von Kohlenhydraten in Glukose, die dann ähnlich wie beim Bierbrauen fermentiert wird. Der aus diesem Prozess entstehende Flüssigtreibstoff wird über das bestehende Tankstellennetz vertrieben. Bioethanol wird in der Regel in unterschiedlichen Verhältnissen mit Benzin vermischt. Gängige Mischungen sind E10 und E85, die 10 bzw. 85% Bioethanol enthalten. Die meisten heute zugelassenen Fahrzeuge können mit E10 betrieben werden. E85 eignet sich dagegen nur für modifizierte Benzinmotoren.

Die Biodieselproduktion belief sich 2005 auf ca. 3,5 Mrd. Liter. Biodiesel wird in einem chemischen Prozess hergestellt, bei dem Öle organischen Ursprungs und Alkohol chemisch reagieren. Biodiesel kann aus Soja- und Rapsöl, tierischen Fetten und Altpflanzenölen hergestellt werden, wobei seine Brenneigenschaften denen von herkömmlichem Diesel ähneln (Abb. 4.20). 2005 entfielen ca. 90% der weltweiten Biodieselproduktion auf die EU.

Ob Biotreibstoffe zu einer wichtigen Energiequelle avancieren können, hängt vor allem von technologischen Entwicklungen ab, aber auch von Besteuerung, Subventionierung und Handelsbeschränkungen. Einige Sorten von Bioethanol und Biodiesel sind in der Herstellung teurer als herkömmliche Diesel- und Benzintreibstoffe. Um sie wettbewerbsfähig zu machen, müssten die Preise für herkömmliche Treibstoffe ansteigen oder aber die staatlichen

Abb. 4.20: Nutzpflanzen als Biotreibstoff

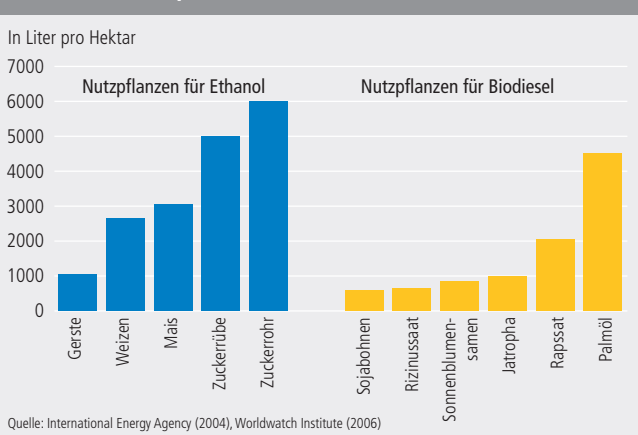
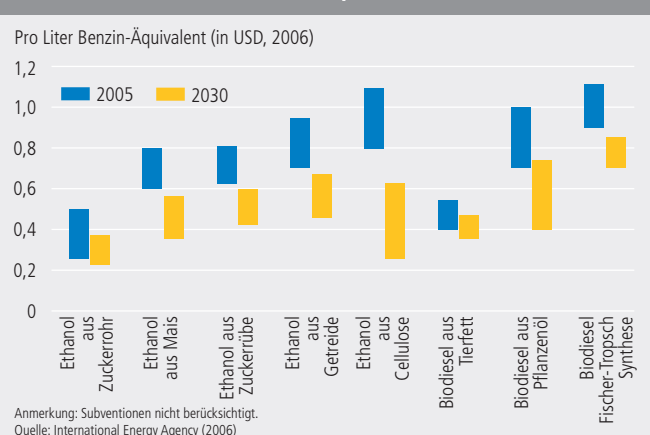


Abb. 4.21: Kosten der Ethanolproduktion



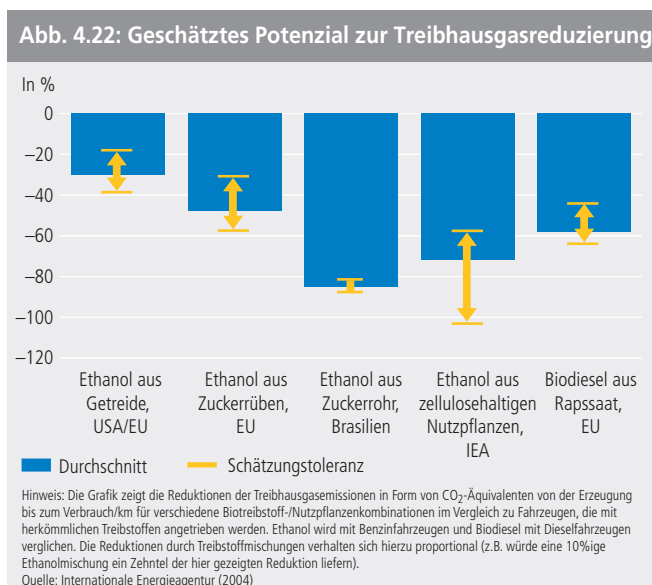
Subventionen bzw. Steuervergünstigungen für Biotreibstoffe erhöht werden (Abb. 4.21). Aufgrund der günstigen klimatischen Bedingungen und relativ geringer Produktionskosten ist das Wachstumspotenzial für die Herstellung von Biotreibstoffen in tropischen und subtropischen Gebieten besonders gross, vor allem, wenn internationale Handelsbeschränkungen für Biotreibstoffe abgebaut werden. In Brasilien wird Ethanol aus Zucker um mehr als 50% günstiger als in EU-Ländern hergestellt.

Die Herstellung von Biotreibstoffen in ihrer derzeitigen Form steht in Konkurrenz zur Lebensmittelherstellung und begünstigt die Abholzung von tropischen und subtropischen Regenwäldern. Die Anbaufläche für Mais in den USA, die für die Herstellung von Bioethanol genutzt wird, stieg von 5% im Jahr 2000 auf ca. 15% im Jahr 2005 und wird voraussichtlich schon bald über 20% liegen. Die steigende Nachfrage nach Biotreibstoffen bindet zunehmend auch die Erntepreise für Feldfrüchte wie Mais, Weizen und Zucker an die Energiepreise. Aufgrund der begrenzten Anbauflächen sind der Expansion von Biotreibstoffen unter Anwendung der derzeitigen Verfahren Grenzen gesetzt. Im schlimmsten Fall würde die Abholzung von Wäldern zur Urbarmachung von Anbauflächen den ursprünglichen Nutzen der Biotreibstoffe zunichte machen. Alles in allem ist die derzeitige Herstellung von Biotreibstoffen noch keine ausgereifte Lösung, um ein nachhaltiges Verkehrssystem zu schaffen.

Das Potenzial der Biotreibstoffe

Dank enormer Effizienzsteigerungen enthalten Biotreibstoffe im Allgemeinen mehr Energie, als die Produzenten für die Herstellung aufwenden müssen. Die tatsächliche Nettoerzeugung der Treibhausgase hängt von verschiedenen Faktoren ab, beispielsweise von den Herstellungsverfahren, der Verwendung von Nebenprodukten, die bei der Herstellung anfallen, sowie von der Art der Pflanze. Mit Zuckerrohr beispielsweise können die Emissionen weitaus stärker reduziert werden als mit Zuckerrüben oder Getreide. Was die Technologien der zweiten Generation anbelangt, weisen zellulosehaltige Nutzpflanzen (z. B. Rutenhirse, Pappel) das höchste geschätzte Potenzial auf, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren (Abb. 4.22).

Während die heutige Biotreibstoffproduktion nur bestimmte Bestandteile der Nutzpflanzen verwertet (z.B. Öl, Zucker und Stärke), werden Biotreibstoffe der zweiten Generation, die auf der Umwandlung von Biomasse basieren, die gesamte Pflanze (d. h. Zellulose) nutzen. Dadurch werden mehr Pflanzensorten verwertbar. Weitere Biomasse-Quellen sind Abfälle aus der Landwirtschaft und dem Forstwesen sowie Siedlungsabfälle und mehrjährige Nutzpflanzen.



pflanzen wie Rutenhirse, die nicht als Lebensmittel dienen. Damit würden die negativen Auswirkungen der Biotreibstoffproduktion auf Umwelt und Gesellschaft weiter gemindert und zudem die Kosten sinken. Dies würde das Potenzial für eine Eindämmung der Treibhausgase verbessern und die Abhängigkeit der Biotreibstoffproduktion von der Landwirtschaft verringern.

Reif für den breiten industriellen Einsatz wird dieses Verfahren jedoch erst in einigen Jahren sein, da die Umwandlung von Zellulose in Bioethanol technisch aufwändig und teuer ist (Abb. 4.23). Obwohl eine staatliche Förderung den Übergang zu diesem neuen Verfahren beschleunigen könnte, werden noch Jahre vergehen, bevor aus Zellulose gewonnenes Ethanol kommerziell nutzbar wird. Von staatlicher Seite wird die Biotreibstoffproduktion vermehrt unterstützt, vorwiegend in Form von Zielvorgaben für die Substitution des Benzin- und Dieselverbrauchs. So will beispielsweise die EU den Anteil der Biotreibstoffe bis 2010 auf 5,75% erhöhen. Bis 2020 sollen 20% erreicht werden. Die USA wollen den Verbrauch von Biotreibstoffen bis 2012 auf mindestens 28,4 Milliarden Liter verdoppeln und fünf chinesische Provinzen, in denen 16% des gesamten Personenverkehrs stattfinden, schreiben die Verwendung eines E10-Benzingemischs vor.

Geht man davon aus, dass Biotreibstoff aus Zellulose tatsächlich kostengünstig wird, können die erneuerbaren Energien den Transportsektor radikal verändern. Die Weltwirtschaft würde weniger stark von den Erdölländern abhängen, wodurch das Risiko geopolitischer Spannungen sänke. Eine erweiterte Biotreibstoffproduktion bietet in Verbindung mit einer Verbesserung der Treibstoffeffizienz ein enormes Potenzial, um Treibhausgasemissionen aus dem Strassenverkehr zu senken.

Autosektor

Neue Fahrzeugkonzepte

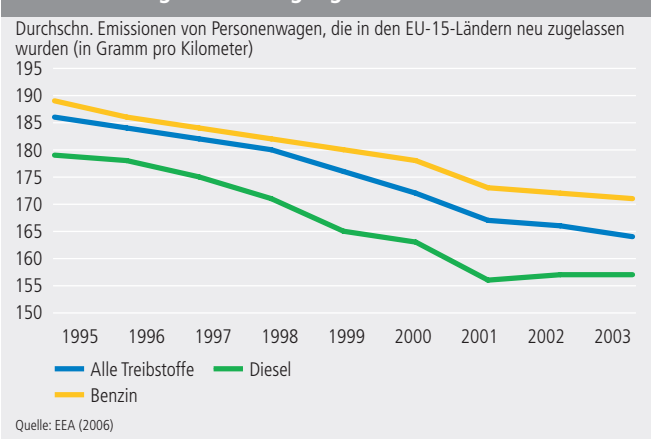
Der Strassenverkehr verursacht beinahe drei Viertel aller Treibhausgasemissionen im Transportbereich. Damit ist die Autoindustrie indirekt für einen Grossteil dieses Treibhausgasausstosses verantwortlich. Dennoch gab es seit den Fortschritten Anfang der 80er Jahre kaum weitere Verbesserungen der Energieeffizienz. Die freiwilligen Beschränkungen des Kohlendioxidausstosses scheinen ambitiös: So strebt die European Automobile Manufacturers Association (ACEA) für sämtliche Neuwagen eine Reduktion des Ausstosses auf 140 g/km bis 2008 an. Dies entspricht einem durchschnittlichen Treibstoffverbrauch von fünf bis sechs Litern auf 100 Kilometern. Die EU plant eine Reduktion auf 120 g/km bis 2012. Trotz des Rückgangs im letzten Jahrzehnt lagen die durchschnittlichen Kohlendioxidemissionen bei in Europa zugelassenen Neuwagen 2003 aber noch immer bei 164 g/km (Abb. 4.24).

Abb. 4.23: Überblick zu den Biotreibstoffen

Vorteile	Nachteile
Höhere Energiesicherheit durch verminderte Abhängigkeit von Ölimporten.	Produktion der Rohstoffe, die zur Treibstoffgewinnung verwendet werden, erfolgt oft in Monokulturen; grosser Flächenbedarf.
Nutzung in bestehenden Infrastrukturen; Mischung mit herkömmlichen Treibstoffen möglich.	Vorderhand höhere Treibstoffproduktionskosten.
Potenzial für Effizienzverbesserung durch neue Technologien und grössere Auswahl an Nutzpflanzen; hohes Einsparungspotenzial.	Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion.
Meist niedrigerer Schadstoffgehalt; geringerer Treibhausgasausstoss.	Konkurrenz zur Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse, die eine bessere Ökobilanz aufweist.
Neue Möglichkeiten für die Landwirtschaft (Energieanbau).	Produktionsausdehnung kann in Schwellen- und Entwicklungsländern Umwelt- und Sozialstandards gefährden; Anbau + Produktion von Biotreibstoffen erfolgt evtl. auf ökologisch sensiblen Flächen.
	Gefährdung der biologischen Vielfalt durch genetisch verändertes Saatgut.

Quelle: UBS

Abb. 4.24: Langsamer Rückgang der Kohlendioxidemissionen



Obwohl der Ausstoss pro Fahrzeug und Kilometer deutlich gesunken ist, steigen die Emissionen aus dem Strassenverkehr insgesamt immer noch an. Dies, weil einerseits immer mehr Autos zugelassen werden, und andererseits, weil pro Fahrzeug immer längere Strecken gefahren werden. Gerade in den Entwicklungsländern dürfte die Nachfrage nach Autos die Effizienzgewinne auch weiterhin zunichte machen.

Es gibt für die Autoindustrie zahlreiche Möglichkeiten, die Emissionen der Fahrzeuge zu reduzieren. So können die Hersteller beispielsweise Motorengrösse und Fahrzeuggewicht verringern. Immer strengere Sicherheitsstandards und neue Komforteinrichtungen haben das Gewicht der Fahrzeuge in den letzten Jahren allerdings erhöht, was einen höheren Treibstoffverbrauch zur Folge hatte. Neuartige verstärkte Materialien und Karosserien mit Gitterrohrrahmen aus einer Metalllegierung können einen ausreichenden Schutz bei Unfällen bieten und gleichzeitig das Gesamtgewicht senken. Eine Reduktion des Fahrzeuggewichts um 10% ergibt eine um 5 bis 7% verbesserte Treibstoffeffizienz, vorausgesetzt, dass die Motorleistung an das verringerte Gewicht angepasst wird (Box zu leichten Verbundstoffen auf Seite 51).

Fortschritte bei den Motoren, neuartige Antriebssysteme, automatische Motorabschaltungssysteme, Systeme zur Rückgewinnung der Bremsenergie sowie eine bessere Bereifung sind die primären Verfahren, um den Kohlendioxid ausstoss aus dem Strassenverkehr zu senken. Neue Motoren und Antriebssysteme werden das Wachstum der erneuerbaren Treibstoffe beschleunigen, daher besitzen sie enormes Potenzial für eine Reduktion der Kohlendioxidemissionen. Beim Wirkungsgrad der heutigen Benzinverbrennungsmotoren gibt es einen Spielraum von 10 bis 20%. Dieselfahrzeuge sind bereits treibstoffeffizienter als benzinbetriebene Fahrzeuge und verursachen ca. 10% weniger Kohlendioxidemissionen (Abb. 4.25).

Trends in der Antriebstechnik

Der bewährte Verbrennungsmotor (ob mit Benzin-, Diesel- oder Hybridantrieb) wird wahrscheinlich der bevorzugte Antrieb bleiben, insbesondere, weil auch ein Wechsel zu Bioethanol oder Biodiesel möglich ist. Wir erwarten, dass alternative Kraftstoffe stark an Bedeutung gewinnen werden, allerdings von einer sehr tiefen Basis aus.

Hybridmotoren verbessern die Treibstoffeffizienz und verringern die Emissionen vor allem in Stadtgebieten und bei dichtem Verkehr. Allerdings gibt es auch Nachteile: So ist ihre Wirkung ausserhalb der Stadt und bei hohen Geschwindigkeiten äusserst begrenzt. Ausserdem sind die Fahrzeuge schwerer, benötigen in der Herstellung mehr Energie und Ressourcen, sind teuer zu produzieren, und die Frage nach der Wiederverwendung ihrer Batterien bleibt offen. Hybridsysteme erreichen die höchste Treibstoffeffizienz, wenn sie in Geländewagen und Pick-ups mit einem hohen Treibstoffverbrauch zum Einsatz kommen. Dieseldieselmotoren ermöglichen zusätzliche Verbrauchsenkungen, wobei kleine Dieselfahrzeuge ohnehin bereits weniger Treibstoff als benzinbetriebene Fahrzeuge verbrauchen. Aber egal, ob nun mit Diesel- oder Benzinmotor – Hybridsysteme kosten mehr als herkömmliche Antriebssysteme. Ausserdem ist die Verbesserung der Treibstoffeffizienz fraglich, da die Käufer häufig eher daran interessiert sind, mit demselben Verbrauch mehr Leistung und ein höheres Drehmoment zu erhalten. Angesichts der höheren Gesamtkosten gehen wir davon aus, dass die Hybridfahrzeuge einen Marktanteil von höchstens 5 bis 10% erreichen werden, wobei er in Europa etwas niedriger sein wird als in den USA.

Abb. 4.25: Potenzial herkömmlicher Technologien

Potenzial zur Kohlendioxidreduktion (in %) und Kosten (in EUR)

Einsparfaktor	Potenzial zur CO ₂ -Reduktion (in %)	Zusatzkosten (in EUR)
Treibstoffe		
Leichtlaufreifen	3–5	0–20
Geringe Viskosität	1–5	0–30
Motor		
Direkte Benzineinspritzung mit Abgasrückführung	10–13	150–200
Variable valve timing und elektrometrische Ventilsteuerung	15–20	240–470
Downsizing/Turbolader	5–7	200–270
Getriebe		
Schaltautomatik	3–5	
6-Gang-Schaltautomatik	1–3	170–340
Stufenloses Getriebe	5–10	85–340
Gewichtsreduzierung		
Aluminium	5–8	0–375
Kunststoff	5–8	60–1800
Antriebssystem		
Diesel- statt Benzinmotor	8–13	150–620
Start-/Stopp-Funktion, Mild-Hybrid	8–10	800–960
Zusammenfassung		
Benzinmotor mit Direkteinspritzung	35–49	230–1320
Dieselmotor mit Direkteinspritzung	23–41	240–1360

Quellen: WestLB Research, Kolke, National Research Council

Unserer Ansicht nach sind Hybridsysteme nur eine Übergangstechnologie auf dem Weg zu Brennstoffzellen, die Wasserstoff und Sauerstoff in Strom umwandeln und damit einen Elektromotor antreiben. Damit würde der Kohlendioxidausstoß des Motors auf null sinken. Eine wirkliche Emissionsreduktion kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn es gelingt, den Wasserstoff mit erneuerbarer Energie zu produzieren. Zusammen mit Systemen zur Rückgewinnung der Bremsenergie für die Bordbatterie entstünde so ein wirklich umweltfreundliches Transportsystem. Der Staat fördert allerdings nach wie vor herkömmliche Antriebssysteme anstelle der neuartigen Motoren. Hier bräuchte es eine Umkehr. Umweltschädliche Technologien dürften nicht mehr länger unterstützt werden, dafür müssten diese Gelder in die Brennstoffzellentechnologie fließen. Noch sind wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge nicht im Handel. Wir glauben, dass es mindestens zehn bis fünfzehn Jahre dauern wird, bevor solche Fahrzeuge auf den Massenmarkt kommen.

Abb. 4.26: Treibstoffeffizienz in der kommerziellen Luftfahrt

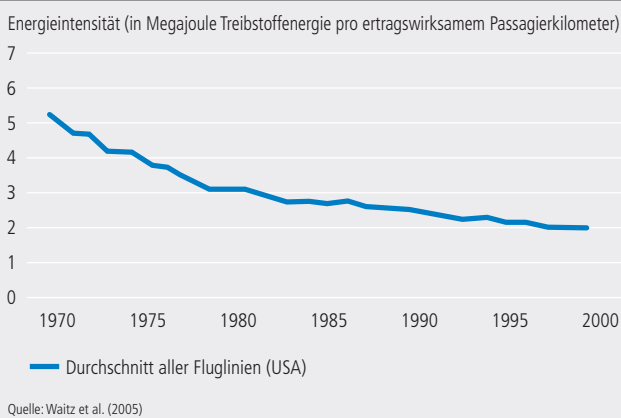
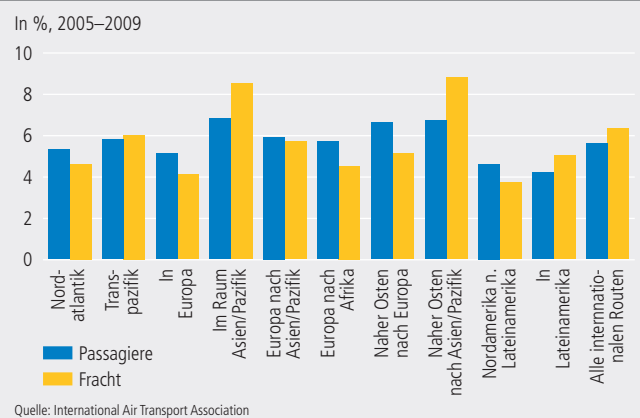


Abb. 4.27: Prognosen zum Luftverkehrswachstum



Luftfahrt

Möglichkeiten für eine verbesserte Energieeffizienz

Flüge verursachen ca. 1,6% der weltweiten Treibhausgasemissionen sowie 12% des Kohlendioxidausstosses des Verkehrs. Trotz dieser relativ kleinen Anteile könnten die Auswirkungen des Luftverkehrs auf den Klimawandel höher sein, als es die Gesamtmenge der Emissionen zunächst erwarten lässt: Der Ausstoss von Wasserdampf, Stickoxiden und die Bildung von Kondensstreifen in grosser Höhe verstärkt die Folgen des Flugverkehrs auf das Weltklima. Der Luftverkehr kann nur mit einer effizienteren Nutzung der Energie und einem geringeren Treibstoffverbrauch die Emissionen eindämmen. Gleichzeitig können politische Massnahmen, mit denen CO₂-Kosten in die Flugpreise einbezogen werden, dazu beitragen, auf die Nachfrage einzuwirken.

Die Energieeffizienz der Flugzeuge hat sich stetig verbessert, vor allem dank der Möglichkeiten, die Verbundstoffe bei der Flugzeuggrösse und Tragflächenkonstruktion eröffnet haben (Abb. 4.26). Die Einführung der neuesten Modelle wird einen weiteren Fortschritt bringen, da diese dank geringerer Treibstoffkosten, höherer Betriebseffizienz und weniger Gewicht pro Passagier insgesamt 15% weniger Kosten pro Flugmeile verursachen.

Dennoch wiegt die Zunahme des Passagieraufkommens jegliche Effizienzverbesserungen wieder auf. Bisher entsprach der Zuwachs an Passagiermeilen ungefähr dem Doppelten des BIP-Wachstums. Die International Air Transport Association (IATA) rechnet mit einem Anstieg des jährlichen Passagieraufkommens um 5,6% zwischen 2005 und 2009 (Box 4.27). Sie erwartet ausserdem ein Wachstum des Luftfrachtvolumens um 6,3%, was auf die zunehmenden Distanzen zwischen Produktionsort und Ort des Endverbrauchs zurückzuführen ist. In der weiteren Zukunft werden Flugreisen auch für viele Bewohner der Entwicklungsländer erschwinglich werden, womit die Wachstumsraten weiter steigen dürften.

Beim Flugzeugtreibstoff ist bislang keine Alternative zum Kerosin in Sicht. Eine Substitution der Kohlenwasserstoffe durch andere Energiequellen, etwa Wasserstoff, ist unwahrscheinlich. Erstens würden verschärfte Sicherheitsstandards die Nutzung von Wasserstoff nicht erlauben, da dieser Treibstoff hochgradig reaktiv ist – die Explosion der Hindenburg über Lakehurst führte dies deutlich vor Augen. Zweitens wären die für Wasserstoff oder Erdgas benötigten Druckbehälter für den Einsatz in Flugzeugen viel zu schwer. Leichtflugzeuge können zwar ausschliesslich mit Solarenergie angetrieben werden, doch eignen sie sich nur für eine Person oder kleine Gruppen, bieten wenig Komfort und sind in ihrer Nutzung sehr eingeschränkt, so dass kein regulärer Flugbetrieb möglich wäre.

Regulierung der Luftfahrt

Die einzige Möglichkeit für eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen des Luftverkehrs wäre eine Erhöhung der Flugpreise, um so die Nachfrage zu senken. Angesichts der wichtigen Rolle der Luftfahrt für die Wirtschaft bleibt eine politische Unterstützung für einen Einbezug der CO₂-Emissionen in die Flugpreise fraglich. Dazu findet ein grosser Teil des Luftverkehrs zwischen verschiedenen Ländern statt, weshalb zumindest eine regionale, idealerweise sogar eine globale Initiative erforderlich wäre, um die Treibhausgase einzudämmen. Bislang sieht das Kyoto-Protokoll allerdings noch keine Massnahmen vor, um Emissionen aus der Luftfahrt zu reduzieren, da diese nur schwer einzelnen Ländern zugeordnet werden können. Ein im Juni 2006 im Europäischen Parlament eingebrachter Gesetzesantrag fordert die Einführung von Kerosinsteuern sowie eine Besteuerung aller nationalen und intereuropäischen Flüge, um die Kosten für Kohlendioxidemissionen zu berücksichtigen. Der Antrag fordert ausserdem, die Auswirkungen von Kondensstreifen und Aerosolen in der

Stratosphäre, die von Flugzeugen stammen, zu erforschen. Eine Eingliederung in den Emissionshandel wäre zwar schwierig, ist aber unerlässlich, um die Emissionen aus dem Luftverkehr zu reduzieren.

Regulierung des Verkehrs

Im Gegensatz zu industriellen Aktivitäten, die an bestimmten Standorten grosse Mengen an konzentrierten Emissionen verursachen, wie beispielsweise die Zement- und Stahlherstellung, stammen die Emissionen des Verkehrssektors von einer Vielzahl kleiner und ineffizienter Motoren, die fossile Treibstoffe verbrennen. Daher müssen regulatorische Massnahmen zur Senkung des Treibhausgasausstosses aus dem Verkehr entweder auf den Einsatz verbesserter Transporttechnologien oder auf die Minderung des Transportbedarfs abzielen.

Die technischen Möglichkeiten reichen von verbindlichen Standards für die Fahrzeugtreibstoffe, wie sie in einigen asiatischen Ländern sowie in den USA gelten, bis hin zu Standards für die Fahrzeugtechnik, wie beispielsweise die kalifornischen Gesetze für emissionsfreie Fahrzeuge. Solche Standards haben bislang eine Effizienzverbesserung von ca. 1 bis 2 % pro Jahr erzielt. Die geplante verstärkte Nutzung von Biotreibstoffen (z.B. in der EU und in den USA) wird einen weiteren kleinen Beitrag zur Senkung des Treibhausgasausstosses leisten.

Es bestehen kaum regulatorische Vorgaben mit nennenswertem Einfluss auf das Verkehrsaufkommen, und heutige Anreize sind nicht immer konsistent und effizient konzipiert. So bezahlen zum Beispiel die Strassenbenutzer nur selten direkt für die entsprechenden Infrastrukturkosten; diese werden meist in Form von Steuern indirekt entrichtet. Flugtreibstoff wird gar nicht besteuert, während Fahrzeugbenzin allgemein einer Steuer unterliegt (die mitunter wieder in die Transportinfrastruktur fliesst). Der Schienenverkehr ist dagegen oft von Subventionen für Betrieb und Neuausstattung abhängig.

Abb. 4.28: Verkehr im Überblick

	Bei unverändertem Verhalten	Schritte in Richtung 2000-Watt-Szenario
Hersteller- und Verbraucher-Verhalten	Schwerpunkt auf Grösse, Motorleistung und Zusatzfunktionen statt auf sparsamen Verbrauch.	Treibstoffeffizienz ist das Hauptkriterium beim Fahrzeugkauf.
	Nachfrage nach Flügen und Autos wächst wie erwartet.	Vermehrte Nutzung von Videokonferenzen, lokaler Tourismus, Schienenverkehr; Bereitstellung angemessener öffentlicher Transportmittel. Weniger Pendler durch bessere Raumplanung.
Technologie	Stufenweise Verbesserung der Energieeffizienz bei verschiedenen Transportmitteln in Höhe von 1–2 % pro Jahr.	Verbesserung der Energieeffizienz in verschiedenen Transportmitteln in Höhe von 4–5% pro Jahr dank neuartiger Fahrzeugkonzepte; Fahrzeuggewicht sinkt um mindestens 60%.
	Fortschritte bei der Energieeffizienz werden grösstenteils durch zusätzliche Techniken und Komfortfunktionen wie GPS, Klimaanlage usw. zunichte gemacht.	Durchbruch der Brennstoffzelle. Zweite Generation der Biotreibstofftechnologie wird einsatzreif und wettbewerbsfähig.
Regulierung	Kaum Anreize, um die Verbraucherseite des Transportsektors zu beeinflussen.	Auf Flugzeugtreibstoff erhobene Steuern werden in die Fracht- und Passagierkosten einbezogen.
	Eine auf den Schienenverkehr abgestimmte Koordination unterschiedlicher Verkehrsmittel bleibt ein Wunschtraum.	Emissionsbesteuerung auf Basis von Grösse, Fahrzeugnutzung und Treibstoffeffizienz.

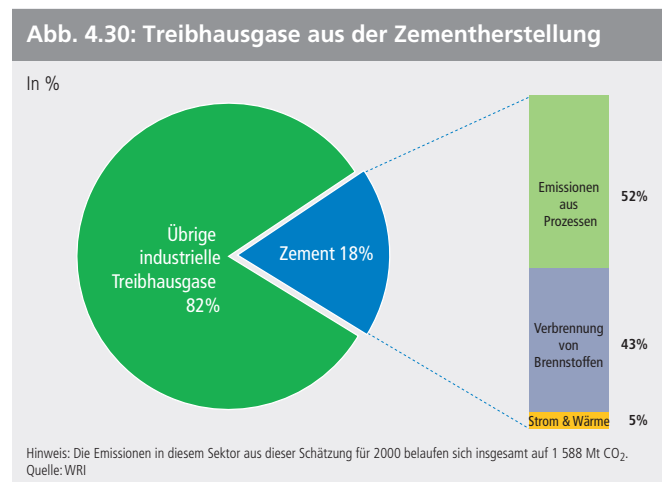
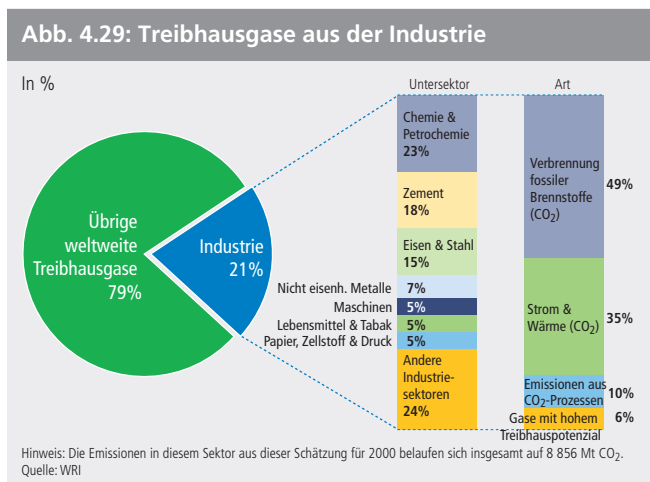
Quelle: UBS WMR

Zusammenfassung Verkehr

Der Verkehrssektor wird weitere stufenweise Fortschritte bei der Verbesserung seiner Energieeffizienz machen, da es gilt, die Betriebskosten (im Flug- und Schienenverkehr) zu senken und sich einen Wettbewerbsvorteil zu sichern (Hybridautos, Brennstoffzellen, Mischtreibstoffe). Wenn diese Bemühungen jedoch eine echte Senkung der Emissionen erreichen sollen, müssen die Massnahmen zur Effizienzverbesserung schneller umgesetzt werden, als der Verkehr zunimmt. Manche Hybridfahrzeuge sind zwar doppelt so effizient wie die herkömmlichen Autos, sind aber sehr teuer und für die meisten Verbraucher gerade in Entwicklungsländern unerschwinglich. Mit zunehmender Konkurrenz, Masseneffekten und Effizienzgewinnen dürften die Preise von Hybridfahrzeugen jedoch sinken. Im Luftverkehr wiederum dürften ohne weitere regulatorische Massnahmen die Emissionen weiter zunehmen, da die grosse Nachfrage die Effizienzverbesserungen zunichte machen dürfte.

Anhaltend hohe Energiepreise könnten den Bedarf für eine bessere Treibstoffeffizienz bei Fahrzeugen und im öffentlichen Transport erhöhen. Die derzeitigen Gesetze zielen vor allem auf technische Verbesserungen ab, die bislang allerdings nur eine Steigerung der Energieeffizienz um 1 bis 2% pro Jahr hervorgebracht haben. Jedoch kann nur dann eine Senkung der Treibhausgasemissionen erreicht werden, wenn die Effizienzverbesserungen die Zunahme des Verkehrs aufwiegen. Um ein jährliches Wachstum der Transportnachfrage von knapp über 2% ausgleichen zu können, müsste die Fahrzeugeffizienz mehrere Jahrzehnte lang jährlich um ca. 4% zunehmen, bis schliesslich ein 2000-Watt-Szenario erreicht wäre. In der Luftfahrt, wo das Wachstum sogar noch höher ausfällt, müsste die Effizienz pro Jahr um mindestens 6% gesteigert werden. Doch unabhängig davon, ob nun eine drastische Verbesserung der Effizienz oder eine Senkung der Nachfrage angestrebt wird, ist beides nur möglich, wenn die politischen Rahmenbedingungen Veränderungen bei den Fahrzeugen sowie einen Rückgang des Verkehrs fördern. Dazu würden Mindeststandards für die Treibstoffeffizienz ebenso gehören wie eine Emissionsbesteuerung nach Gewicht, Streckenkilometern und Motoreffizienz.

Die meisten Verkehrsmittel werden in Massenproduktion gefertigt, verwenden dieselbe Antriebstechnik (d. h. Verbrennungsmotoren oder Düsentriebwerke) und werden zumeist mit denselben Treibstoffen angetrieben (Benzin, Diesel oder Kerosin). Damit ist diese Industrie leicht regulierbar. Politische Massnahmen könnten die Kosten der fossilen Brennstoffe erhöhen, den Verkehrsanstieg bremsen und die Nachfrage auf Transportmittel lenken, die energieeffizienter sind und erneuerbare Energie nutzen.



Industrieprozesse und Materialverbrauch

Industrieemissionen

Industrielle Fertigungsprozesse verursachen ein Fünftel der weltweiten Treibhausgasemissionen (Abb. 4.29). Zu den primären Verursachern gehören Chemie- und Petrochemie, Zement- und Stahlherstellung sowie die Fertigung von Maschinen. Der Verkehr stösst in erster Linie Kohlendioxid aus, in der Industrie entstehen ganz verschiedene Arten von Treibhausgasen, neben Kohlendioxid etwa Methan sowie Gase mit sehr hohem Potenzial für die Klimaerwärmung wie Fluorkohlenwasserstoffe, Perfluorkarbene und Schwefelhexafluorid. Während im Verkehr eine grosse Zahl kleiner Verursacher Emissionen verursachen, ist es in der Industrie eine relativ kleine Anzahl grosser Verursacher.

Die Treibhausgasemissionen aus Industrieprozessen und der Werkstoffherstellung dürften langsamer zunehmen als der Ausstoss anderer Bereiche. Allerdings werden diese Emissionen vermehrt in Entwicklungs- und Schwellenländern entstehen. Die Wirtschaft vieler dieser Länder wächst rasch, zudem verlagern viele Firmen ihre Produktion aus Industrieländern in Gebiete mit geringeren Arbeitskosten. Die Industrieländer haben ihrerseits dank einer verbesserten Energieeffizienz die Emissionsintensität ihrer Industrien beträchtlich gesenkt. Politische Massnahmen sind in diesem Bereich sehr komplex, da:

1. uneinheitliche politische Rahmenbedingungen die Unternehmen dazu veranlassen könnten, ihre Produktion in Länder mit laxeren Umweltschutzgesetzen zu verlagern;
2. viele industrielle Aktivitäten die Grundlagen für das weltweite Wirtschaftswachstum bilden und nur schwer eingeschränkt werden können, so zum Beispiel die Produktion von Stahl und Zement;
3. die Produktion immer mehr in Schwellenländer verlagert wird, die nicht zu einer Emissionssenkung im Sinne des Kyoto-Protokolls verpflichtet sind; und
4. die Schwellenländer das meiste Potenzial haben, die Emissionsintensität in industriellen Prozessen zu senken.

Grosse Fertigungsanlagen und Industriebetriebe sind für eine lange Lebensdauer konzipiert, was die Anwendung neuer Verfahren verlangsamt. Allerdings kann ein Produktionsprozess auch rasch veralten, wenn ein ganz neues, bahnbrechendes Verfahren auf den Markt kommt. Die Vielfalt der Prozesse und Produkte, die zur Industrieproduktion und Werkstoffherstellung eingesetzt werden, erschwert es, generelle Richtlinien zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu erstellen. Mögliche Lösungen für die Optimierung von Prozessen und die Steigerung der Materialeffizienz lassen sich in die folgenden Kategorien einteilen:

Verbesserung oder Neukonzeption von Prozessen. Veraltete Produktionsprozesse können durch effizientere Verfahren ersetzt werden. Beispiele sind die Rückgewinnung von Wärme oder der Einsatz von Katalysatoren zur Senkung der hohen Temperaturen, die bei der Produktion benötigt werden. In einigen Industriesektoren, wie beispielsweise bei der Herstellung von Zement, Kunststoff und Stahl, wäre ein völlig neuer Produktionsprozess erforderlich, um den Ausstoss an Treibhausgasen deutlich zu senken. So braucht zum Beispiel die Kunststoffherstellung sehr viele fossile Rohstoffe. Es sind jedoch bereits Verfahren in Entwicklung, mit denen Kunststoffe aus Biomasse hergestellt werden können (weitere Beispiele im Abschnitt zu Chemikalien auf Seite 65).

Ersetzen von Produkten. Es könnten Ersatzprodukte für einen bestimmten Bedarf entwickelt werden, beispielsweise elektronische Nachrichten anstelle gedruckter Zeitungen oder Enzyme anstelle von Chemikalien.

Senkung des Materialverbrauchs. Mit einem besseren Design können viele Produkte dieselben Funktionen bei viel geringerem Materialverbrauch erfüllen. Beispiele hierfür sind Fahrzeuge in Leichtbauweise und der Verpackungssektor (Box zur Leichtbauweise auf Seite 51). Novatlantis zufolge haben die Hersteller in den letzten 40 Jahren das Gewicht von Glasflaschen um 45 % reduziert, wobei eine Reduktion um weitere 30 % durch den Einsatz ultraleichter, mit Polyethylen beschichteter Flaschen geplant ist. Bei Verbrauchsgütern bedeuten Verbesserungen bei der Werkstoffverwendung häufig auch mehr Komfort (z. B. kleinere und leichtere Mobiltelefone).

Recycling von Materialien. Die Wiederverwertung energieintensiver Abfälle und gebrauchter Produkte verbessert die Energie- und Ressourceneffizienz.

Intensivere Produktnutzung. Vermietung, gemeinsame Nutzung und Verleih senken den Materialbedarf, weil die Infrastruktur intensiver benutzt wird. Die Informationstechnologie unterstützt zwar diesen Wandel; vor allem kommt es dabei jedoch auf ein Umdenken im Hinblick auf organisatorische Abläufe und Verhaltensweisen an.

Zement

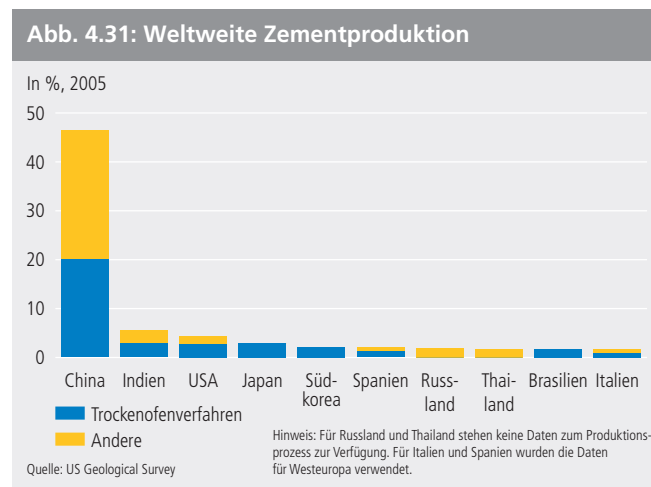
Noch kein echter Durchbruch in Sicht

Die Zementindustrie verursacht rund 18% aller industriellen Kohlendioxidemissionen und ca. 5% des gesamten weltweiten CO₂-Ausstosses (Abb. 4.29). Die Emissionen entstehen einerseits, weil das Heizen der Zementöfen viel Energie verbraucht, und andererseits bei der chemischen Reaktion bei der Herstellung von Klinker, dem Hauptbestandteil von Zement. Die Industrie hat in den letzten zwei Jahrzehnten grosse Fortschritte bei der Reduktion der Treibhausgasintensität erzielt. Angesichts eines prognostizierten Wachstums des Zementbedarfs um weitere 140 bis 160 % bis 2050 stehen die Zementunternehmen aber vor einer enormen Herausforderung: Allein um dieses Wachstum auszugleichen und dabei den Ausstoss insgesamt konstant zu halten, müsste die Zementindustrie bis 2050 die Emissionen pro produzierte Menge Zement um 60 % senken.

Es gibt im wesentlichen drei Ansätze für eine solche Reduktion: Eine Verbesserung der Energieeffizienz in der Produktion (z. B. indem das ineffiziente Nassverfahren durch das Trocken- oder Halbtrockenverfahren ersetzt wird), Änderungen im Brennstoffmix (z. B. Einsatz von kohlenstoffarmen Brennstoffen wie Erdgas und von Brennstoffen aus Abfall wie Altöl und Altreifen) und eine Senkung des Klinkeranteils im Zement (z. B. indem Klinker durch industrielle Nebenprodukte wie Flugstaub ersetzt wird). Einem Bericht aus dem Jahr 2002 des World Business Councils zufolge könnten Massnahmen in diesen drei Bereichen die Emissionsintensität der Zementproduktion um mindestens 30 % senken.

Während der Zementbedarf in den Industrieländern stagniert, nimmt er in den Entwicklungs- und Schwellenländern rasch zu. 2005 hatte China einen Anteil von 47 % an der weltweiten Zementproduktion, während auf die USA nur 5 % entfielen (Abb. 4.31). Die Entwicklungs- und Schwellenländer setzen meist wenig energieeffiziente Produktionsprozesse ein, wogegen die Industrieländer weitgehend zu dem effizienteren Trockenofenverfahren übergegangen sind. China produziert weniger als die Hälfte seines Zements im Trockenverfahren, entsprechend gross ist dort das Potenzial für eine Senkung der Emissionen. Energieeffizientere Verfahren zur Zementproduktion können noch viel dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen einzudämmen. In den Industrieländern ist diese Entwicklung schon recht weit fortgeschritten.

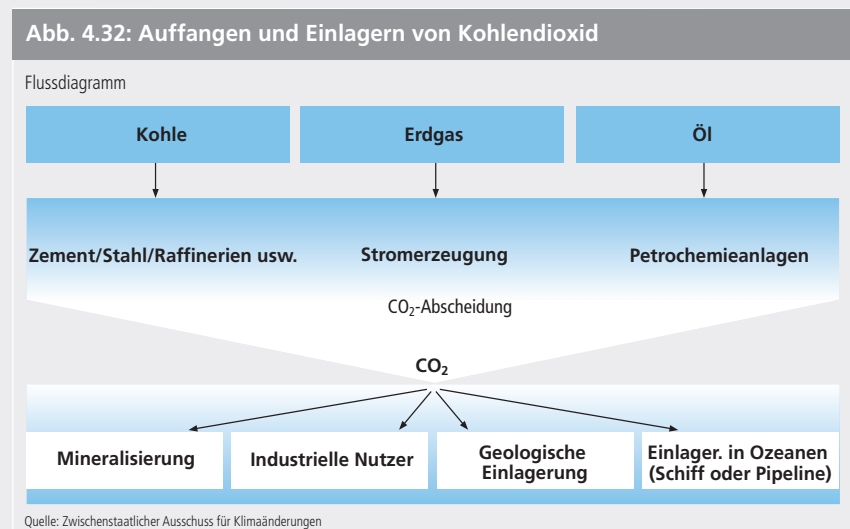
Wie in vielen anderen kohlendioxidintensiven Industrieprozessen könnten auch bei der Zementherstellung die Emissionen mit einem Verfahren zur Abscheidung und Einlagerung von Kohlendioxid unter Kontrolle gebracht werden (Box unten). Dieses Verfahren ist jedoch kein Allheilmittel für alle Unternehmen dieses Sektors. Solange die Zementindustrie also nicht gerade das Rad neu erfindet und einen deutlich weniger energieintensiven Herstellungsprozess entwickelt, ist ein Rückgang der Emissionen unwahrscheinlich. Da selbst das energieeffizienteste Verfahren zur Zementproduktion grosse Mengen an Treibhausgasemissionen mit sich bringt, sind umfassende Emissionssenkungen eigentlich nur durch die Entwicklung eines neuen Produkts möglich, das an die Stelle von Zement treten kann.



CO₂-Abscheidung

Um die Menge an Kohlendioxid zu reduzieren, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in die Umwelt gelangt, erforschen Unternehmen und Regierungen Möglichkeiten zur Abscheidung und Einlagerung von Kohlendioxid (CCS) entweder im Boden, in den Ozeanen, in industriellen Anwendungen, oder durch die Bindung in Mineralien (Abb. 4.32). Ein Bericht vom IPCC vom September 2005 kommt zum Schluss, dass die Einlagerung des Kohlendioxids von Kraftwerken und Fabriken eine entscheidende Rolle bei der Eindämmung der Folgen des Klimawandels spielen könnte. Viele Elemente dieser Technologie befinden sich noch im Entwicklungsstadium, andere sind dagegen bereits ausgereift. So wird beispielsweise Kohlendioxid schon seit mehr als 30 Jahren in Ölfelder gepumpt, die sich der Erschöpfung nähern, um damit die Ölausbeute zu erhöhen. Diese Option ist rentabel, weil die Kosten mit dem Verkauf des zusätzlich gewonnenen Öls gedeckt werden können. Allerdings ist dies nicht bei allen CCS-Verfahren möglich. So müssten Kraftwerke zusätzliche Energie erzeugen, um das Kohlendioxid abzu-

scheiden, was vermutlich die Kosten und Strompreise erhöhen würde. Andere Anwendungen wie die Einlagerung in Ozeanen oder die Bindung in Mineralien werden noch erforscht. Allerdings besteht kaum ein Anreiz, diese Technologie zu entwickeln und anzuwenden, so lange es keine staatliche Massnahmen zum Klimaschutz gibt, die CO₂-Emissionen mit Kosten belegen.



Eisen und Stahl

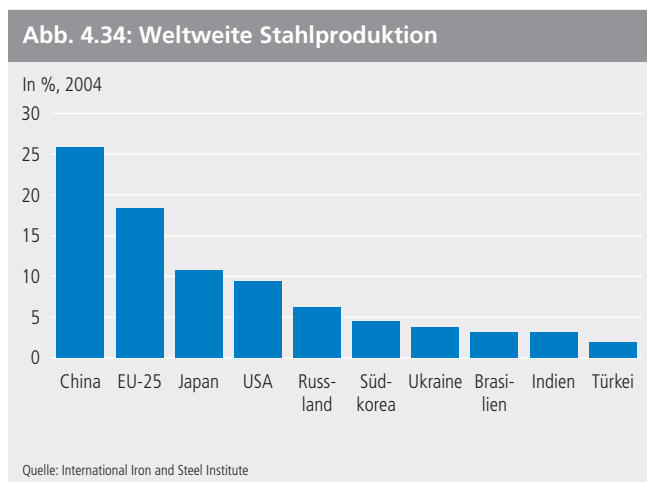
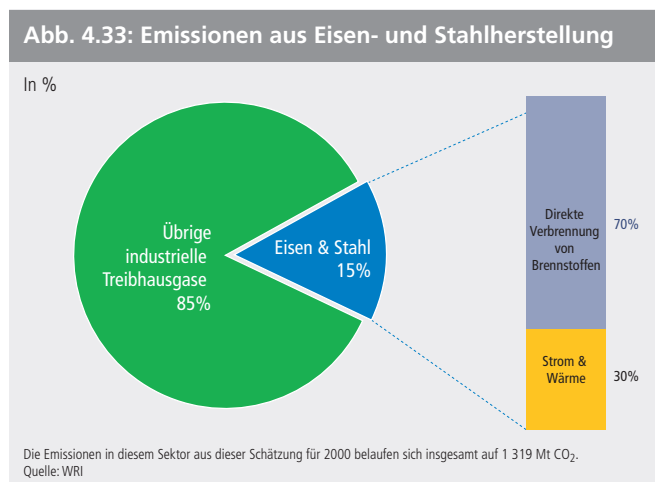
Wenig Spielraum für Reduzierungen

Die Eisen- und Stahlherstellung verursacht gut 3% der Treibhausgasemissionen und 15% der gesamten industriellen Emissionen (Abb. 4.33).

Im wesentlichen gibt es zwei Verfahren zur Stahlherstellung, die sich sowohl im Energieverbrauch als auch in der CO₂-Intensität unterscheiden: die Direktreduktion von Eisenerz im Hochofen oder das Lichtbogenverfahren unter Verwendung von Schrott. Laut einer Untersuchung des International Iron and Steel Institute (IISI) entstehen bei der Herstellung von einer Tonne Rohstahl aus dem Hochofen 2,3 Tonnen Kohlendioxid. Zwei Drittel der weltweiten Stahlproduktion erfolgen nach diesem Verfahren. Bei der Herstellung der gleichen Stahlmenge mit dem Lichtbogenverfahren werden je nach CO₂-Intensität des Stroms, die zur Herstellung verwendet wird, hingegen nur zwischen 0,12 und 0,83 Tonnen Kohlendioxid freigesetzt.

Die Nachfrage nach Stahl steigt derzeit zwischen 3 und 5% jährlich und damit viel stärker als im Jahresdurchschnitt von 1% der letzten 30 Jahre. Der Stahlbedarf wächst genau wie die Zementnachfrage so stark, weil in den Entwicklungs- und Schwellenländern die Infrastrukturen schnell wachsen und die Industrialisierung zunimmt. (Abb. 4.34).

Bei der Stahlherstellung ist eine Senkung der Treibhausgasemissionen zwar grundsätzlich machbar, doch ist ein sofortiger Rückgang äusserst unwahrscheinlich. Der Einsatz von emissionsärmeren Prozessen wie dem Lichtbogenverfahren sind vor allem durch die Verfügbarkeit von Schrott und nicht zuletzt durch Einschränkungen bei Qualität und Haltbarkeit von wiederverwertetem Stahl Grenzen gesetzt. Bei einigen Anwendungen wie beispielsweise im Autosektor wird Stahl zunehmend durch alternative Werkstoffe ersetzt. Über die gesamte Lebensdauer hinweg betrachtet, werden damit im Autobereich die Treibhausgasemissionen gesenkt. Solche Substitutionseffekte müssen aber nicht zwangsläufig das Wachstum der Stahlnachfrage verlangsamen. Laut IISI «stossen Effizienzverbesserungen bei der [traditionellen] Stahlherstellung an theoretische Grenzen, so dass eine direkte Senkung des Kohlendioxidausstosses fast unmöglich ist», wenn keine Initiativen zur Entwicklung neuer, bahnbrechender Verfahren für die Stahlproduktion ergriffen werden.



Chemieindustrie (weisse Biotechnologie)

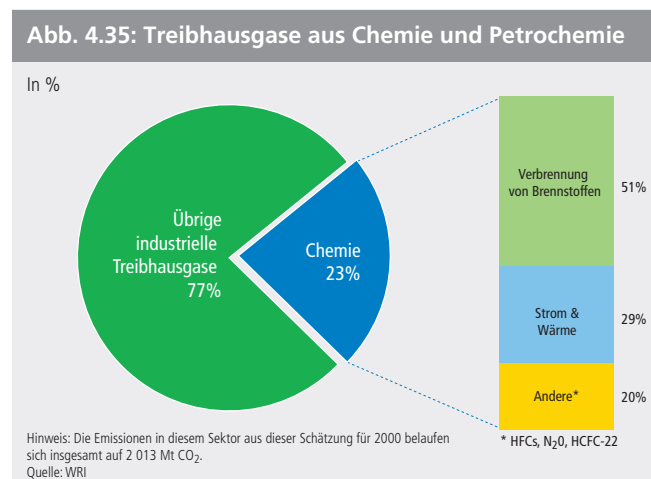
Mikroorganismen und Enzyme als Ausweg

Die Chemieindustrie benötigt extrem viel Energie, sowohl für ihre Brennstoffe als auch für die Rohmaterialien. Sie ist daher einer der grössten industriellen Verursacher von Treibhausgasen, mit einem Anteil von rund 5% am gesamten Ausstoss (Abb. 4.2). Bestimmte energieintensive Untersektoren wie die Herstellung von Stickstoffdünger oder Ethylen sowie die Elektrolyse tragen in besonderen Mass hierzu bei. Zwar bieten manche Chemikalien wenig Raum für Emissionssenkungen, doch ist das Potenzial in dieser Branche insgesamt sehr hoch. Die chemische Industrie kann den Ausstoss von Treibhausgasen senken, indem energieeffizientere Produktionsverfahren entwickelt werden und neue Produkte angeboten werden, welche die Energienutzung und -effizienz von nachgelagerten Verfahren verbessern. An vorderster Front steht dabei die Biotechnologie, mit deren Hilfe umfassende Verbesserungen bei der Substitution von Verfahren und Produkten möglich sind.

Die so genannte «weisse Biotechnologie» verwendet Mikroorganismen zur Herstellung von Chemikalien, die früher in sehr energieintensiven Verfahren produziert wurden. Solche Methoden werden seit Jahrhunderten in der Lebensmittelindustrie eingesetzt (z. B. Hefe beim Bierbrauen und Bakterien für Joghurt). Die Branche der weissen Biotechnologie verwendet heutzutage vorwiegend genetisch veränderte Mikroorganismen, um bestimmte Chemikalien wie Enzyme, Hormone, Vitamine und Antibiotika herzustellen. Die Palette reicht von günstiger Massenware wie Ethanol bis hin zu sehr teuren Produkten wie Vitamin B12.

Ziel der weissen Biotechnologie ist es, die Produktionskosten zu senken und Gewinnmargen durch einen geringeren Werkstoffeinsatz und Energieverbrauch zu optimieren. Hierbei ist der Rückgang von Treibhausgasen zwar kein primäres Ziel, aber dennoch eine positive Nebenerscheinung. Vitamin B2 (Riboflavin), ein wichtiges Lebens- und Nahrungsergänzungsmittel, wurde bislang beispielsweise in einem komplexen und teuren sechs- bis achtstufigen chemischen Prozess hergestellt. Durch neue biologische Prozesse, die in den 90er Jahren eingeführt wurden, konnten die Kosten dieses Verfahrens um 40 bis 50% gesenkt werden. Laut einer Studie von BASF/ Ökoinstitut konnte gleichzeitig auch die Intensität der Treibhausgasemissionen um 30% verringert werden.

Ein gutes Beispiel für die Möglichkeiten, welche der Ersatz von herkömmlichen Erzeugnissen mit biotechnologischen Produkten bietet, sind Enzyme. Dank ihnen steigen die Erträge und sinkt der Bedarf an Energie und Wasser. Damit wirken sie sich positiv auf die Ökoeffizienz industrieller und nachgelagerter Verfahren aus. Enzyme sind Proteine, die als Katalysator zur



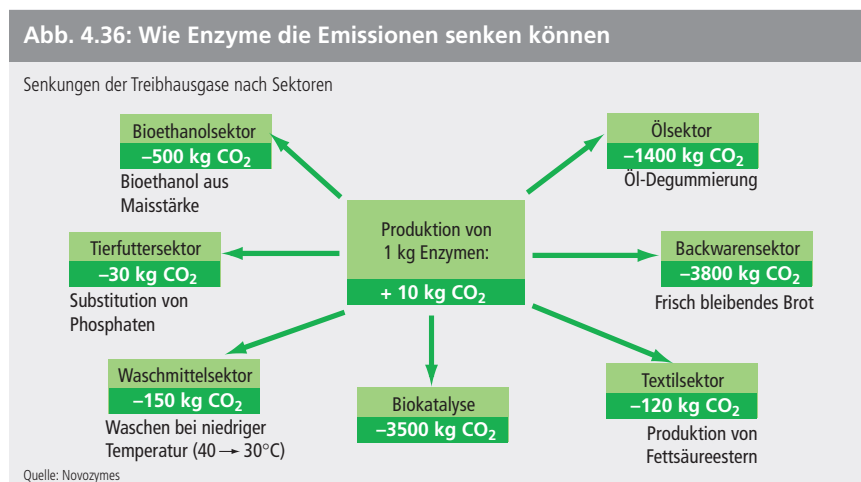
Beschleunigung chemischer Reaktionen dienen, die normalerweise gar nicht oder wesentlich langsamer auftreten würden. Sie können zahlreiche synthetische Chemikalien ersetzen und so die Umweltverträglichkeit vieler Produkte verbessern. Enzyme werden bereits in den Bereichen Biotreibstoffe, Zellstoffe und Papier, Lebensmittelverarbeitung, Tierfutter, Bergbau und Textilien eingesetzt (Abb. 4.36). Der grösste Einzelmarkt für industrielle Enzyme (25 bis 30%) sind aber Reinigungsmittel. Mit Enzymen können Kleidung und Geschirr leichter und bei geringeren Temperaturen gereinigt werden, was Wasser und Strom spart.

Der vermehrte Einsatz von weisser Biotechnologie in der chemischen Industrie birgt erhebliche Chancen für Kostensenkungen und Energieeinsparungen. Viele Chemieunternehmen untersuchen deshalb, bei welchen Produkten solche Verfahren eingesetzt werden könnten und die Kosteneinsparungen so gross sind, dass sie die Anfangsinvestitionen decken. Einer McKinsey-Studie von 2003 zufolge liegt der Anteil an biotechnischen Produktionsverfahren in der chemischen Industrie bei 5%, wobei bis 2010 ein Anstieg auf 10 bis 20% prognostiziert wird. Die Durchdringung ist dabei von verschiedenen Faktoren abhängig, zum Beispiel von den Preisen für Rohöl und landwirtschaftliche Grundstoffe, von technischen Entwicklungen sowie vom politischen Willen, diese neue Technologie zu unterstützen.

Regulierung von Industrieprozessen und Materialverbrauch

Die Industrie- und Werkstoffsektoren, die sich am besten für die Aufnahme in ein neues Regulierungsschema eignen, sind diejenigen, deren Treibhausgasemissionen auf eine Quelle konzentriert sind, wie z. B. die Stahl- und Zementherstellung. Zusammen mit anderen sehr energieintensiven Sektoren stehen diese im Mittelpunkt der Emissionssenkungen, die durch das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) angestrebt werden.

Inwieweit energieintensive Unternehmen wie Stahl- und Zementhersteller von neuen gesetzlichen Vorgaben betroffen sein werden, hängt von den technischen Fähigkeiten, dem Standort, dem Produktmix und der Managementstrategie ab. Die direkten Auswirkungen des EU-ETS auf industrielle Herstellungsbetriebe während der Phase I wurden als eher klein betrachtet, da den meisten Unternehmen ein Überschuss an Zertifikaten zugeteilt wurde. Indirekt mussten Unternehmen mit hoher Präsenz in der EU jedoch die höheren Strompreise kompensieren, welche die Einführung dieses Schemas mit sich brachte. Europäische Fabriken haben allerdings oft wenig Spielraum für weitere Senkungen ihrer Emissionen und könnten daher gezwungen sein, in Phase II Emissionsgutschriften zu kaufen.



Die industrielle Fertigung grosser Volumen wird zunehmend in Schwellenländer verlagert, wo die Produktionskosten geringer sind, man näher bei den Rohstoffen und den Absatzmärkten ist und wo die Umweltauflagen weniger streng sind. Abgesehen von bahnbrechenden Produktionsverfahren liegt die einzige Möglichkeit, CO₂-Emissionen zu regulieren, in einem weltweiten Emissionshandelssystem, in dem die gesamte Industrie Emissionsrechte kaufen muss. Einige Industrieerzeugnisse wie beispielsweise Zement und Stahl sind aus der heutigen Welt nicht mehr wegzudenken und es gibt zahlreiche andere Bereiche, in denen eine Reduktion der Treibhausgasemissionen effizienter erreicht werden kann. Zement ist ein wichtiger Faktor des wirtschaftlichen Wachstums, weshalb eine Erhöhung seines Preises kein wirksames Mittel ist, um umfassende Umweltziele in den Entwicklungsländern zu erreichen.

Neben der Konzentration auf grosse Emissionsverursacher besteht eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der CO₂-Emissionen aus industriellen Prozessen und des Materialverbrauchs darin, die Energieeffizienz von Produktionen zu regulieren. Dies, indem neue Verfahren und Produkte gesetzlich vorgeschrieben und bestimmte Erzeugnisse vom Markt genommen werden. Beispiele hierfür sind Energiestandards für Klimaanlage und Mindestanforderungen bei Isolierungstoffen.

Zusammenfassung Industrieprozesse und Materialverbrauch

Bei den Industrieprozessen und dem Materialverbrauch sehen die Prognosen für eine Senkung der Emissionen sehr unterschiedlich aus. Einerseits ist das Potenzial der grossen industriellen Verursacher, den Treibhausgasausstoss zu reduzieren, gering. Es gibt oft keine geeigneten Ersatzprodukte oder alternative Herstellungsverfahren, und die steigende Nachfrage macht sämtliche Effizienzgewinne oder schrittweisen Verfahrensverbesserungen wieder zunichte. Ferner bilden diese Produkte die Grundlage für den Grossteil der wirtschaftlichen Entwicklung. Dennoch geraten energieintensive Aktivitäten wie diese leicht ins Fadenkreuz von Regulierungsbemühungen. Die Regulierung der Emissionen auf diesem Gebiet ist jedoch meist weniger effektiv als andernorts. Allerdings könnte die Chemiebranche mit ihren Produkten die CO₂-Emissionen bei nachgelagerten Prozessen erheblich senken. Eine weitere signifikante Reduktionsmöglichkeit bietet das CCS-Verfahren.

Obwohl der Anstieg von Treibhausgasemissionen durch Industrieprozesse und Werkstoffnutzung weniger stark ausfällt als beim Verkehr, sind wesentliche Emissionssenkungen, wie sie unser 2000-Watt-Szenario vorsieht, unter den derzeitigen Gesetzen eher unwahrscheinlich. Energieintensive industrielle Prozesse können zwar leicht durch gesetzliche Bestimmungen geregelt werden, doch um die Emissionen tatsächlich zu senken, braucht es teure Massnahmen, die im Hinblick auf die hohe Nachfrage nach Infrastrukturen in Entwicklungsländern oft nicht umsetzbar sind. Häufig können die höchsten Senkungen durch eine energieeffizientere Bereitstellung eines Produkts (oder auch einer Funktion) über die gesamte Produktlebensdauer hinweg erzielt werden. Daher sind gesetzliche Regulierungen in diesem Sektor wahrscheinlich am besten über Standards umzusetzen, die auf der besten Technologie basieren und die Bereitstellung der Produkte definieren. Solche Standards sind jedoch nur schwer anzuwenden, da Systemgrenzen oftmals nicht klar absteckbar sind und zahlreiche unterschiedliche Produkte und Erzeuger an der Endproduktion beteiligt sind.

Es scheint, dass Einzelpersonen nur wenig Einfluss auf diese Vorgänge nehmen können, da es für die meisten Produkte kaum Alternativen gibt und sie oftmals die Grundlage für wichtige Infrastrukturen sind. Trotzdem ist es letztendlich die Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen, welche die industriellen Prozesse bestimmt.

Abb. 4.37: Industrieprozesse und Werkstoffnutzung im Überblick

	Bei unverändertem Verhalten	Schritte in Richtung des 2000-Watt-Szenarios
Produzenten- und Verbraucher-Verhalten	Starke Fokussierung auf Menge und Grösse von Konsumprodukten (Statussymbole).	Starke Fokussierung auf Qualität statt auf Quantität der Produkte.
	Starke Fokussierung auf Produkte statt Dienstleistungen.	Starke Fokussierung auf Haltbarkeit und Funktionalität. Weniger energieintensive Produkte treten zunehmend im Verbraucherbewusstsein in den Vordergrund (z.B. Kaltwaschmittel).
Technologie	Herkömmli. Produktionsverf. in stark umweltbelastenden Branchen (z.B. Stahl + Zement) werden weiter genutzt.	Durchbruch bei Verfahren zur Senkung der Emissionen aus stark umweltbelastenden Branchen.
	Schrittweise Verbesserungen der Energieeffizienz bei industriellen Prozessen.	Einführung innovativer Technologien, die Prozesse und Produkte verändern (z.B. Biotechnologie).
Regulierung	Weiterhin Fokussierung auf grosse ind. Verursacher, statt Senkungen bei anderen Aktivitäten zu erzielen.	Politik weitet Bestimmungen auf kosteneffizientere Reduktionspotenziale aus.
	Clean Development Mechanism ermutigt Unternehmen in Industrieländern, in saubere Technologien in Entwicklungsländern zu investieren.	Strenge gesetzliche Anforderungen für die Energieeffizienz von Produkten für den Endverbraucher.

Quelle: UBS

Gebäude

Im Gebäudesektor entstehen 15% der Treibhausgasemissionen (Abb. 4.38). Nach Angaben der Europäischen Kommission entfallen auf den Bau und die Instandhaltung von Gebäuden (einschliesslich Heizung, Klimaanlage, Beleuchtung und elektronische Ausstattung) 40% des Energieverbrauchs in der EU. In den USA ist die Situation vergleichbar. Aufgrund der langen Lebensdauer der meisten Gebäude haben heute getroffene Entscheide über Jahrzehnte hinweg grossen Einfluss auf den Energieverbrauch und die Energieeffizienz. Zwar gibt es immer mehr Niedrigenergiehäuser, doch wird der Energiebedarf in den nächsten Jahrzehnten noch vorwiegend durch bereits gebaute Häuser bestimmt werden. Daher muss die Energieeffizienz bei Neubauten und Gebäudesanierungen ein zentraler Faktor sein, um überhaupt nennenswerte Reduktionen der Emissionen erzielen zu können.

Trotz der langen Lebensdauer von Gebäuden gibt es sehr viele Möglichkeiten, die Energieeffizienz zu verbessern und die Emissionen zu senken. Der durchschnittliche Energieverbrauch eines Wohnhauses liegt bei ca. 1400 Watt pro Person. Im Gegensatz dazu liegt der Energieverbrauch von Minergie-P-Häusern bei 350 bis 550 Watt pro Person, wobei passive Sonnenenergie eine grosse Rolle spielt. Dieser schweizerische Standard setzt höchste Massstäbe für die Energieeffizienz von Privathäusern und gewerblichen Gebäuden. Ein solch tiefer Wert entspricht einer drei- bis vierfachen Reduktion des Energieverbrauchs, aber ohne Komfortverlust. Häuser mit dem Schweizer Minergie-P-Standard oder der deutschen Passivhausnorm werden oft als «Drei-Liter-Häuser» bezeichnet, weil die benötigte Heizenergie drei Litern Heizöl pro Quadratmeter geheizten Bodens pro Jahr entspricht. Jeder dieser Gebäudestandards erzielt die meisten Einsparungen über Verbesserungen bei der Heizung und der Warmwasserversorgung.

Ein Grossteil der Energiesparoptionen bei Gebäuden erfordert hohe Investitionen, die sich jedoch über langfristige Einsparungen bei den Energiekosten wieder bezahlt machen. Das erklärt, warum die meisten gewerblichen Unternehmen Schritte einleiten, um ihren Energieverbrauch zu optimieren: Sie sind gewöhnlich in der Lage, die höheren Anfangsinvestitionen zu tragen und können dann ihre Betriebskosten senken und öffentlich ihr Engagement bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen bekunden. Viele Privatverbraucher können sich dagegen die hohen Investitionskosten nicht leisten oder sie müssen einen Kompromiss zwischen Effizienzverbesserungen des Wohnraums und anderen konkurrierenden Ausgaben finden. Kredite für Effizienzverbesserungen lassen sich jedoch durch langfristig niedrigere Energiekosten finanzieren. Im Folgenden einige Beispiele, wie Energiebedarf und Treibhausgasemissionen beim Bau berücksichtigt werden können.

Abb. 4.38: Durch Gebäude verursachte Treibhausgasemissionen

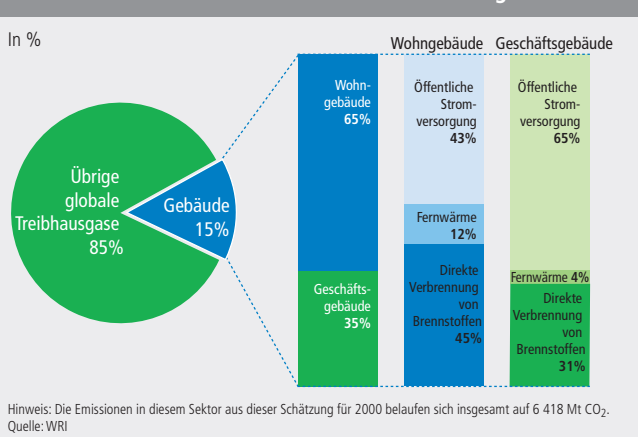
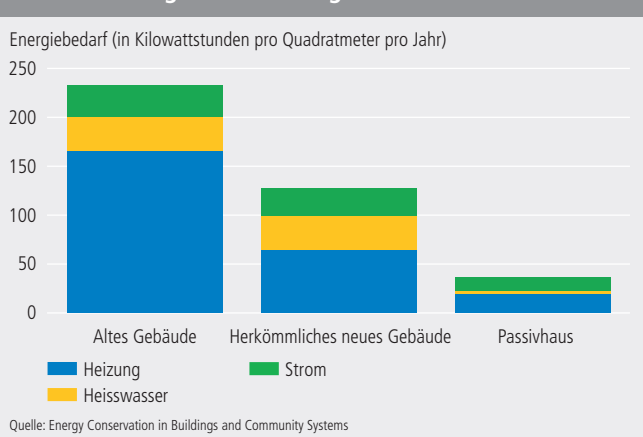


Abb. 4.39: Vergleich des Energiebedarfs von Häusern



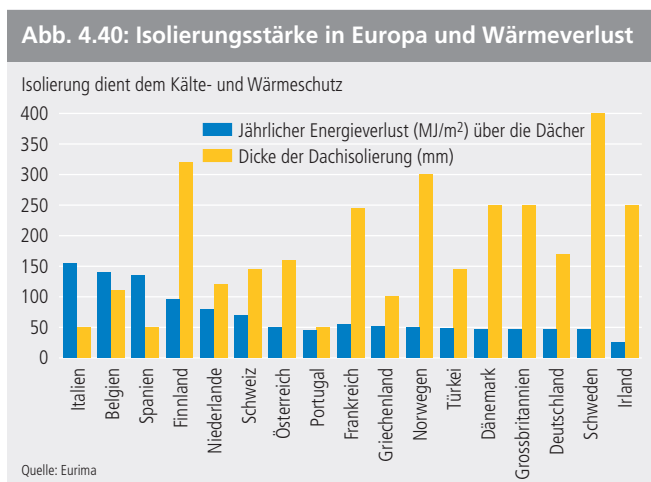
Isolierung. Die Gebäudeisolierung dient als Schutz vor Kälte und vor Hitze und ist somit in allen Klimazonen erforderlich (Abb. 4.40). Der Bedarf für Klimaanlage wird sich in Europa bis 2020 schätzungsweise verdoppeln; auch in Entwicklungsländern wird die Nachfrage steigen. Es braucht mehr Forschung und Entwicklung im Bereich der Hochleistungsthermoisolierung, die gegenüber herkömmlichen Materialien platzsparender ist. Dadurch gäbe es mehr Anreize, auch alte Gebäude auszustatten. Damit die Nachrüstung kosteneffizient ist, müssen neue Isolierungen oftmals mit allgemeinen Gebäudesanierungen kombiniert werden.

Passive Nutzung von Sonnenenergie. Gerade in kühleren Klimazonen kann viel Energie gespart werden, wenn die Häuser richtig isoliert sind, und Jalousien, Blenden und Fenster so eingesetzt und ausgerichtet werden, dass die Sonnenenergie optimal genutzt wird (die so genannte Passivheizung). Hierdurch kann der Energiebedarf für das Heizen und Kühlen erheblich gesenkt werden, der ca. die Hälfte des Energieverbrauchs in Wohnungen und gewerblichen Gebäuden ausmacht.

Heizung, Kühlung und Lüftung. Die gängigen Heiz- und Kühlsysteme sind ineffizient und nicht an die modernen Anforderungen an Komfort und Raumaufteilung angepasst. Auch die Lüftungssysteme, die für Luftqualität und Wärmeenergienutzung eine entscheidende Rolle spielen, sind oft ungenügend. Eine Lösung wäre der Austausch oder die Aufrüstung von heutigen Systemen. So sind beispielsweise 10 Mio. Heizkessel in europäischen Haushalten älter als 20 Jahre. Ein Austausch würde 5 % des Energiebedarfs fürs Heizen einsparen. Ein weiterer Schritt wäre eine bessere Anpassung der Systeme an die Anforderungen des Benutzers. So kann intelligente Software dafür sorgen, dass Energie nur dann verbraucht wird, wenn es auch tatsächlich nötig ist.

Beleuchtung. Die Beleuchtung trägt 5 bis 10 % zum Energiebedarf in Wohngebäuden bei, bei gewerblichen Gebäuden kann dieser Anteil auf bis zu 30 % steigen. Wie durch mehrere Projekte unter Leitung des freiwilligen GreenLight-Programms der EU bewiesen wurde, können Verbraucher ihren Stromverbrauch um bis zu 50 % senken, indem sie die Effizienz der Beleuchtung verbessern. Zu den energiesparenden Technologien zählen Kompaktleuchtstofflampen, Leuchtdioden und Faseroptik.

Elektrische Geräte und Anlagen. 5 bis 10 % des gesamten Stromverbrauchs im Haushalt werden laut IEA nur schon im Standby-Betrieb verbraucht. Anlagen mit integrierter Stromsparfunktion können viel Strom sparen, indem sie bei Nichtbetrieb in einen Stromsparmodes umgeschaltet werden. Genau wie bei der Beleuchtung können auch bei elektrischen Geräten Verbesserungen viel schneller umgesetzt werden als beim Gebäude selbst.



Erneuerbare Energien. Bei der Senkung des Ausstosses von Treibhausgasen durch den Unterhalt von Gebäuden spielen Technologien für erneuerbare Energien ebenfalls eine wichtige Rolle, so z. B. Wärmekollektoren für die Warmwasserversorgung und Photovoltaik-Module zur Stromerzeugung. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass der Einbau solcher Elemente eine umso grössere Rolle spielen kann, wenn im Vorfeld weitere Energiesparmassnahmen umgesetzt wurden, um den Energiebedarf eines Gebäudes zu senken.

Wohn- und Gewerbeimmobilien

Obwohl der Mietpreis vielleicht den grössten Einfluss auf die Wahl einer Immobilie für private und gewerbliche Mieter hat, sind auch die Energiekosten nicht zu vernachlässigen. Eine Immobilie mit niedrigen Energiekosten wird wahrscheinlich von Mietern gegenüber einer gleichwertigen Immobilie mit hohen Energiekosten bevorzugt. Dies gilt umso mehr, je höher der Energiepreis steigt. Energieeffizientere Gebäude helfen, die Betriebskosten zu senken, und die Abhängigkeit von stark variierenden Energiepreisen zu reduzieren. Daher tragen Energiesparmassnahmen am Gebäude dazu bei, den Wert einer Immobilie zu steigern, da diese leichter zu vermieten ist und Leerstände vermieden werden.

In den Industrieländern verbrauchen Gebäude 40% der gesamten Energie. Daher könnte man annehmen, dass die Energieeffizienz zu den Prioritäten der Immobilienunternehmen zählt. Ob jedoch tatsächlich ein Interesse daran besteht, bei der Energieeffizienz nachzubessern, hängt davon ab, ob der Mieter oder der Eigentümer für die Energiekosten aufkommt. Hier bestehen von Land zu Land und sogar innerhalb von Ländern Unterschiede.

Unternehmen mit einem grossen Immobilienportfolio wie Hotelketten, Altersheime, Einkaufszentren und Supermärkte tragen die Kosten für den Energieverbrauch meist selbst und haben daher ein finanzielles Interesse, den Energiebedarf zu senken. Bei Büros und Wohnungen trägt dagegen gewöhnlich der Mieter die Energiekosten. Da es sich in solchen Fällen nicht um Eigentum handelt und jeweils nur kleine Anteile an der Gebäudeinfrastruktur genutzt werden, gibt es für Mieter kaum eine Motivation, infrastrukturelle Nachbesserungen selbst auszuführen.

Immobilien Eigentümer haben einen Anreiz und auch die Ressourcen, um die Energieeffizienz durch eine verbesserte Verwaltung der Infrastruktur zu erhöhen. Dies würde sich dann über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg bemerkbar machen, denn besser verwaltete Immobilien haben theoretisch weniger Leerstände und somit einen höheren Wert. Da die Energieeffizienz von immer mehr Gebäuden bewertet wird, könnten ineffiziente Gebäude auf dem Immobilienmarkt weniger wert sein.

Auch langfristige Mietverträge können sich negativ auf Verbesserungen bei der Energieeffizienz auswirken. Weil Änderungen an einem Mietverhältnis meist nicht kurzfristig möglich sind, gibt es kaum Anreize für den Eigentümer, Kosten reduzierende Massnahmen im Sinne der Mieter durchzuführen.

Real Estate Investment Trusts

Bisher konnte man lediglich als Eigentümer von Massnahmen profitieren, die die Energieeffizienz verbessern. Mit der Verbreitung von Real Estate Investment Trusts (REITs) hat sich jedoch der Zugang zu Anlageprodukten in Immobilien stark erweitert. REITs funktionieren ähnlich wie börsennotierte Immobilienfonds, wobei allerdings einige technische und steuerliche Unterschiede bestehen. Die REIT-Struktur soll ähnliche Investitionsstrukturen für Immobilien schaffen, wie sie Anlagefonds für Investitionen in Aktien bieten.

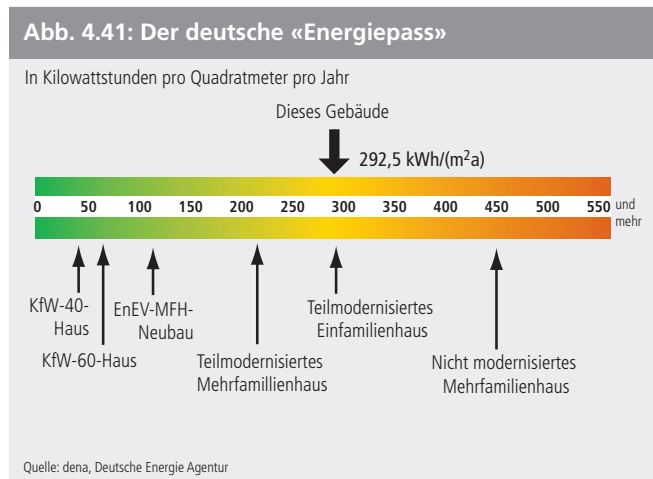
REITs profitieren dabei primär über eine Senkung der Betriebskosten von Verbesserungen der Energieeffizienz innerhalb ihrer Portfolios. Diese Verbesserungen haben wiederum positive Auswirkungen auf das Nettoergebnis, das sich bei REITs potenziell positiv auf die Bewertung auswirken kann, vor allem, weil REITs den Hauptanteil des Betriebsertrags an die Aktionäre ausschütten müssen.

Regulierung von Gebäuden

Kein Land schreibt Energiestandards vor, die so rigide wie beim Passivhaus sind. Nur ein geringer Anteil von Gebäuden wird nach diesen strengen Anforderungen gebaut. Die Gewinnmargen im Bausektor sind gering und der Preis ist immer noch das entscheidende Kriterium für die Projektvergabe. Ohne ausdrückliche Vorschriften werden wohl kaum freiwillig strengere Energiestandards eingeführt werden, obwohl die höheren Investitionskosten sich nachweislich oft bereits nach wenigen Jahren durch geringere Energiekosten amortisieren lassen.

Einzelne Länder führen sporadisch neue Standards ein, um Anreize zu schaffen, die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern. Der 2005 in den USA verabschiedete Energy Policy Act enthält verschiedene Anreize wie Steuervorteile für Photovoltaikanlagen an Wohnhäusern oder für Sanierungen von Häusern, einschliesslich hocheffizienter Klimaanlage und Einrichtungen. Die wohl revolutionärste europäische Bestimmung ist die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, welche alle EU-Länder sowie Norwegen und die Schweiz im Januar 2006 umgesetzt haben. Die Richtlinie fordert u.a. eine Aktualisierung der Energienormen mindestens alle fünf Jahre und schreibt vor, dass bei grösseren Sanierungen die neuen Energieeffizienzstandards eingehalten werden müssen.

Die Richtlinie umfasst auch ein Energiezertifizierungsprogramm für alle Gebäude, die neu gebaut, vermietet oder verkauft werden oder öffentlich zugänglich sind (Abb. 4.41). Diese verbraucherfreundliche Regelung liefert Mietern, Pächtern, Eigentümern und potenziellen Käufern Informationen, die erforderlich sind, um den baulichen und energetischen Zustand eines Gebäudes zu bewerten, einschliesslich zu erwartender Kosten und eventuell nötiger Renovierungen und Modernisierungen.



Zusammenfassung Gebäude

Wie das Modell der 2000-Watt-Gesellschaft zeigt, können die Menschen in den Industrieländern die Lebensqualität auch bei deutlich geringerem Energieverbrauch beibehalten. Häuser, die nach den besten Verfahren gebaut werden, verbrauchen nur ein Drittel der Energie eines Durchschnittsgebäudes. Trotzdem werden Wohn- und Gewerbegebäude immer noch so gebaut, dass sie sehr viel Energie verbrauchen und nur wenig erneuerbare Energiequellen (wie Solarenergie oder Erdwärme) nutzen. Ferner stehen Gebäude in vielen Ländern fernab von öffentlichen Transportmitteln oder wichtigen Einrichtungen, was die Leute zwingt, für die Arbeit, den Einkauf oder die Freizeit das Auto zu nehmen.

Es gibt viele Möglichkeiten, Gebäuden energieeffizienter zu gestalten. Gesetzliche Vorgaben wie der «Energiepass», die mehr Transparenz in den Energiebedarf von Gebäuden bringen, fördern die Energieeffizienz als wichtigen Marktfaktor. Trotzdem steht die lange Lebensdauer von Gebäuden einer schnellen Umsetzung entgegen. Die Baupläne von heute werden für mehrere Jahrzehnte den Energieverbrauch von Gebäuden beeinflussen. Um jedoch die Vorgaben des 2000-Watt-Szenarios erfüllen zu können, braucht es wesentlich strengere gesetzliche Massnahmen. Damit können zwar die Baukosten steigen, doch macht der geringere Energieverbrauch diese Kosten wieder wett. Stadt- und Wohnraumplaner müssen die Verfügbarkeit unterschiedlicher Transportmittel beachten, da diese sich indirekt auf den Energieverbrauch von Gebäuden auswirken. Mietverträge, die Anreize für den Eigentümer schaffen, die Energieeffizienz zu verbessern, sind besser als Vereinbarungen, welche die Energiekosten an die Mieter weiterleiten.

Abb. 4.42: Gebäudesektor im Überblick

	Bei unverändertem Verhalten	Schritte in Richt. des 2000-Watt-Szenarios
Produzenten- und Verbraucherverhalten	Die anfänglichen Baukosten bestimmen weiterhin die Bauprojekte; Betriebskosten werden kaum berücksichtigt.	Die Nachfrage nach ökologisch effizienten Passivhäusern steigt.
	Es wird mehr Fläche benötigt.	Bei Bürogebäuden wird die Energieeffizienz weiter verbessert, da Energiekosten ein Aspekt des Investitionsentscheids werden.
	Wenig urbane und regionale Planung und wenig Berücksichtigung der Folgen des Pendlerverkehrs.	Ausweis der Energieeffizienz ist Bestandteil der Anlagenbewertung von Immobilien und ein wichtiges Kriterium beim Kauf.
Technologie	Die Technologie ist verfügbar. Die Frage ist nur, mit welcher Geschwindigkeit sie angewendet wird. Langsam ← → Schnell	
Regulierung	Normen überlassen Effizienzentscheidungen beim Bau weitgehend den Gesetzen des freien Marktes. Begrenzte Ausw. von Subventionen und Steuervorteilen für Verbesserungen der Energieeffizienz.	Bauverordnungen legen höhere Energieeffizienz für Wohnhäuser und Bürogebäude fest.
	Einführung eines Energiepasses für mehr Informationen zur Energieeffizienz von Gebäuden.	

Source: UBS WMR

Zusammenfassung Kapitel 4

Es gibt einen grossen Unterschied zwischen den prognostizierten Treibhausgasemissionen und dem Wert, den sie erreichen müssten, damit schlimmere Auswirkungen des Klimawandels vermieden werden. In der vorangegangenen Analyse haben wir gezeigt, dass technische Lösungen zur Verfügung stehen, um Emissionen zu senken, und zwar insbesondere bei der Energieversorgung, bei Gebäuden und beim Verkehr. Am einfachsten sind Änderungen im Verkehr möglich, da Fahrzeuge eine relativ kurze Lebensdauer besitzen und immer mehr hocheffiziente Modelle angeboten werden. Bei Gebäuden und der Energieversorgung müssten sehr schnell Änderungen erfolgen, um überhaupt den Verlauf der Emissionen beeinflussen zu können, da die Infrastrukturen eine sehr lange Lebensdauer besitzen. Nochmals: Die entsprechende Technologie ist bereits verfügbar. Dagegen kann der Ausstoss in bestimmten energieintensiven industriellen Prozessen nicht wesentlich gesenkt werden, da bahnbrechende alternative Verfahren heute noch nicht zur Verfügung stehen. Interessanterweise setzt das Emissionshandelssystem zur Senkung der Emissionen genau hier an. Hingegen bestehen weltweit praktisch keine politischen Bestrebungen, Emissionen dort zu reduzieren, wo die Möglichkeit dazu am ehesten besteht. Doch genau diese Bestrebungen sind erforderlich, um Anreize zu schaffen und ein Umdenken zu fördern.

Deshalb scheint ein weiterer Anstieg der Emissionen in absehbarer Zeit wahrscheinlich. Unsere Prognosen sehen im Einzelnen wie folgt aus:

- Zunahme des Privatverkehrs und energieverbrauchender Konsumprodukte, hingegen nur ein geringes Wachstum der Nachfrage nach treibstoffeffizienten Optionen;
- eine langsamere Einführung und Umsetzung von energieeffizienten Verfahren, als zur Stabilisierung und Senkung der Emissionen beispielsweise beim Hausbau und der Energieversorgung nötig wäre;
- begrenzte Möglichkeiten, um den Ausstoss bei der Herstellung von Primärstoffen wie Zement und Stahl zu senken; und
- begrenzte Verbesserungen der Infrastrukturen, um Verhaltensänderungen zu unterstützen, so z. B. eine bessere Koordination zwischen verschiedenen Transportmitteln und eine dezentralisierte Energieversorgung.

Der Hauptgrund für diese Einschätzung ist der unzureichende gesetzliche Rahmen, um Anreize zu schaffen, die Emissionen verschiedener, kleinerer Verursacher zu reduzieren. Ohne Zweifel gibt es Einzelne, die bemüht sind, ihren Anteil an der Emission von Treibhausgasen zu senken; doch für eine Senkung im grossen Massstab sind langfristige Richtlinien und Anreize erforderlich. Es gibt bereits verschiedene politische Optionen zur Senkung des Ausstosses, wie wir im Anhang ausführen, doch ist es noch zu früh, um zu beurteilen, wie erfolgreich diese politischen Entscheide sein werden. Schliesslich ist das weltweite Bewusstsein für den Klimawandel noch relativ neu und die meisten bereits gestarteten politischen Initiativen befinden sich noch in einer Art Testphase. Gleichzeitig gibt es immer mehr internationale politische Bestrebungen, Emissionen einzudämmen, und Emissionsrichtlinien werden zunehmend durch die Öffentlichkeit unterstützt. Es ist noch nicht zu spät, ein Regelwerk zu entwickeln, um den Anstieg der Emissionen abzuwenden. Die Zeit ist jedoch knapp. Je länger die Einführung und Umsetzung von Richtlinien dauert, desto schwieriger wird es, die Emissionen einzudämmen und die Risiken eines gefährlichen Klimawandels zu senken.



Die Rolle der Finanzdienstleister beim Klimawandel

Matthias Kopp
 Projektleiter für Finanzen und Energie
 WWF Deutschland
 Berlin, Deutschland

Welche Rolle spielt der Finanzdienstleistungssektor bei der Senkung der Treibhausgasemissionen?

Finanzdienstleistungen sind eine äusserst breit gefächerte Branche, die von Vermögensverwaltern über Versicherungen, Rückversicherer, Banken, Hedge-Funds bis hin zu institutionellen Anlegern reicht, um nur einige Beispiele zu nennen. Meiner Ansicht nach haben all diese Gruppen einen Einfluss auf den Klimawandel, allerdings kommt ihnen dabei jeweils eine unterschiedliche Rolle zu. Die Finanzwirtschaft übernimmt vier grundlegende Funktionen: die Finanzierung, d.h. Mittelbereitstellung, die Bestimmung der Finanzierungsbedingungen, d.h. umfassende Bewertung, das Risikomanagement, d.h. angemessene Identifikation und Steuerung von Risiken, auch durch Reflektion von Risikokosten, und hat letztlich als Eigentümer den Wert der Assets sicherzustellen. Ausgehend von diesen Rollen können die Finanzdienstleister in vielfältiger Weise Einfluss auf den Treibhausgasausstoss nehmen. So beziehen beispielsweise Rating-Agenturen die Risiken, die aus den Treibhausgasemissionen resultieren, in ihre allgemeine Risikobewertung ein, so dass diese sich auf die Kapitalkosten der bewerteten Unternehmen auswirken. Versicherungen und Rückversicherer müssen die Kosten von Schäden decken, die durch extreme Wetterereignisse verursacht werden. Daher versuchen sie, in der Öffentlichkeit sowie bei ihren Kunden und bei politischen Entscheidungsträgern ein Bewusstsein für die Probleme des Klimawandels zu schaffen. Vermögensverwalter beziehen die Emissionen bei Anlageentscheidungen mit ein. Schliesslich möchte jeder Anleger sicherstellen, dass er angemessene risikobereinigte Renditen erhält, nachdem er die Risiken der Emissionen in seine Investitionsentscheide einbezogen hat. Dasselbe gilt für den Bereich der Anlagechancen. Bei der Festlegung einer mittel- bis langfristigen Investitionsstrategie setzen Investoren häufig auf neue Technologien, die zur Senkung der Emissionen beitragen können, sowie auf bestimmte Sektoren im Zusammenhang mit Emissionsreduzierungen und Alternativen zu fossilen Brennstoffen. Der Finanzdienstleistungssektor ist auch ohne gesetzliche Vorgaben daran interessiert, die Risiken des Klimawandels in seine Abläufe einzubeziehen. Dies beruht auf der Annahme, dass der Klimawandel stattfindet und Folgen haben wird. Dies gilt umso mehr, wenn es in Zukunft Einschränkungen bei den Treibhausgasen geben wird, da hiervon praktisch alle Branchen und Investitionen betroffen sein werden.

Welche marktbasierenden Programme zur Bereitstellung von Kapital anhand von Klimaschutzkriterien gibt es bereits?

Meiner Meinung nach gibt es noch gar keine rein marktbasierenden Programme, die speziell darauf abzielen, Kapital nach Klimaschutzkriterien zu verteilen. Es gibt jedoch eine Reihe von marktorientierten Programmen, die den Emissio-

nen Kosten oder Preise zuweisen, was sich indirekt auf die Investitionsentscheide der Unternehmen auswirkt. So wurde beispielsweise das EU-Emissionshandelssystem entwickelt, um Marktpreise für CO₂-Emissionen festzusetzen. Obwohl dieses System noch ganz am Anfang steht, beginnt es bereits, die Kosten von CO₂-Emissionen auf den Markt umzulegen. Im Kyoto-Protokoll sind weitere Verfahren zur Marktbeeinflussung vorgesehen, darunter der Clean Development Mechanism (CDM) und die Joint-Implementation-Modelle. Diese Programme sollen einen Anreiz für Investitionen in Projekte geben, die den CO₂-Ausstoss senken. Man könnte natürlich sagen, dass diese Programme dazu dienen, Investmentkapital nach dem Kriterium der Emissionsreduzierung zuzuweisen. So könnte zum Beispiel ein Unternehmen beschliessen, in ein Solarenergie-Projekt in Indien zu investieren. Damit könnte es die Erträge aus dem Projekt selbst erzielen und gleichzeitig die hieraus gewonnenen Emissionsrechte verkaufen. So entsteht ein Anreiz, den es andernfalls nicht gegeben hätte.

Gibt es im Finanzdienstleistungssektor bereits wichtige Entwicklungen, die speziell auf den Klimaschutz abzielen?

Um den Klimaschutz im Finanzsektor tatsächlich einbeziehen und umsetzen zu können, wären zunächst einmal mehr Verständnis und Bewusstsein für dieses Problem erforderlich. Anschliessend müssten entsprechende Daten gezielter erfasst und eine praktische Methode zur Bewertung des Klimawandels erarbeitet werden. Mit dieser Grundlage und einem gemeinsamen Problembewusstsein könnte die Branche dann ihr Verhalten sowie gängige Abläufe auf die Risiken des Klimawandels abstimmen. Die erste wichtige Entwicklung und eindeutig ein Schritt in Richtung dieser Zielsetzung ist das Carbon Disclosure Project zur Offenlegung von CO₂-Emissionen, das für mehr Transparenz und Daten sorgt. Das Projekt war als freiwillige Initiative gestartet worden und umfasst mittlerweile weltweit mehr als 200 Finanzunternehmen mit verwalteten Vermögen von über 31 Billionen Dollar. Die Enhanced Analytics Initiative (EAI) ist ein anderes Projekt, das den Klimaschutz berücksichtigt. Die EAI-Mitglieder, die sich vorwiegend aus institutionellen Anlegern und Vermögensverwaltern zusammensetzen, haben sich verpflichtet, 5% ihrer Courtage abzugeben, um Finanz-Research zu finanzieren, das den Aspekt der Nachhaltigkeit einbezieht. Obwohl es sich hierbei nicht um eine reine Klimaschutzinitiative handelt, trägt das Projekt dennoch zur Nachhaltigkeit im Allgemeinen bei. Dies sind jedoch nur erste Schritte. Es bleibt noch viel zu tun. So müssen Erfolgsrezepte (Best Practices) für die gesamte Branche entwickelt werden, und es bleibt zu klären, wie Treibhausgasemissionen in eine umfassende Methodik einfließen können, mit der die Finanzbranche auf den Klimawandel reagieren kann.

Wie können einzelne Investoren mit ihrem persönlichen Anlageportfolio zum Klimaschutz beitragen?

Derzeit stecken die Klimaschutzbestrebungen von Unternehmen und Regierungen in einer Sackgasse. Die Regierungen verweisen darauf, dass die Unternehmen ihre Praktiken selbstständig reformieren müssen, da eine zu starke staatliche Einflussnahme der Wirtschaft schade, während die Unternehmen wiederum darauf verweisen, dass zunächst die Politik für Rechtssicherheit sorgen müsse, sodass eine Grundlage für nachhaltige langfristige Investitionen entsteht. Die Anleger könnten hierbei die entscheidenden Impulse geben, indem sie Lösungen für dieses Problem fordern. Leider ist das Problem des Klimawandels jedoch so umfassend und global, dass einzelne Anleger oft meinen, keinen Einfluss darauf nehmen zu können. Es bleibt zu hoffen, dass jeder einzelne Investor erkennen wird, dass seine Entscheidungen sehr wohl ins Gewicht fallen und dass die Zeit zum Handeln gekommen ist.

Wie wirkt sich das Risiko des Klimawandels auf das Investitionsrisiko aus?

Die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken lassen sich unter dem Stichwort «CO₂-Risiko» zusammenfassen, aus dem sich wiederum eine Vielzahl weiterer potenzieller Risiken ableiten lässt. Diese reichen von physischen Vermögensschäden über künftige gesetzliche Vorgaben für Treibhausgasemissionen bis hin zu den Marktpreisrisiken, die in bestimmten Sektoren durch Emissionshandelsysteme entstehen, Treibstoffpreisrisiken sowie Image- und operationelle Risiken. Jeder Investor muss sich über die Risiken des Klimawandels für sein Portfolio im Klaren sein und die mögliche Entwicklung bestimmter Risiken kennen. Im Idealfall könnten die Investoren so den Anteil ihres Portfolios bestimmen, der durch das Risiko des Klimawandels gefährdet ist, und entscheiden, wie viel Risiko sie zu tragen bereit sind. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass Klimakriterien festgelegt und quantifiziert werden, so dass diese zusammen mit anderen Investitionskriterien bei Anlageentscheidungen berücksichtigt werden können. Ein Beispiel hierfür sind die Stromversorger: Sie sind in einer kapitalintensiven Branche tätig und müssen langfristige Anlageentscheidungen treffen. Die Investoren sollten wissen, welche Auswirkungen neue Richtlinien und Gesetze für die Versorgungsbranche auf ihr Portfolio haben könnten, wenn das Bewusstsein für den Klimawandel zunimmt. So riskieren Unternehmen heute mit dem Bau CO₂-intensiver Kraftwerke, dass diese durch künftige gesetzliche Regelungen irgendwann zu Fehlinvestitionen werden. Bei kurzfristigen Investitionen mag dies keine Rolle spielen, doch langfristig ausgerichtete Investoren wie Pensionsfonds und Versicherungsunternehmen sollten die Auswirkungen solcher Neuerungen auf ihre Investitionen kennen.

Matthias Kopp ist seit 2005 Projektleiter für Finanzen und Energie beim WWF Deutschland und Mitglied des Teams, das sich mit dem weltweiten Klimaprogramm beschäftigt. Im Rahmen des deutschen Klimaprogramms leitet er Projekte im Zusammenhang mit den Kapitalmärkten. Er befasst sich mit strategischen Folgen des Klimawandels für die Kapitalmärkte sowie mit Prozessen und damit zusammenhängenden Fragen insbesondere im Bereich der Stromerzeugung. Er besitzt einen Master-Abschluss in Industrial Management and Engineering der Technischen Universität Berlin mit den Schwerpunkten Industriechemie, erneuerbare Energietechnologien und Unternehmensfinanzen.

Kapitel 5

Risiken und Chancen aus Klimawandel und Klimaschutz

Autoren:

Laura Würtenberger, Global Asset Management

Kurt E. Reiman, Wealth Management Research

Mit Beiträgen von:

Agathe Bolli

Inge Schumacher

Risiken und Chancen aus Klimawandel und Klimaschutz

Der Klimawandel hat weitreichende Konsequenzen für die Weltwirtschaft und das globale Investitionsklima. Im Folgenden geben wir einige Denkanstösse dazu.

Risiken und Chancen des Klimawandels

Es ist nicht gesagt, dass Anlagestrategien, die auf Überlegungen zum Klimawandel basieren, höhere Gewinne erzielen werden als andere Strategien. Jedoch kann man davon ausgehen, dass gesetzliche Vorgaben und andere Mechanismen im Zusammenhang mit dem Klimawandel einen deutlichen Einfluss auf das Marktumfeld haben werden. Für einige Branchen und Unternehmen bedeutet dies eine Erhöhung des Risikoprofils, während sich für andere erhebliche Wachstumschancen ergeben. Immer mehr Unternehmen und Finanzmarktteilnehmer beziehen daher den Klimawandel in ihre Geschäftspläne und Strategien ein. In einigen Fällen ändern Konzerne ihr Verhalten bereits, bevor politische und gesetzliche Änderungen eintreten. In anderen Fällen beginnen Anleger, den Klimawandel zu berücksichtigen, indem sie in jene Unternehmen investieren, die zum Klimaschutz beitragen, und somit deren Entwicklung unterstützen, während Kapital aus Unternehmen, die primär für den Klimawandel verantwortlich sind, abgezogen wird.

Um den Einfluss des Klimawandels auf Investitionen und ihr Risiko- und Renditeprofil zu beurteilen, betrachten wir im Folgenden drei Punkte:

- Politische Rahmenbedingungen stehen an vorderster Stelle. Es ist kein Geheimnis, dass Politik und Energie aufgrund von strategischen und geschäftlichen Interessen eng miteinander verknüpft sind. Treibhausgasemissionen sind lediglich ein weiteres Problem in einer bereits überaus komplexen energiepolitischen Landschaft. Das politische Mandat geht über die Nutzung und Produktion von Energie hinaus und schliesst Umweltbelange mit ein.
- Ausserdem erläutern wir, wie Industrien dem Klimawandel ausgesetzt sind, z. B. weil sie unterschiedlich viel Emissionen verursachen und mehr oder weniger Spielraum für Reduktionen haben. Jene Sektoren, die sich nicht freiwillig anpassen, dürften stark von politischen Massnahmen auf nationaler und internationaler Ebene betroffen sein.
- Drittens bestimmen die firmenspezifische Reaktion auf den Klimawandel und der firmenspezifische Umgang mit Treibhausgasen das Risiko- und Chancenprofil, das sich für individuelle Unternehmen aus Klimawandel und Klimaschutz ergibt.

Vor diesem Hintergrund wenden wir die in Kapitel 3 erörterte politische Diskussion und die in Kapitel 4 vorgenommene Branchenbewertung auf Kapitalanlagen an. Ziel ist, herauszufinden, wie Investoren ihre Anlagen auf die möglichen politischen Reaktionen auf den Klimawandel, das physische und ökonomische Risiko klimatischer Veränderungen und die Chancen des Klimaschutzes abstimmen können.

Politischer und gesetzlicher Rahmen

Den grössten Einfluss auf die Eindämmung des Klimawandels und die daraus resultierenden Anlagerisiken und -chancen haben gesetzliche Rahmenbedingungen. Hierfür gibt es drei Gründe:

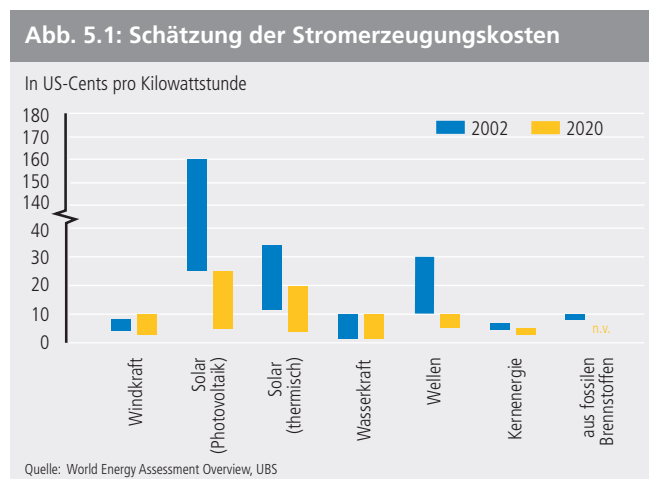
- **Der Anstieg der atmosphärischen CO₂-Emissionen ist die Folge eines Marktversagens.** Derzeit bringen Treibhausgasemissionen für ihre Verursacher noch fast keine Kosten mit sich. Das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) ist der erste grossflächige Ansatz, den Kohlendioxidemissionen Kosten zuzuweisen. Wie in Kapitel 3 erläutert, müssen

externe Umweltkosten über Änderungen der gesetzlichen Vorgaben internalisiert werden, damit sie ein wesentlicher Faktor für unternehmerische Entscheide werden.

- Wenig wettbewerbsfähige Alternativen zu fossilen Brennstoffen.** Verglichen mit Öl, Erdgas und Kohle sind viele erneuerbare Energiequellen und energieeffiziente Technologien und Dienstleistungen, die zum Klimaschutz beitragen könnten, bisher nicht wettbewerbsfähig. Abb. 5.1 zeigt die aktuellen Kosten der Stromerzeugung aus unterschiedlichen Quellen sowie die Prognosen bis 2020. Würden jedoch die Kosten aus Umweltzerstörung und künftigen Schäden durch den Klimawandel in den Preis für fossile Brennstoffe einbezogen, würde sich die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energiequellen verbessern. Durch politische Massnahmen (z. B. Subventionen und Steuererleichterungen) werden neue Energietechnologien wettbewerbsfähiger, da die Nachfrage nach ihnen steigt, ihre Kosten dank Massenproduktion sinken und weitere technische Fortschritte gefördert werden. Selbst bei einer liberalen Energiepolitik wird der Energiemix eines Landes zumindest teilweise durch politische Entscheide beeinflusst.
- Hoher nationaler strategischer Stellenwert von Energie.** Eine sichere und ausreichende Energieversorgung zählt in den meisten Ländern zu den nationalen Prioritäten. Die Förderung nationaler Energieproduktion und alternativer Energiequellen, um die Abhängigkeit von ausländischen Versorgern zu verringern, geht meist von der Politik aus.

Gesetzliche Vorgaben zur Eindämmung der Emissionen könnten sich erheblich auf langfristige Gewinne und Kosten auswirken. Sie benachteiligen auf der einen Seite Unternehmen mit hohem CO₂-Ausstoss und eröffnen andererseits Unternehmen, die Lösungen zum Klimaschutz bieten, überdurchschnittliche Wachstumschancen.

Im Bereich der erneuerbaren Energien werden Marktmechanismen oft durch politische Massnahmen gesteuert. So sind beispielsweise in Deutschland im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), das 2004 in Kraft getreten ist, Subventionen für Solaranlagen vorgesehen. Diese Massnahme bewirkte einen Kapazitätsanstieg aus neuen Photovoltaikanlagen (Stromerzeugung aus Sonnenenergie) und liess die Aktienpreise von Solarwerten in die Höhe schnellen (Abb. 5.2). In den USA bewirkten auf Bundes- und auf Staatenebene angebotene Steuersubventionen für Ethanol sowie weitere nationale Richtlinien einen Anstieg der Ethanolproduktion von 660 Mio. Liter im Jahr 1980 auf 15 Mrd. Liter im Jahr 2005 (Abb. 5.3). Gleichzeitig hat der Kapitalfluss in den amerikanischen Ethanolmarkt merklich zugenommen: 2006 haben mehrere amerikanische Ethanolproduzenten ihr Aktienkapital durch Börsengänge und Privatkapital erheblich erhöht.



Der elfte Fünfjahresplan der Volksrepublik China für 2006 bis 2010 sieht einen massiven Anstieg der Energieerzeugung aus alternativen Energien vor, wobei der Schwerpunkt auf Windkraft, Biomasse und Abfallverbrennung liegt. Das Ganze wird von einem neuen Gesetz zu erneuerbaren Energien begleitet. Ziel der Richtlinien ist eine Kapazitätssteigerung der erneuerbaren Energien auf bis zu 10% der Gesamtkapazität bis 2020. Da China zu den grossen Emittenten von Treibhausgasen zählt und der Energieverbrauch noch weiter ansteigen dürfte, könnten diese politischen Ansätze als Vorbild für andere Entwicklungs- und Schwellenländer dienen. Ebenso wie die politische Unterstützung von erneuerbaren Energien in den Industrieländern eröffnen entsprechende staatliche Initiativen auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern Investitionschancen und fördern neue Industriezweige.

Energiepolitik ist Teil der nationalen strategischen Interessen eines Landes. Regionale klimatische Unterschiede begünstigen unterschiedliche Technologien im Bereich erneuerbarer Energien. Aber auch die Schwerpunkte für die Forschung und Entwicklung, sowie technisches Wissen und unternehmerischer Fokus variieren von Land zu Land. Deshalb werden gesetzliche Richtlinien zum Klimaschutz und ihre Umsetzung immer lokalen Gegebenheiten angepasst sein, auch wenn sie Teil eines multinationalen Rahmens sind. Dies zeigt sich bereits beim Kyoto-Protokoll, das den einzelnen Ländern erlaubt, die für sie am besten geeigneten Strategien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen festzulegen.

Auswirkungen auf die Industrie

Um zu beurteilen, welche Sektoren potentiell am meisten vom Klimawandel betroffen sind, ist zwischen direkten und indirekten Verursachern von Emissionen zu unterscheiden. Ausserdem gilt es, jene Branchen zu identifizieren, die von den physischen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind.

Direkte Verursacher

Dies sind Branchen und Sektoren, die vor allem direkt grosse Mengen an Treibhausgasemissionen in ihren operationellen Prozessen verursachen. In Abb. 5.4 sind die weltweiten Emissionen nach Sektoren dargestellt. Wie die Zahlen zeigen, entfällt der grösste Anteil der direkten Kohlendioxidemissionen auf Unternehmen im Energieversorgungsbereich und in bestimmten industriellen Sektoren (z. B. Chemie, Zement und Stahl), denen somit die grösste direkte Verantwortung für den CO₂-Ausstoss zukommt. Daher sind in der ersten Phase des EU-Emissionshandelssystems (EU-ETS) auch die Stromversorger sowie industrielle Anlagen zur Herstellung von Eisen und Stahl, Zement, Glas, Kalk, Ziegel, Keramik, Zellstoff und Papier eingeschlossen. Wie im Anhang ausgeführt, sind andere regulatorische Bestimmungen wie Emissionsobergrenzen und technische Standards weitere Ansätze zur direkten

Abb. 5.4: Überblick über den Treibhausgasausstoss nach Sektoren

In %

Sektor	Anteil am weltweiten Treibhausgasausstoss
Strom- und Wärmezeugung	24,6
Verkehr	13,5
Strasse	9,9
Luftfahrt	1,6
Industrie	21,1
Chemische Industrie	4,8
Zement	3,8
Stahl	3,2
Aluminium	0,8
Gebäude	15,4
Landwirtschaft	14,9
Raumnutzungsänd. & Forstwirtschaft	18,2
Abfall	3,6

Hinweis: Die aufgeführten Sektoren ergeben insgesamt nicht 100% des weltweiten Ausstosses und überschneiden sich zum Teil.
Quelle: WRI

Abb. 5.2: Photovoltaikkapazität und Aktienkurs

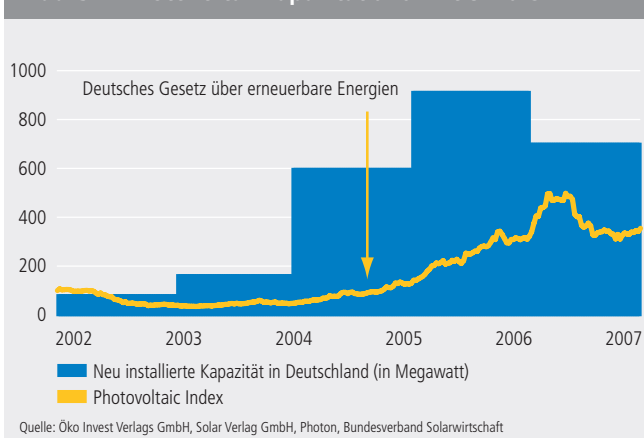
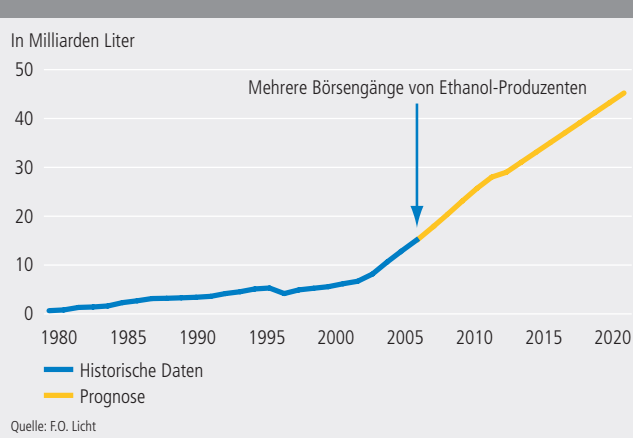


Abb. 5.3: Ethanolverbrauch in den USA



Steuerung von Emissionen durch Grossverursacher, auch wenn dies nicht immer die kosteneffizienteste Lösung darstellt. Um den Kostendruck durch gesetzliche Richtlinien zu begrenzen, können die Verursacher von Emissionen in CO₂-arme Technologien investieren, mit Emissionsrechten handeln, in Kompensationsprojekte investieren und Lobbyarbeit betreiben, um Richtlinien zu blockieren oder anzufechten. Unternehmen, die innerhalb einer stark umweltbelastenden Branche selber nur wenig Treibhausgase ausstossen, sind in einer vorteilhaften Lage.

Indirekte Verursacher

Dies sind Unternehmen, die Produkte herstellen, die vor allem beim Gebrauch Emissionen verursachen oder Unternehmen, die mit ihren Dienstleistungen, Emissionen beeinflussen. Ein gutes Beispiel ist die Autoindustrie, deren Produkte für fast 10% der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich sind. Eine indirekte Verantwortung für CO₂-Emissionen beim Gebrauch von Produkten besteht auch beim Bau von Wohn- und Bürohäusern und bei der Herstellung elektronischer Geräte. Der Öl- und Gassektor ist zwar schon durch seine Aktivitäten bei Förderung, Verarbeitung und Vertrieb für einen erheblichen Teil der direkten Emissionen verantwortlich, zählt aber auch vor allem zu den indirekten Verursachern.

Diese Branchen sind von Änderungen in der Nachfrage vom Klimawandel betroffen. Denn die Nachfrage nach CO₂-intensiven Produkten wird durch verschiedene Faktoren wie die Internalisierung der volkswirtschaftlichen Kosten von Treibhausgasemissionen, steigende Preise für fossile Energiequellen und gestiegenes Umweltbewusstsein beeinflusst. Ferner können Unternehmen mit CO₂-intensiven Produkten auch direkt von gesetzlichen Vorgaben zur Senkung der CO₂-Emissionen betroffen sein. So belegt der amerikanische Corporate Average Fuel Economy Standard Hersteller mit Strafen, wenn der durchschnittliche Treibstoffverbrauch ihrer jährlichen Auto- oder Lastwagen-Produktion einen bestimmten Wert übersteigt. Ein weiteres Beispiel ist die EU- Richtlinie zum umweltgerechten Design energiebetriebener Produkte von 2005, die in der EU Standards für die Entwicklung energieeffizienter Produkte fördert.

Branchen mit direkten Treibhausgasemissionen aus grossen Einzelquellen weisen ein besonders grosses Risiko gesetzlicher Auflagen auf, da diese Quellen relativ einfach zu überwachen sind. Die meisten industriellen Grossverursacher verfügen jedoch kaum über technische Möglichkeiten zur Anpassung. Ihre Produktionsstätten liegen auch zunehmend in Entwicklungsländern, die nicht zu einer Emissionsenkung nach dem Kyoto-Protokoll verpflichtet sind. Darüber hinaus betreffen viele dieser Vorgänge die Produktion von primären Gütern, welche die Grundlage unserer Wirtschaft bilden und für die es keine echten Alternativen gibt, so z. B. Zement,

Abb. 5.5: Treibhausgasausstoss und mögliche Reduktion

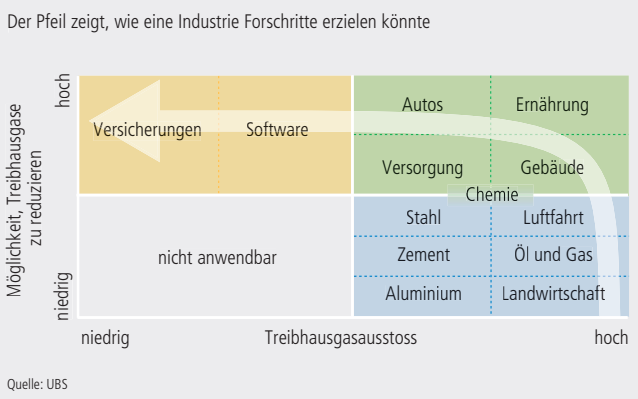
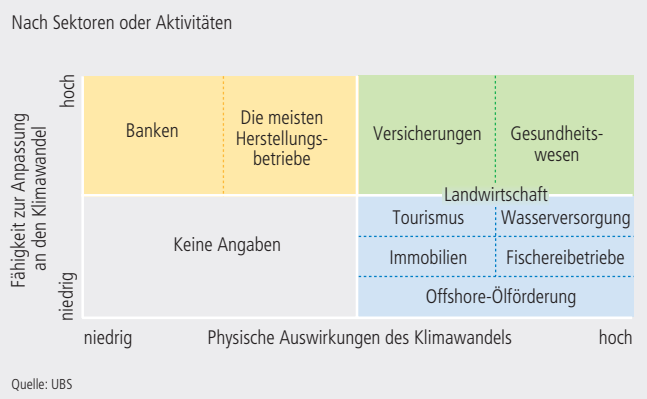


Abb. 5.6: Physische Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsfähigkeit



Stahl und Lebensmittel. Daher muss eine wirksame Klimaschutzpolitik auch Branchen mit hohen indirekten Emissionen und einem hohen Anpassungspotenzial einbeziehen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind diese Bereiche wie Strassenverkehr, Gebäude und Versorgung im Hinblick auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen besonders kosteneffizient. Das Anpassungspotenzial in den verschiedenen Branchen wird in Kapitel 4 detailliert beschrieben und ist in Abb. 5.5 dargestellt.

Physisches Risiko

Die Bewertung der möglichen physischen Risiken des Klimawandels ergibt ein anderes Bild. Branchen, deren Aktivität von klimatischen Bedingungen abhängig ist, tragen ein hohes Risiko, ebenso wie solche, deren Betrieb bei extremen Wetterverhältnissen unterbrochen werden muss. Beispiele hierfür sind u. a. Landwirtschaft, Fischerei, Forstwirtschaft, Wasserkraftwerke, wasserintensive Prozesse, aber auch Tourismus, Gesundheitswesen, Versicherungen und sturmgefährdete Tätigkeiten wie Erdölförderung auf hoher See. Auch die Fähigkeit, sich an den Klimawandel anzupassen, variiert zwischen den Branchen (Abb. 5.6). So können sich Versicherungen durch Prämienänderungen an den Klimawandel anpassen, während Skigebiete bei ausbleibendem Schneefall oder ohne Möglichkeit zur Beschneidung ihr Geschäftsmodell grundlegend ändern müssen. Die Auswirkungen des Klimawandels werden lange anhalten. Prognosen über die physischen Auswirkungen des Klimawandels sind jedoch mit einem hohen Mass an Unsicherheit verbunden. Wie ernst dieses erhöhte Risiko zu nehmen ist, zeigt die Tatsache, dass Versicherungen Katastrophenanleihen als Absicherung gegen wetterbedingte Naturkatastrophen ausgeben (Details dazu siehe Seite 94). So geben beispielsweise Versicherungen mit Policen für Immobilien und anderes Eigentum in überflutungsgefährdeten Gebieten immer häufiger Katastrophenanleihen aus. Das erhöhte Risiko lässt sich auch an der Nutzung von Versicherungen und Wetterderivaten durch Skigebiete oder Öl- und Gasversorger erkennen.

Auswirkungen von Klimawandel und Klimaschutz auf einzelne Unternehmen

Es bestehen nicht nur Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen, auch Unternehmen innerhalb desselben Sektors reagieren unterschiedlich auf Klimaschutzbestimmungen. Pauschale Kauf- und Verkaufsempfehlungen für einen ganzen Sektor auf Grundlage des CO₂-Ausstosses lassen sich daher nur sehr bedingt aussprechen. Angesichts der enormen Unterschiede bei den Emissionen, den Reduktionsmöglichkeiten und der Wettbewerbsfähigkeit im Hinblick auf strengere Vorschriften ist es einfacher zu beurteilen, wie stark einzelne Unternehmen von den Risiken des Klimawandels betroffen sind und welche Klimaschutzmöglichkeiten ihnen zur Verfügung stehen.

Wie lässt sich aber feststellen, welches Unternehmen bei steigendem Klimarisiko erfolgreich sein wird und welches nicht? Hierzu können folgende Fragen hilfreich sein:

- Operiert das Unternehmen in einem gesetzlichen Rahmen, in dem Treibhausgasemissionen begrenzt sind? Falls nicht, wann und in welcher Form wird eine solche gesetzliche Vorgabe erwartet?
- Ist sich die Geschäftsleitung bewusst, dass der Klimawandel eine Tatsache ist und ein Risiko darstellt? Hat sie den Zusammenhang zwischen Klimawandel und dem eigenen Geschäft bewertet?

- Wie hoch sind die Emissionen eines Unternehmens, absolut betrachtet und relativ zu den Konkurrenten? Kontrolliert das Unternehmen die indirekten Emissionen, die aus dem Gebrauch seiner Produkte und innerhalb seiner Lieferkette entstehen? Gibt es Möglichkeiten, die Emissionen zu senken? Hat das Unternehmen Ziele zur Emissionsreduktion und eine Strategie für deren Umsetzung festgelegt?
- Bestehen Geschäftschancen durch Klimaschutz und verschärfte Vorschriften?

Die Beantwortung dieser Fragen ist zwar komplex, aber nicht unmöglich. Das Carbon Disclosure Project (Box Seite 87) ist hierfür ein wichtiges Instrumentarium, da es umfassende und vergleichbare Informationen liefert. Geschäftsberichte, Umweltberichte und begleitende Dokumente liefern ebenfalls Informationen, die zum Teil jedoch weniger transparent sind und keinem einheitlichen Berichtsstandard unterliegen.

Risiken im Zusammenhang mit dem Klimawandel

Grundsätzlich laufen Unternehmen, die gegenüber den Konkurrenten schlecht abschneiden (aufgrund hoher Emissionen, starker Bindung an gesetzliche Vorgaben, begrenztem Reduktionspotenzial und unzureichender Klimaschutzstrategie), eher Gefahr, dass sich Emissionsvorschriften negativ für sie auswirken, wodurch die Volatilität ihrer Aktienpreise steigt, ihre Gewinne sinken und die Kreditwürdigkeit leidet. Langfristig überleben meist nur Unternehmen, die sich schnell auf Veränderungen einstellen können und gegenüber innovativen Technologien sowie neuen Geschäftsmodellen offen sind. Dies ist jedoch leichter gesagt als getan. Von den ehemals zwölf Unternehmen, die vor mehr als 100 Jahren im Dow-Jones-Industrials enthalten waren, findet sich heute nur noch eines in diesem Index.

Quantitativ lässt sich das Klimarisiko ähnlich wie andere Risiken in Modelle zur finanziellen Bewertung integrieren. Es bestehen folgende drei Möglichkeiten, um das Klimarisiko in ein Discounted-Cashflow-Modell einzubeziehen, wie es üblicherweise zur Aktienbewertung angewandt wird, indem der aktuelle Wert des künftigen Cashflows berechnet wird:

- durch Anpassung des geschätzten Endwerts
- durch Angleichung der aktuellen Cashflow-Schätzungen
- durch Veränderung des Diskontsatzes um einen höheren/niedrigeren Risikozuschlag.

Die Angleichung der Cashflow-Schätzungen eignet sich in Situationen, in denen die Auswirkungen von Klimaschutzbestimmungen auf die Erträge des Unternehmens relativ klar feststehen. Ist die weitere Entwicklung künftiger Klimaschutzvorgaben oder die Wahrscheinlichkeit künftiger Bestimmungen noch ungewiss, ist es besser, den Diskontsatz nach oben anzupassen, um das Klimarisiko eines Unternehmens widerzuspiegeln.

Wenn für Unternehmen von der Regierung unterstützte Grenzwerte und ein Handelssystem für Treibhausgasemissionen gelten, dürften die Emissionen insgesamt sowie die Emissionsrechte früher oder später in den Jahresabschluss des Unternehmens einfließen. Die International Financial Reporting Interpretations Committee (IFRIC) arbeitet daran, Richtlinien zu erlassen, um Emissionszertifikate in der Bilanz als immaterielle Anlagewerte zu erfassen. Einige Firmen, die am EU-Emissionshandelssystem teilnehmen, führen den Wert der Emissionsrechte bereits auf.

Chancen aus dem Klimaschutz

Die Chancen, die sich aus der Eindämmung des Klimawandels ergeben, werden im Allgemeinen in zwei Kategorien unterteilt: Verbesserung der Energieeffizienz und Steigerung des Einsatzes CO₂-armer oder -freier Brennstoffe (Abb. 5.7). Infolge weiterer gesetzlicher Beschränkungen der Treibhausgasemissionen und politischer Förderung von Technologien und Dienstleistungen

zum Klimaschutz sind für einige Unternehmen überdurchschnittliche Wachstumschancen zu erwarten. Weil die Marktdurchdringung dieser Technologien tief ist, ihr Wachstumspotenzial aber sehr gross, könnten diese Chancen über einen längeren Zeitraum fortbestehen.

Wie die meisten technischen Erfindungen werden auch jene für alternative Energien und mehr Energieeffizienz entweder durch grosse Unternehmen entwickelt, die über ausreichende finanzielle Mittel für Forschung und Entwicklung und verfügen, um verschiedene, potentiell bahnbrechende Technologien zu unterstützen, oder aber von kleineren Unternehmen, deren kommerzieller Erfolg ausschliesslich vom Erfolg ihrer Erfindung abhängt. Diese kleinen Unternehmen stellen oft direkte Anlagechancen in

Fig. 5.7: Überblick der Chancen im Zusammenhang mit Klimaschutz Energieeffizienz

Gebäude	Investitionsbereiche
Wärmedämmung: Die gesamten Verpflichtungen aus dem Kyoto-Protokoll liessen sich in Europa über Isolationsverbesserungen erreichen; es besteht ein hohes Potenzial bei alten Gebäuden; durch strengere Bauauflagen und steigende Energiekosten werden mehr Investitionen in diesen Bereich fliessen (Seite 70).	Hersteller von Isolierstoffen und gut isolierenden Fenstern.
Beleuchtung: Herkömmliche Glühlampen verschwenden mehr als 90% der Energie in Form von Wärme; Leuchtdioden erzeugen fast keine Wärme (Seiten 40, 70).	Hersteller von Leuchtdioden (LED), Faseroptik und Kompaktleuchtstofflampen.
Heizung, Kühlung und Lüftung: Hohes Potenzial für integrierte Systeme, die an die Anforderungen neuer Gebäude angepasst werden; Systemanwendung auch in älteren Gebäuden möglich (Seite 70).	Integrierte Systeme zum Heizen, Kühlen und Lüften; Gebäudemanagement mit Schwerpunkt Energieeffizienz; Energie-Contracting; Ablesedienste; IT-Lösungen für intelligentes Energiemanagement
Haushalts- und elektronische Geräte: Elektrische Geräte haben immer mehr Anteil am Stromverbrauch im Haushalt (Seite 70).	Energieeffiziente Geräte (Waschmaschinen, Geschirrspüler, Kühl- und Gefrierschränke, Klimaanlage und sonstige elektronische Geräte) mit integrierten Energiesparsystemen.
Verkehr	Investitionsbereiche
Leichtbauweise: Es besteht eindeutig ein Zusammenhang zwischen Gewicht und Energieeffizienz; die Leichtbauweise ist sowohl unter dem Aspekt des Ressourcen- bzw. Energieverbrauchs als auch unter wirtschaftlichen Aspekten sinnvoll; breite Anwendung im Transportsektor, aber auch im Bereich der Energieerzeugung (z.B. Windkraft) und bei Konsumprodukten (Seite 52).	Kohlenstofffasern, Verbundstoffe (Kohlenstofffaser, Glasfaser), Leichtbaulösungen aus Aluminium, Magnesium, Titan, Kunststoffen.
Antriebssysteme: Bei herkömmlichen Motoren sowie bei alternativen Antriebstechniken wie Hybrid- und Treibstoffzellenantrieb besteht ein hohes Potenzial für Effizienzsteigerungen (Seite 56).	Autozulieferer mit innovativen Technologien führende Fahrzeughersteller, Brennstoffzellen.
Technologie und Elektronik: Verkehrsleit- und -lenksysteme (z.B. Systeme zur Vermeidung von Staus auf Strassen und von Wartenschleifen im Flugverkehr) sind ein wichtiges Element für nachhaltigere Transportsysteme (Seite 50).	Satellitennavigationssysteme (GPS); Fernverkehrsleitsysteme; Anbieter von Echtzeit-Verkehrsinformationen.
Stromerzeugung	Investitionsbereiche
Kombinierte Wärme- und Stromerzeugung: Durch die kombinierte Erzeugung von Wärme, und Strom wird die Energieeffizienz verdoppelt, da sowohl Strom als auch Wärme genutzt werden. Dadurch ist diese Technologie äusserst wettbewerbsfähig. Der Trend zur Liberalisierung der Strommärkte wird eine weitere Marktdurchdringung dieser Technologie fördern (Seite 42).	Unabhängige Stromerzeuger.
Industrieprozesse und Werkstoffnutzung	Investitionsbereiche
Weisse Biotechnologie: Industrielle Biotechnologie kann dazu beitragen, Industrieprozesse effizienter zu machen, und zwar durch die Entwicklung von neuen, umweltfreundlicheren und energieeffizienteren Prozessen sowie durch die Bereitstellung von Produkten, die den Energieverbrauch bei Konsumenten verringern (Seite 65).	Unternehmen, die ausschliesslich in der industriellen Biotechnologie tätig sind, insbesondere Enzymhersteller (ein Bereich mit hohem Potenzial sind Enzyme zur Herstellung von Biotreibstoffen der zweiten Generation).
Erneuerbare und kohlenstoffarme Energien	Investitionsbereiche
Sektor	Investitionsbereiche
Windkraft: An bestimmten Standorten ist Windenergie konkurrenzfähig zu Strom aus fossilen Brennstoffen; die Kapazität ist von 2,8 GW im Jahr 1993 auf 59 GW 2005 gestiegen (jährliche Wachstumsrate 30%); der jährliche Anstieg wird in den nächsten fünf Jahren . schätzungsweise bei 20% liegen (Seite 46).	Turbinenhersteller, Windparkentwickler.
Photovoltaik: Sofern die Kostensenkung im nächsten Jahrzehnt wie bisher voranschreitet, wird Photovoltaik bereits in 10 bis 20 Jahren konkurrenzfähig zu den Grosshandelsstrompreisen sein (Seite 46).	Komplette Versorgungskette (d.h. Siliziumproduktion und Ausrüstungs-Ausrüstungsfertigung bis hin zur Fertigung von Solarzellen und Installation von Photovoltaikmodulen).
Erdwärme: An bestimmten Standorten herrscht bereits heute Wettbewerbsfähigkeit; der wesentliche Vorteil ist die Bereitstellung von Grundlaststrom (Seite 46).	Entwickler von Erdwärmeprojekten.
Biotreibstoffe: Profitieren aufgrund der Bestrebungen nach Energieautonomie derzeit von umfangreichen staatlichen Förderungen (Seite 53).	Hersteller von Biodiesel und Bioethanol.
Solarthermische Energie: Grosses Wachstumspotenzial im Sonnengürtel der Erde und erhebliches Kostensenkungspotenzial (Seite 46).	Entwickler von solarthermischen Projekten.
Wasserkraft: Das Erweiterungspotenzial für Europa ist begrenzt; doch in anderen Ländern bilden Kleinwasserkraftprojekte einen sinnvollen Beitrag zum Energiemix (Seite 46).	Hersteller von Kleinturbinen.

Quelle: UBS

den Klimaschutz dar. Neben der üblichen Sorgfalt, die bei Anlagen in niedrig kapitalisierte Unternehmen anzuwenden ist, sollten vor einer Investition in diesen Bereich auch die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Politische Massnahmen sind derzeit der wichtigste Auslöser für Klimaschutzmassnahmen
- Technologien, die über den gesamten Lebenszyklus eines Brennstoffes oder Produktes die CO₂-Belastung verringern, profitieren von einer Klimaschutzpolitik. Unter diesem Aspekt sind die Energiequellen mit den geringsten Treibhausgasemissionen zu bevorzugen. Die Kohlenstoffbilanz erneuerbarer Energiequellen spielt eine wichtige Rolle beim Entscheid, welche Technologien staatlich gefördert werden.
- Technologien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen befinden sich in unterschiedlichen Stadien ihres Lebenszyklus (siehe Box zu Marktdurchdringung von erneuerbaren Energien unten). Entsprechend variiert das

Abb. 5.8: Risiko-Ertrags-Profil verschiedener erneuerbarer Energien

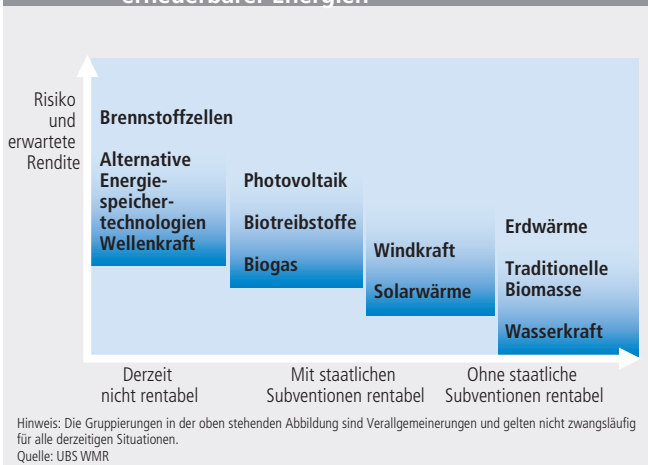
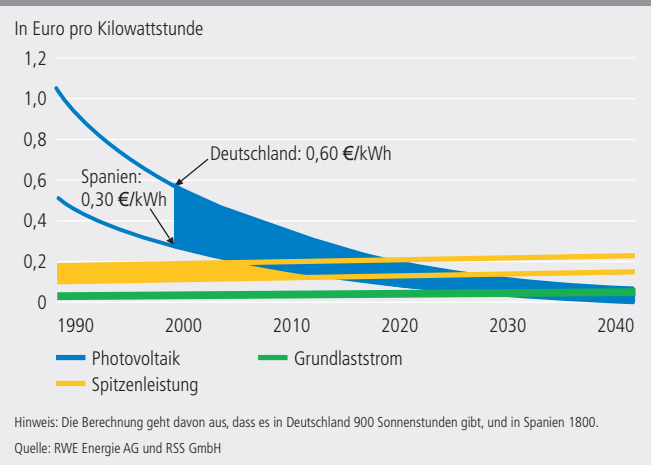


Abb. 5.9: Historische und progn. Kosten der Photovoltaik



Marktdurchdringung von erneuerbaren Energien

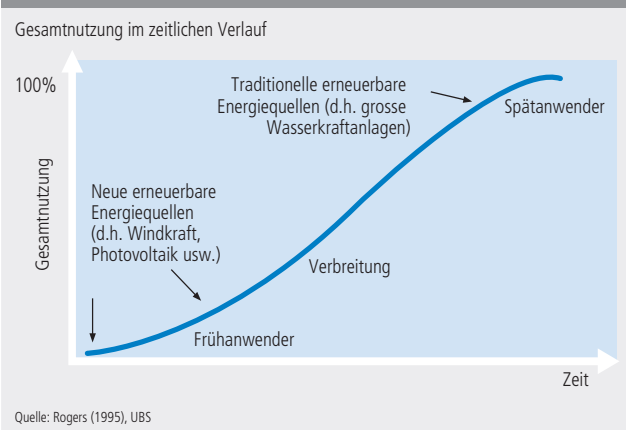
Im Vergleich zu ihrer möglichen Marktdurchdringung sind die meisten erneuerbaren Energien und energieeffizienten Technologien noch kaum am Markt präsent (Abb. 5.10). Die meisten Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien sind unten links auf der Kurve angesiedelt, wobei zwischen den einzelnen Technologien erhebliche Unterschiede bestehen. Ganz rechts in Abb. 5.10 sind Wasserkraftwerke einzuordnen, die bereits über hundert Jahre in Betrieb sind und wenig Potenzial für Optimierungen bieten. Die bestehenden Projekte generieren einen stabilen Cashflow und gelten als defensive Anlagen.

Je früher Investitionen in eine Technologie erfolgen, desto wichtiger ist das Know-how zur Bewertung der Realisierbarkeit und des Potenzials der Technologie. Bei bereits weiter ausgereiften Technologien stehen andere Faktoren im Vordergrund (z. B. ist eine Massenproduktion möglich und wird der Markt die Technologie annehmen?).

Einige erneuerbare Energien bestehen bisher nur als Konzept oder befinden sich noch im Forschungsstadium (z. B. genveränderte Algen zur Erzeugung kosteneffizienter Produkte auf Erdölbasis). Brennstoffzellen haben bereits den Schritt aus der Testphase in die Feldforschung gemacht und werden in zahlreichen Pilotanwendungen erprobt. Akkumulatoren, die wirtschaftlich rentabel grosse Strommengen speichern

und bei Bedarf abgeben können und somit eine Grundleistung aus fluktuierenden Quellen bereitstellen, stehen kurz vor der Massenproduktion und vor der breiten Marktdurchdringung. Das gilt auch für grosse Solarthermieanlagen. Photovoltaikanlagen werden bereits für den Massenmarkt produziert und verzeichnen ein überdurchschnittliches Wachstum.

Abb. 5.10: Technologien für erneuerbare Energien



Das Carbon Disclosure Project

Bei institutionellen wie privaten Investoren wächst das Bewusstsein dafür, wie sich die Risiken des Klimawandels und der Klimaschutzbestimmungen auf die Zusammenstellung ihres Portfolios sowie auf ihre Aktienauswahl und Anlagestrategien auswirken. Ein anschauliches Beispiel für diese Entwicklung ist die Lancierung des Carbon Disclosure Project (CDP). Dieses grösste und bekannteste Gemeinschaftsprojekt institutioneller Investoren sammelt Angaben über die Klimastrategie von Unternehmen. Seit seinem Start 2002 ist die Anzahl institutioneller Investoren, die das Projekt unterstützen, von 35 auf 211 angewachsen, und die Gesamtsumme des durch die Projektteilnehmer verwalteten Anlagevermögens ist von 4,5 Bio. Dollar auf über 31 Bio. Dollar gestiegen.

2002 begann das CDP mit der Erfassung von Daten über Treibhausgasemissionen, indem es weltweit eine Umfrage machte. Die Unternehmen lieferten Zahlen über ihren CO₂-Ausstoss sowie ihre Strategie für ein Emissionsmanagement, z. B. mit Reduktionszielen und der Anwendung von Technologien zur Emissionsenkung. Während bei der ersten Anfrage durch das CDP nur die grössten FT500-Unternehmen erfasst wurden, umfasste die letzte Befragung mehr als 2100 Unternehmen. Für 2006 sammelte das CDP Informationen von 360 der FT500-Unternehmen (eine Rücklaufquote von 72%, nach 41% im Jahr 2002) und erhielt insgesamt Antworten von 940 Unternehmen. Das Augenmerk der

Investorengemeinschaft auf die Risiken des Klimawandels hat den Druck auf die Konzerne verstärkt, relevante Emissionsdaten sowie ihre Pläne zum Risikomanagement offenzulegen. Das Projekt hat ausserdem das Bewusstsein gestärkt, dass ein verantwortungsvoller Umgang mit dem Klimawandel heute Teil der treuhänderischen Verantwortung eines Unternehmens ist. Es kann somit dazu beitragen, dass die Kapitalmärkte ihre Wahrnehmung der Risiken und Chancen des Klimawandels ändern. Unternehmen mit geringem Klimarisiko sowie vorteilhaften Produkten und Dienstleistungen könnten zusätzliches Kapital anziehen, während Unternehmen mit hohem Risiko immer weniger oder teureren Zugang zu Kapital finden könnten. Durch die Berücksichtigung der CDP-Daten in den gängigen Wertschriftenanalysen steigen die Anreize für Unternehmen, ihre CO₂-Emissionen wirksamer zu steuern.

Ähnliche Initiativen sind das Investor Network on Climate Risk (INCR) in den USA oder die Institutional Investor Group on Climate Change (IIGCC), die sich aus den wichtigsten Pensionskassen und anderen institutionellen Investoren zusammensetzen. Gemeinsames Ziel dieser Programme ist es, das Bewusstsein für die Klimarisiken als treuhänderische Pflicht zu stärken, die Investoren zur Berücksichtigung von Klimarisiken im Rahmen ihres Portfolios zu ermutigen sowie Druck seitens der Aktionäre aufzubauen, um das Management von Klimarisiken in den Unternehmen zu verbessern.

Risiko-Rendite-Profil von Investitionen in diese Technologien erheblich. Allgemein sind das Risiko und der zu erwartende Ertrag aus Investitionen in erneuerbare Energien bei Unternehmen am höchsten, deren neue Technologien derzeit noch nicht rentabel sind. Risiko und Rendite werden geringer, wenn Unternehmen bei der Ertragsgenerierung bereits auf bestehende staatliche Förderungen setzen. Das geringste Risiko besteht bei Unternehmen, die einen rentablen Produktmix anbieten, ohne dabei auf Förderungen zurückgreifen zu müssen. In Abb. 5.8 sind die derzeit verfügbaren Technologien in diesem Schema aufgeführt.

- Weitere Aspekte sind die Wettbewerbsfähigkeit sowie das Potenzial für weitere Kostensenkungen. In Abb. 5.1 sind die derzeitigen Kosten der Stromerzeugung aus unterschiedlichen Ressourcen und Schätzungen bis 2020 aufgeführt. Nicht wettbewerbsfähige erneuerbare Energien sind auf politische Unterstützung angewiesen, um Entwicklung und Forschung voranzutreiben und zusätzliche Investitionen zu ermöglichen. Daher schreiben Subventionen für alternative Energien häufig eine Senkung der jährlichen Kosten vor. Langfristige Investitionen in Technologien für Energie und Energieeffizienz sind nur dann attraktiv, wenn die Technologie die geforderte Kostensenkung erreichen kann. Im Falle der Photovoltaik hat die Branche bis jetzt ihr Kostensenkungspotenzial bewiesen, indem sie in der Regel alle zehn Jahre ca. 50% der Kosten eingespart hat (Abb. 5.9).
- Unternehmen haben oft mit zahlreichen Markteintrittsbarrieren zu kämpfen, bevor das Wachstum neuer Produkte und Technologien zustande kommt. So hat eine lokale Stromerzeugung beispielsweise oft Schwierigkeiten bei der Anbindung an landesweite zentralisierte Stromnetze und an Versorgungsstrukturen. In anderen Fällen fehlt die breite gesellschaftliche Akzeptanz, so bei der Kernkraft. In anderen Fällen werden vollständig neue Design- und Fertigungsansätze benötigt, wie beim Einsatz von Kohlefasern im Autobereich.

Finanzprodukte

Investoren verfügen über eine Vielzahl an Möglichkeiten, um die Risiken und Chancen des Klimawandels in ihre Portfolios einzubeziehen. Diese Optionen umfassen eine breite Auswahl an Anlageklassen (Abb. 5.11).

Aktienbezogene Strategien bestehen u. a. in einer Untergewichtung von Sektoren, Branchen und Unternehmen mit hoher Kohlenstoffintensität und geringem Anpassungspotenzial (Abb. 5.5). Ausserdem können Anleger direkt vom Klimaschutz profitieren, indem sie in Unternehmen investieren, die auf erneuerbare oder CO₂-arme Energien und hohe Energieeffizienz setzen. Es gibt auch Möglichkeiten zur Investition in thematische Fonds, die speziell auf die Eindämmung des Klimawandels abgestimmt sind, sowie in eine Reihe von Aktienkörben, Zertifikaten und Indizes für bestimmte Anlagebereiche wie Biotechnologie, Photovoltaik oder Biotreibstoffe.

Investoren können auch auf nicht kotierte Unternehmen im Bereich erneuerbare Energien oder Energieeffizienz setzen, indem sie in die immer zahlreicher werdenden Risikokapitalfirmen und Private-Equity-Fonds mit Schwerpunkt auf Umwelttechnologien investieren.

Eine weitere Option ist die Investition in SRI-Fonds und Indizes (socially responsible investment, sozial verantwortungsbewusste Anlagen), bei denen es drei generelle Strategien gibt: Eine wählt nur die besten Unternehmen aus, eine schliesst die kontroversesten Titel aus und die dritte konzentriert sich auf Firmen mit dem grössten Potential (Abb. 5.12). Obwohl die Auswahlkriterien für diese Finanzinstrumente nicht ausschliesslich auf den Klimawandel ausgerichtet sind, sondern zumeist auch andere ökologische und soziale Aspekte berücksichtigen, zählt der Klimawandel doch zu den wichtigsten Umweltkriterien bei der Auswahl von Unternehmen in Sektoren mit hohem CO₂-Risiko.

CO₂-Fonds sind in erster Linie im An- und Verkauf von Emissionsreduktionsgutschriften (CERs) tätig. In den letzten Jahren entstanden immer mehr solcher Fonds, die eine wichtige Rolle für die Preisbestimmung innerhalb der Märkte für den Clean Development and Joint Implementation Mechanismus spielen. Die meisten dieser Fonds wurden eingerichtet, um die Nachfrage nach Emissionsrechten von Unternehmen zu decken, die ihre Emissionsquoten zu erfüllen versuchen, wie zum Beispiel im Rahmen des Emissionshandelssystems in der EU. Der Zugang zu diesen Fonds ist für Einzelinvestoren derzeit eingeschränkt. Emissionsindexprodukte bilden mit Derivaten den Preis von Emissionsrechten ab. Dabei ist zu bedenken, dass Emissionsindizes weder direkt noch indirekt Einfluss auf die Eindämmung des Klimawandels haben. Institutionelle Investoren können solche Indexprodukte jedoch als Anlageinstrument nutzen sowie dazu, sich gegen

Abb. 5.11: Strategien für den Klimawandel: Anpassung oder Eindämmung?

Aktien	Anleihen	Private Equity/ Risikokapital	Immobilien	Hedging Instrumente	Andere
Portfolio-Screening SRI-Fonds Themat. Fonds Aktien für erneuerbare Energien und Effizienz "Grüne" Hedge-Funds Zertifikate	Portfolio-Screening SRI-Fonds Anleihen für erneuerbare Energien	Risikokapital für Umweltprojekte	Verbesserte Energieeffizienz im Eigentumsportfolio	Versicherung Wetterderivate Katastrophenanleihen Emissionsindizes	CO ₂ -Fonds

Quelle: UBS

höhere Preise für Emissionsrechte abzusichern. Allerdings sind sowohl einzelne als auch institutionelle Investoren einem erheblichen politischen Risiko ausgesetzt, wenn sie langfristige Investitionen in solche Indexprodukte tätigen, da sich die gesetzlichen Grundlagen dafür noch im Entwicklungsstadium befinden. Aus diesem Grund war der Preis für die Emissionsrechte seit dem Start der meisten Emissionshandelssysteme auch sehr volatil.

Auf den Anleihenmärkten können Anleger ihr Gewicht in Unternehmen verringern, die ein erhöhtes Kreditrisiko aufgrund neuer gesetzlicher Rahmenbedingungen zum Klimaschutz und fehlender Absicherung gegen Wetterereignisse wie Hurrikane oder Überschwemmungen aufweisen. Neben Risiken eröffnen sich dem Anleger aber auch Chancen: Regierungen und Projektentwicklungsunternehmen geben immer öfter Anleihen für erneuerbare Energien aus, um ganz bestimmte Projekte für saubere Energie zu finanzieren.

Einzig im Bereich der Immobilien ist die Auswahl an Produkten mit Ausrichtung auf den Klimawandel bislang noch beschränkt. Hier können Anleger aber innerhalb ihres Portfolios von Verbesserungen der Energieeffizienz sowie von den günstigeren Zinsen und Bedingungen «grüner» Hypotheken profitieren.

Wahl der geeigneten Anlagestrategie

Der Klimawandel ist eine hochgradig komplexe Problematik mit unzähligen Folgen für Kapitalanlagen. Einige davon zeichnen sich heute bereits ab, andere wiederum könnten erst in einigen Jahrzehnten zum Tragen kommen. Derzeit sind Anlagen anhand von Kriterien des Klimawandels noch schwierig vorzunehmen, da nur wenige Finanzprodukte und gesicherte Daten zur Verfügung stehen. Allerdings wächst das Angebot an Finanzprodukten beständig und auch der Druck auf die Unternehmen, ihre Daten im Hinblick auf Klimawandel und Emissionen offen zu legen, nimmt zu.

Die Folgen des Klimawandels bringen für Unternehmen und Branchen Risiken wie strengere gesetzliche Vorgaben, sinkende Umsätze, häufigeren Wertverlust physischen Eigentums oder Image-Schäden mit sich. Sollte sich tatsächlich das Szenario eines ungebremst zunehmenden Energiebedarfs einstellen, wären Investoren gut beraten, die direkten Risiken des Klimawandels für ihr Portfolio zu senken. Wenn die Treibhausgasemissionen gesenkt werden, auch dann, wenn keine Stabilisierung der Schadstoffkonzentration in der Atmosphäre erreicht wird, dürfte das verstärkte Bewusstsein für den Klimawandel auch die entsprechenden Risiken und Chancen in den Mittelpunkt rücken.

Fig. 5.12: Ansätze bei SRI-Produkten



Die Chancen aus der Eindämmung des Klimawandels lassen sich in zwei Kategorien einteilen: Einerseits Produkte und Prozesse für eine verbesserte Energieeffizienz, andererseits die Entwicklung von erneuerbaren bzw. CO₂-armen Energien. Je mehr Anreize es für eine Senkung der Treibhausgasemissionen gibt, desto besser sind die Aussichten für Anlagemöglichkeiten im Zusammenhang mit Klimaschutz. Anleger, die den Klimawandel für einen wichtigen Aspekt halten, können umgehend und direkt nicht nur ihr Portfolio, sondern auch ihr Verhalten ändern. Unserer Ansicht nach hängt es vor allem davon ab, wie viele Einzelpersonen ihr Verhalten ändern und wie streng die gesetzlichen Vorgaben zu Treibhausgasemissionen ausfallen, ob sich Investitionen in den Klimaschutz lohnen werden.

Anhang

Strategien für den Klimawandel: Anpassung oder Eindämmung?

Autoren:

Agathe Bolli, Global Asset Management

Jan Scherer, Global Asset Management

Jennelyn Tanchua, externe Autorin und Forscherin

Strategien für den Klimawandel: Anpassung oder Eindämmung?

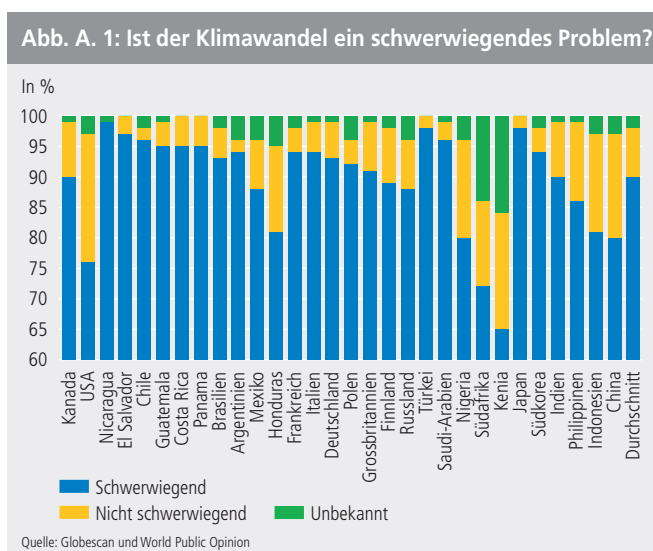
Neben der Möglichkeit, den Klimawandel einfach zu ignorieren, gibt es zwei Strategien, ihm zu begegnen: man kann entweder auf die Ereignisse reagieren und sich nach und nach anpassen, oder man kann die Folgen mit gesetzlichen Richtlinien und Anreizen zur Verhaltensänderung eindämmen.

Anpassung

Eine Anpassung erfordert Änderungen der Lebensweise, um die negativen Auswirkungen des Klimawandels im Alltag zu beschränken. Das Potenzial für eine solche Anpassung ist unbegrenzt, bringt aber erhebliche Umstellungen und Kosten mit sich. So könnte beispielsweise eine Umsiedlung von Personen in höher gelegene Gebiete nötig werden, da die Meeresspiegel ansteigen. Ebenso könnten Gebiete in der Nähe von Wäldern, die von Dürren bedroht sind, nicht mehr besiedelbar sein, da dort ein höheres Brandrisiko bestünde. Die Entwicklung dürrebeständiger Nutzpflanzen, Wasserbauprojekte (sowohl zur Verteilung von sauberem Wasser als auch zum Schutz vor Überflutungen) sind weitere Möglichkeiten zur Anpassung.

Dabei wird die Anpassung an den Klimawandel keinesfalls nur negative Aspekte mit sich bringen. So werden beispielsweise, wie in Kapitel 1 erwähnt, bestimmte polare und gemässigte Klimazonen aufgrund wärmerer Temperaturen besser für eine Besiedlung geeignet sein. Für die Bewohner dieser Regionen könnte dies trotz der allgemeinen Veränderungen, die durch den Klimawandel bedingt sind, sogar wirtschaftliche Vorteile bedeuten. Dieselben Modelle zeigen jedoch auch, wie andere, weniger begünstigte Regionen in Mitleidenschaft gezogen werden. Die schlimmsten Folgen des Klimawandels, wie Überflutungen, Flächenbrände oder Dürren, werden die dortigen Lebensbedingungen sowie die Artenvielfalt und Ökosysteme grundlegend verändern.

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass arme Länder, die am wenigsten zum Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen beitragen, am meisten von den Folgen betroffen sein werden und sich am schlechtesten an diese anpassen können. Arme Länder sind in hohem Masse von der Landwirt-



schaft abhängig, liegen in dürregefährdeten Gebieten und verfügen weder über die Strukturen noch über das Kapital, um Notfallpläne erstellen und Infrastrukturkosten tragen zu können. Letztlich dürfte sich die Strategie der Anpassung bei den schwersten Folgen des Klimawandels als unzureichend erweisen, da die Kosten einer solchen Anpassung so ungleich verteilt sind. Hinzu kommt, dass die Gebiete mit dem höchsten Ausstoss an Treibhausgasen sich oft nicht mit denen decken, die von den höchsten Anpassungskosten betroffen sein werden. Dennoch wird eine Anpassung vermutlich nötig werden, wenn sich die Bemühungen um den Klimaschutz als erfolglos erweisen. In der Tat nimmt mit dem wachsenden öffentlichen Bewusstsein für die globale Erwärmung auch die öffentliche Unterstützung von Klimaschutzmassnahmen zu (Abb. A. 1).

Klimawandel und Versicherungen

Die Versicherungsbranche wird voraussichtlich die Anpassung der Menschen an den Klimawandel mit beeinflussen, da von ihr Impulse im Hinblick auf das Risikomanagement ausgehen. Zu den erwarteten Folgen der Erwärmung gehören zum Beispiel grössere Niederschlagsmengen und Überflutungen in bestimmten Küstengebieten. Die Versicherungen beginnen deshalb bereits damit, dieses erhöhte Risiko einzubeziehen, indem sie die Prämien für Flutversicherungen erhöhen. Insgesamt liegen allerdings nur wenig Informationen vor, um mögliche Schäden und deren Wahrscheinlichkeit abzuschätzen. Entsprechend schwierig ist es deshalb, die genaue Rolle der Versicherungsmärkte bei der Anpassung an den Klimawandel vorherzusagen.

Extreme Wetterereignisse gefährden die langfristigen Ertragsaussichten der Versicherungsbranche. Der Münchener Rück zufolge entstanden der Versicherungsbranche allein 2004 Schadensforderungen in Höhe von 30 Mrd. Dollar wegen der Wirbelstürme und Unwetter in den USA und in der Karibik. Die folgende Hurrikansaison übertraf diesen Betrag sogar noch. Die Hurrikane Rita und Katrina verursachten Schäden in der Rekordhöhe von 83 Mrd. Dollar. 2005 gab es mehr Hurrikane als jemals zuvor seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1851.

Nach einer Bewertung von Wahrscheinlichkeit und Ausmass der erwarteten Schäden bleibt den Versicherungen die Wahl, sich entweder ganz aus einem Markt zurückzuziehen, höhere Prämien zu verlangen oder Katastrophenanleihen zu verkaufen. Katastrophenanleihen verteilen das Risiko grosser Schäden auf eine Vielzahl von Investoren und klammern es so aus den Bilanzen der Versicherungen aus (Abb. A. 2). Inflationbereinigt beliefen sich die Verluste gemäss Swiss Re aus Katastrophen 2004 auf 45 Mrd. Dollar und 2005 auf 78 Mrd. Dollar (Abb. A. 3). Deshalb werden Katastrophenanleihen und andere Massnahmen zur Risikoverteilung vermutlich eine immer wichtigere Rolle spielen.

Neben Vermögensschäden gibt es noch eine Reihe von anderen Risiken, die sich auf die Versicherungsansprüche auswirken könnten. Es ist jedoch sehr schwierig, die Höhe der Schäden zu beziffern, die durch diese zusätzlichen Faktoren bedingt werden. Zu diesen Risiken zählen Geschäfts- und Lieferunterbrechungen, der Verlust von Versorgungsstrukturen, der Ausfall von Anlagen aufgrund extremer Temperaturen sowie Datenverluste wegen Problemen bei der

Stromversorgung. Extreme Wetterereignisse können Vorkehrungen zur Emissionskontrolle ausser Betrieb setzen, was Schadensersatzforderungen an die betroffenen Unternehmen zur Folge hätte, und Stromausfälle könnten Herstellung und Dienstleistungen unterbrechen. Widrige Wetterbedingungen wirken sich zudem direkt auf die Gesundheit aus und sind dadurch ein Risiko für Lebensversicherer. Somit wird den Versicherungen eine immer grössere, wenngleich noch nicht klar umrissene Bedeutung bei der Anpassung an die neuen Umweltbedingungen infolge des Klimawandels zukommen.

Abb. A. 2: Risikokapital nach Gefahrenkategorien

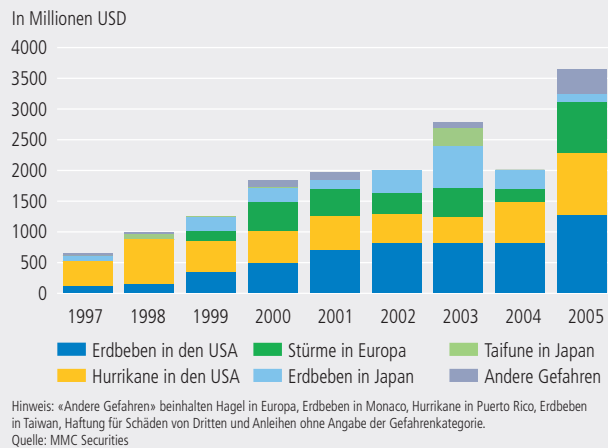
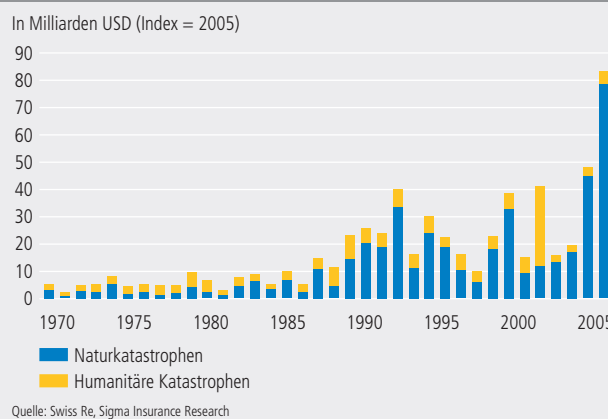


Abb. A. 3: Inflationbereinigte Verluste durch Katastrophen



Eindämmung/Klimaschutz

Der Begriff der Eindämmung bezieht sich auf Verhaltensänderungen, die einerseits die Fähigkeit der Erde, Kohlendioxid aufzunehmen, verbessern und andererseits eine Senkung der Treibhausgasemissionen ermöglichen. Da Kohlendioxid drei Viertel des gesamten Treibhausgasausstosses ausmacht, ist seine Reduktion Voraussetzung für den Klimaschutz. Die Kohlendioxidemissionen hängen in erster Linie von den folgenden Faktoren ab:

1. Bevölkerungsgrösse
2. Pro-Kopf-Einkommen
3. Energieintensität der Wirtschaftsleistung und
4. CO₂-Intensität des Energieverbrauchs

Emissionssenkungen erfordern Veränderungen im Hinblick auf mindestens einen dieser Faktoren, besser noch im Hinblick auf alle. Wir werden uns hier auf die beiden Aspekte Reduktion der Energieintensität der Wirtschaftsleistung sowie Senkung der CO₂-Intensität des Energieverbrauchs beschränken. Diese beiden Faktoren könnten durch eine Steigerung der Energieeffizienz in den Bereichen Produktion und Konsumverhalten sowie durch den Übergang zu erneuerbaren Energien und Erdgas beeinflusst werden. Diese beiden Faktoren bilden ausserdem die Grundlage für unsere in Kapitel 4 dargestellte Analyse von vier primären Aktivitäten, die zum Treibhausgasausstoss beitragen.

Die politischen Möglichkeiten, um den Klimawandel einzudämmen, lassen sich mit den Stichworten «bestimmen und kontrollieren» oder «Anreize geben» zusammenfassen. Der mit «bestimmen und kontrollieren» gemeinte Ansatz umfasst Emissions- und Technologiestandards und überlässt die Aufstellung und Durchsetzung gesetzlicher Vorgaben den jeweiligen Regierungen. Ansätze, die auf Anreizen oder Marktkräften basieren, setzen dagegen nicht nur die Festlegung allgemeiner Ziele und Vorgaben von staatlicher Seite voraus, sondern vertrauen auch darauf, dass Unternehmen und Verbraucher auf gängige Marktanreize ansprechen. Somit ist eine auf Anreizen basierende Eindämmung durch Steuern, Subventionen und Emissionshandel der kosteneffizientere Weg. Abb. A. 4 listet die Fortschritte bei internationalen Initiativen zur Eindämmung des Klimawandels auf.

Emissions- und Technologiestandards

Ein Emissionsstandard setzt Grenzen für die Schadstoffmengen, die eine Quelle verursachen darf, während ein Technologiestandard vorgibt, dass Verursacher bestimmte Technologien, Einrichtungen oder Verfahren verwenden müssen. Regulierungsbehörden setzen eine Emissionsgrenze fest, deren Nichteinhaltung mit Geldbussen belegt wird. Abgasemissionsstandards für Autohersteller sind ein typisches Beispiel für einen Emissionsstan-

Abb. A. 4: Meilensteine der Klimapolitik

1988	UNEP und WMO gründen den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC), der regelmässig wissenschaftliche und technische Bewertungen zum Klimawandel erstellt.
1992	Auf dem Erdgipfel in Rio de Janeiro, Brasilien, wird die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen unterzeichnet. Die Konvention tritt 1994 in Kraft.
1995	Der zweite Sachstandsbericht des IPCC kommt zu dem Schluss, dass ein erkennbarer Einfluss des Menschen auf das Weltklima vorliegt.
1997	Aufnahme des Kyoto-Protokolls in die Klimakonvention der Vereinten Nationen.
2001	Der dritte Sachstandsbericht des IPCC stellt einen stärkeren Zusammenhang zwischen menschlichen Aktivitäten und dem globalen Klimasystem fest. Die USA teilen mit, dass sie dem Kyoto-Protokoll nicht beitreten. Weitere Unterzeichner treten dem «Abkommen von Marrakesch» bei, das genaue Regelungen zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls umfasst.
2004	Die Russische Föderation ratifiziert das Kyoto-Protokoll, das im Februar 2005 in Kraft tritt.
2005	Das erste Treffen der Unterzeichner des Kyoto-Protokolls findet in Montreal, Kanada, statt.
2007	Der vierte Sachstandsbericht wird veröffentlicht.

Quellen: WRI, UBS

Standard, wogegen eine Auflage für öffentliche Unternehmen, Fahrzeuge zu kaufen, die mit alternativen Treibstoffen betrieben werden, ein Beispiel für einen Technologiestandard wäre.

Standards können unter Umständen sehr kostspielig sein, da sie normalerweise als allgemeine Richtlinien konzipiert sind, so dass Unterschiede zwischen den Verursachern in Bezug auf deren Kosteneffizienz bei der Emissionsreduzierung nicht berücksichtigt werden. Während bestimmte Unternehmen sehr hohe Investitionen tätigen müssen, um einen Standard umzusetzen, bestehen für andere Unternehmen, deren Technologiekosten geringer sind, keine Anreize, die Ziele der Emissionssenkung zu übertreffen.

Standards können zwar wirksam sein, um Emissionen zu senken (die meisten derzeitigen Umweltbestimmungen basieren auf Standards), sie sind jedoch nicht unbedingt die kosteneffizienteste Methode, da die Emissionen nicht immer dort gesenkt werden, wo die Kosten am geringsten sind. Ferner ist nicht gewährleistet, dass Standards die Treibhausgasemissionen wirklich senken. So ist es möglich, dass mehr Fahrzeuge zugelassen werden und die Anzahl der gefahrenen Kilometer steigt, obwohl es Emissionsstandards zur Reduzierung von Treibhausgasen beim Autoverkehr gibt.

Emissionsgebundene Steuern und Subventionen

Ein weiterer politischer Ansatz zur Eindämmung des Klimawandels besteht darin, Emissionen zu besteuern. Dies führt jedoch zu keiner gesetzlichen Verpflichtung zur Emissionssenkung, wie dies bei Standards der Fall ist. Letztlich hängt es davon ab, wie Verbraucher und Hersteller auf Preisänderungen reagieren, welche Wirkung die Besteuerung auf die Emissionsreduzierung hat und wer den grössten Steueranteil zahlen muss (Verbraucher oder Hersteller).

Wenn beispielsweise ein Land eine Steuer auf die Kohlendioxidemissionen von Benzin erhebt und die Autofahrer trotz des Preises weiterhin die gleiche Menge an Kraftstoff kaufen, bleiben die Kohlendioxidemissionen gleich, während der Verbraucher in diesem Fall die gesamte Steuerlast trägt. Die Treibstoffhersteller wären hingegen wenig motiviert, die Kohlendioxidintensität von Kraftstoffen zu senken. Wenn der Verbraucher dagegen sensibler auf Preisänderungen reagiert, begünstigen Steuern technische

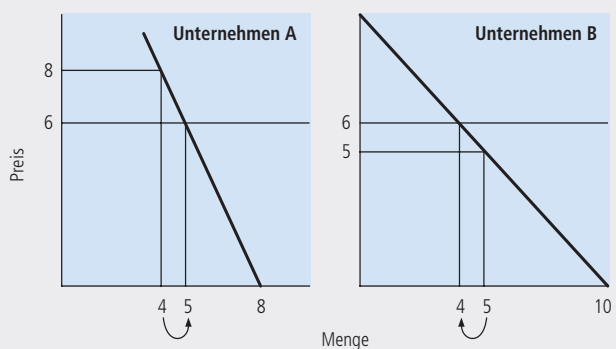
Überblick zum Emissionshandel

Abb. A. 5 zeigt, wie der Emissionshandel theoretisch funktionieren könnte. Ziel ist es, die Emissionen der beiden Unternehmen um die Hälfte zu senken, d.h. von einem Stand von zusammen 18 Tonnen ohne Regulierung auf maximal 9 Tonnen. Um diese 50%ige Emissionssenkung zu erreichen, werden den Unternehmen A und B Emissionsrechte von vier bzw. fünf Tonnen zugeteilt, was jeweils der Hälfte ihres ursprünglichen Ausstosses entspricht. Da Unternehmen B die Emissionen kostengünstiger reduzieren kann als Unternehmen A, besteht für beide ein Anreiz, die Rechte zu handeln. Unternehmen B hat aufgrund seiner kosteneffizienten Verfahren einen Überschuss an Emissionsrechten, während Unternehmen A einen Mangel hat. Unternehmen A macht einen Gewinn, wenn es Rechte für weniger als acht Dollar kauft, während Unternehmen B einen Gewinn beim Verkauf von Rechten ab fünf Dollar macht. Die Unternehmen verhandeln so lange, bis ihre Emissionssenkungskosten bei sechs Dollar liegen. Zu diesem Zeitpunkt stösst Unternehmen A fünf Tonnen aus, was über den ursprünglich zugewiesenen vier Tonnen liegt, Unternehmen B stösst hingegen vier Tonnen aus, was weniger als die zu-

gewiesenen fünf Tonnen ist. Damit wird die Obergrenze von neun Tonnen bei den Emissionen insgesamt eingehalten.

Abb. A. 5: Theoretische Emissionshandelsvereinbarung

Vergleich Preis/Menge von CO₂-Emissionen



Quelle: UBS WMR

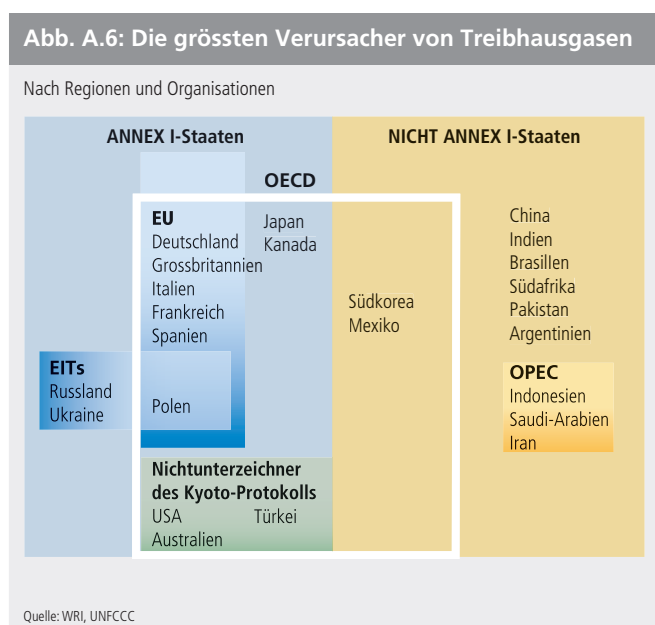
Fortschritte, die dazu führen, dass die Steuerpflicht des Verursachers sowie die Vermeidungskosten gesenkt werden. Für einige Unternehmen bieten Steuern einen Anreiz, ihre Emissionen so weit wie möglich zu senken, während andere lieber die Steuer zahlen, da die Eindämmungskosten viel höher wären. Hier ist eine Steuer kosteneffizienter als ein Emissionsstandard. Die Besteuerung bietet ferner den Vorteil, dass eine Obergrenze der Gesamtkosten für die Reduzierung festgelegt wird, gemessen an der Gesamthöhe der Emissionen und dem Steuersatz.

Emissionssteuern sind allerdings angesichts der zahlreichen unterschiedlichen Emissionsquellen politisch und verwaltungstechnisch schwer durchsetzbar. Subventionen im Bereich Emissionen funktionieren entgegengesetzt zur Besteuerung und können aus den Emissionssteuern finanziert werden. So könnten beispielsweise im privaten Sektor Subventionen als Steuervergünstigungen für erneuerbare Energien und für die Forschung und Entwicklung zur Senkung von Emissionen gewährt werden.

Emissionshandel

Die neueste Entwicklung zur Reduktion von Emissionen, die zunehmend Unterstützung auf internationaler Ebene findet, ist der Emissionshandel. Auf den ersten Blick scheint das Recht auf Emissionen ein ziemlich vages Konzept zu sein. Der Handel mit Waren wie Autoteilen oder Videospiele ist leicht verständlich, da es sich um greifbare Dinge handelt, die beim Verkauf übergeben werden können. Emissionen sind dagegen zum Grossteil nicht greifbar.

Beim Emissionshandel legen Wissenschaftler und Regierungen gemeinsam Obergrenzen für die Treibhausgasemissionen fest. Die Emissionsrechte werden dann den Hauptverursachern in Form von Rechten oder Zertifikaten zugeteilt. Auf dieser Grundlage starten die Verursacher den Handel und kaufen oder verkaufen Emissionsrechte untereinander, je nachdem, ob es günstiger ist, Rechte zu kaufen und weiter die Umwelt zu belasten oder Rechte zu verkaufen und die Emissionen zu senken. So erlaubt das System, dass Unternehmen ihre jeweiligen Grenzwerte überschreiten, indem sie Rechte von Unternehmen hinzukaufen, die Emissionen senken. Die Grenzwerte insgesamt können jedoch nicht überschritten werden. Der Preis für die Rechte wird ansteigen, wenn die Nachfrage zu einem bestimmten Preis grösser ist als das Angebot. Dementsprechend fallen die Preise, wenn zusätzliche Rechte erhältlich sind (Box zum Emissionshandel unten).



Als Strategie zur Eindämmung hat der Emissionshandel folgende Vorteile: Er ist kosteneffizienter als Emissionsstandards, da die Unternehmen, die eine Senkung der Emissionen am kostengünstigsten umsetzen können, ihren Ausstoss am stärksten reduzieren werden, und er ist politisch leichter realisierbar als Emissionssteuern. Ausserdem bietet er Anreize für technische Erfindungen. Zu den Nachteilen zählen u.a. mögliche Schwierigkeiten bei der Überwachung und Durchsetzung, insbesondere im internationalen Rahmen. Auch politisch und praktisch können Probleme bei der ersten Festlegung und Zuweisung von Ausgangszertifikaten entstehen.

Kyoto-Protokoll

Das Kyoto-Protokoll ist ein internationales Abkommen eines Zusammenschlusses aus Industrienationen und Schwellenländern (Abb. A. 6), das Ziele für die Senkung von Treibhausgasemissionen festlegt und ein Rahmenwerk für deren Umsetzung vorgibt. Das Protokoll fordert die Reduzierung von sechs primären Treibhausgasen: Kohlendioxid, Methan, Stickoxid, Fluorkohlenwasserstoffe, Perfluorcarbone und Schwefelhexafluorid. Das aktuelle Abkommen betrifft den Zeitraum von 2008 bis 2012. Dann müssen die Mitgliedstaaten ihre jeweiligen Reduzierungsziele erreichen.

Das EU-Emissionshandelssystem

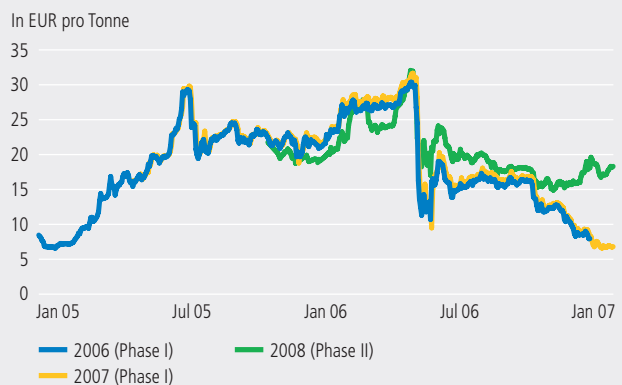
Das Kyoto-Protokoll sieht den Emissionshandel als ein Instrument vor, um die Kosten für die Senkung der Treibhausgasemissionen zu minimieren. Zwei Emissionshandelssysteme sind entstanden: das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) und die Chicago Climate Exchange (CCX). Obwohl die US-Regierung das Kyoto-Protokoll nicht ratifiziert hat, haben einige amerikanische Unternehmen, Kommunalverwaltungen und Bundesstaaten sich freiwillig zur Emissionssenkung und zur Teilnahme an Emissionshandelssystemen wie der CCX verpflichtet. Kalifornien, der zwölftgrösste Verursacher von Treibhausgasen weltweit, hat im August 2006 sogar einen Plan zur Emissionssenkung um 25% bis 2020 vorgelegt.

Am 1. Januar 2005 trat die Phase I des EU-ETS in Kraft und es wurden Emissionsrechte an mehr als 12 000 Anlagen innerhalb der 25 Mitgliedsstaaten zugewiesen (vor allem in den Sektoren Stromerzeugung und Industrie). Diese Anlagen sind für 45% der EU-weiten Kohlendioxidemissionen verantwortlich. Unternehmen handeln mit EU-Emissionsberechtigungen (EUAs), um die ihnen auferlegten Grenzwerte zu erreichen, wie sie durch die einzelnen EU-Regierungen im Rahmen ihrer Nationalen Allokationspläne (NAP) basierend auf Schätzungen zum aktuellen Emissionsstand definiert wurden.

Seit Handelsstart wies der Marktpreis für gehandelte EUAs erhebliche Schwankungen auf (Abb. A. 7). Der CO₂-Preis ist nach der Bekanntgabe der Emissionsresultate für 2005 im Mai 2006 stark gefallen. Die Ergebnisse zeigten, dass das System insgesamt wesentlich weniger Kohlendioxidemissionen produziert hat, als es die zugewiesenen Quoten erlaubt hätten (obgleich einige Länder wie Grossbritannien und Spanien ihre Emissionsraten überschritten haben). Insgesamt entstand so ein Überschuss an Emissionsgutschriften. Dieser Überschuss ist jedoch nicht auf die Senkungen der Emissionen insgesamt zurückzuführen. Vielmehr hatten einzelne Mitgliedsstaaten in ihren Allokationsplänen die anfangs zugewiesenen Zertifikate zu hoch angesetzt.

Dadurch ist der politische Druck gewachsen, die Zuweisungen für die Phase II des EU-ETS zu senken, die 2008 startet und mit dem ersten Verpflichtungszeitraum des Kyoto-Protokolls zusammenfällt. Im Verpflichtungszeitraum 2008 bis 2012 wird der Preis der EUAs bestimmt von der Verfügbarkeit von Gutschriften aus Russland und sonstigen Ländern sowie von den Regeln, die dann einerseits für die EU-Reduzierungen pro Land und andererseits für die europäischen Massnahmen insgesamt gelten werden. Ein Nicht-einhalten der Ziele durch Vermeidung oder Erwerb von Gutschriften führt in Phase I zu einer Geldstrafe von 40 Euro pro Tonne, die in Phase II auf 100 Euro pro Tonne ansteigt. Ferner werden die Preise wahrscheinlich durch den Preis und die Verfügbarkeit von Emissionsreduktionsgutschriften (Certified Emission Reductions – CERs) bestimmt, die aus Projekten auf Basis des Clean Development Mechanism und einer Joint Implementation erwirtschaftet werden (siehe S. 100).

Abb. A.7: Preise für CO₂-Emissionsrechte in der EU



Quelle: European Energy Exchange, Bloomberg

Das Protokoll trat im Februar 2005 in Kraft, und bis Januar 2007 hatten es bereits 164 Staaten ratifiziert, wobei Australien, die Türkei und die USA nicht beitraten. Von den Beitrittsstaaten müssen 35 Länder ihre Treibhausgasemissionen senken. Entwicklungsländer sind gemäss dem Kyoto-Protokoll nicht dazu verpflichtet, Treibhausgasemissionen zu verringern, da sie geringere Pro-Kopf-Emissionen und niedrigere Pro-Kopf-Einkommen aufweisen und einen kleineren Anteil zu den Treibhausgasen beigetragen haben, die sich bereits in der Atmosphäre angesammelt haben. Insgesamt zielt das Protokoll darauf ab, den durchschnittlichen Jahresausstoss an Treibhausgasen auf ein Niveau von 5% unter dem Stand von 1990 zu reduzieren (wie unter Anhang B des Protokolls definiert). Die meisten Industrieländer müssen ihre Emissionen jedoch um ca. 8% reduzieren.

Um die Reduzierungsziele auf möglichst kosteneffiziente Weise zu erreichen, sieht das Kyoto-Protokoll drei flexible Verfahren vor: den internationalen Emissionshandel, die Joint Implementation (JI) und den Clean Development Mechanism (CDM).

Emissionshandel

Der Emissionshandel erlaubt Annex-1-Staaten (definiert als Industrie- und Schwellenländer, die einer Emissionsminderung im Rahmen des Protokolls zugestimmt haben), Emissionsrechte untereinander zu handeln. Mit diesem Verfahren können Länder überschüssige Emissionsrechte an Länder verkaufen, die ihre Reduzierungsziele nicht erreicht haben.

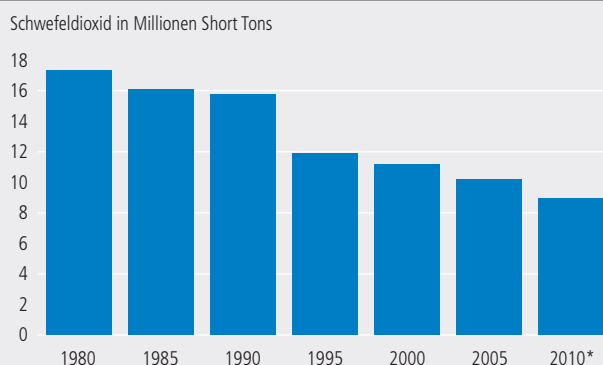
Saurer Regen, Ozonloch und Klimawandel

Es gab schon viele Gelegenheiten, die verschiedenen Möglichkeiten zur Eindämmung im Kampf gegen die Umweltverschmutzung zu erproben. Zwei der bekanntesten und erfolgreichsten Beispiele von Umweltrichtlinien sind das modifizierte amerikanische Luftreinhaltengesetz von 1990 (Clean Air Act Amendment) und das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht von 1987. Das Montrealer Protokoll ist ein internationales Abkommen, um die Produktion von Chemikalien, welche die Ozonschicht zerstören, allmählich einzustellen. Dies ist ein Beispiel sowohl für einen Emissionsstandard (null Emissionen) als auch für einen Technologiestandard. Das Konzept erwies sich als praktikabel, da technische Alternativen verfügbar und nur wenige Hauptverursacher beteiligt waren. Es führte dazu, dass die Mengen bestimmter ozonzerstörender Substanzen bereits zurückgegangen sind. Voraussetzungen für diesen Erfolg waren internationale Absprachen, eine geringe Anzahl an Verursachern, Ausnahmen im Falle von nicht verfügbaren Lösungen und Massnahmen zur Unterstützung von Entwicklungsländern beim Übergang.

Die US-Regierung beschloss 1990 das Luftreinhaltengesetz anzupassen, was u.a. einen Handel mit Emissionszertifikaten für Schwefeldioxid vorsieht, um den sauren Regen zu bekämpfen. Die Gesetzesänderung berücksichtigt auch Emissionen aus Mexiko und Kanada, die in die USA gelangen und umgekehrt. Herzstück ist ein Verfahren für einen Emissionsrechtelandel im Rahmen eines streng regulierten Emissionssenkungsmodells, das dem Ansatz «bestimmen und kontrollieren» folgt. Die Obergrenze für Schwefeldioxidemissionen wird von der Regierung festgelegt und durchgesetzt. Den Verursachern bleibt es überlassen, wie sie den

Grenzwert einhalten. Verursacher mit Emissionen, die über den Grenzwert hinausreichen, können entweder Zertifikate an der Chicago Board of Trade erwerben oder Technologien einsetzen, um die Vermeidungskosten zu reduzieren. Dieses Programm hat in Verbindung mit weiteren Richtlinien zur Reduzierung der Emissionen von mobilen kleinen Verursachern (Fahrzeuge) über Emissions- und Technologiestandards zu wesentlichen Verbesserungen der Luftqualitätsstandards in den USA geführt (Abb. A. 8). Ein wichtiger Faktor für den Erfolg des Gesetzes war die Tatsache, dass das System auf wenige grosse Verursacher (hauptsächlich Kohlekraftwerke) begrenzt war, die über zuverlässige Emissionsüberwachungssysteme verfügten.

Abb. A.8: Schwefeldioxidemissionen in den USA



Hinweis: * = Grenzwert für Schwefeldioxid mit 8,95 Millionen Short Tons im Jahr 2010, was ca. der Hälfte der Emissionen aus dem Energieerzeugungssektor von 1980 entspricht. 1 Short Ton entspricht ca. 900 kg.
Quelle: US Environmental Protection Agency

Joint Implementation

Durch die Joint Implementation (JI) können sich Annex-1-Länder Emissionsreduktionseinheiten verdienen, indem sie an gemeinsamen Projekten mit anderen Annex-1-Ländern teilnehmen. So kann ein JI-Projekt beispielsweise darin bestehen, dass ein ineffizientes Kohlekraftwerk in der Ukraine gegen ein energieeffizienteres Kraftwerk ausgetauscht wird, das sowohl Wärme als auch Strom erzeugt.

Clean Development Mechanism (CDM)

Der Clean Development Mechanism ermöglicht es Annex-1-Ländern, Emissionsreduktionsgutschriften (CER) durch die Finanzierung von Projekten in Nicht-Annex-1-Ländern zu erhalten (d.h. in Entwicklungsländern, die nicht dazu verpflichtet sind, Emissionen zu reduzieren, die aber als Partner für CDM-Projekte am Kyoto-Protokoll teilnehmen).

Ein Beispiel für ein CDM-Projekt ist die Vereinbarung, die im August 2006 zwischen zwei chinesischen Chemieunternehmen und einer Gruppe vorwiegend europäischer und asiatischer Konzerne geschlossen wurde. Im Rahmen dieses Projekts sollen Emissionsreduktionen erzielt werden, indem ein Verbrennungsofen installiert wird, der Fluorkohlenwasserstoffe abbaut. Nur ein geringer Teil der Finanzierung ist dabei für den Erwerb des Verbrennungsofens vorgesehen. Die restliche Finanzierung wird in einen Fonds für umweltverträgliche Entwicklung fließen, aus dem weitere Emissionsreduzierungspläne und Projekte für erneuerbare Energien in China finanziert werden. Ziel des Projekts ist eine Senkung des Treibhausgasausstosses um 19 Mio. Tonnen Kohlendioxid pro Jahr. Die Geldgeber des Projekts können die hieraus erwirtschafteten CERs nutzen, um ihre eigenen Emissionsreduktionsziele zu erreichen.

Obwohl das Kyoto-Protokoll der umfassendste globale Ansatz zur Eindämmung des Klimawandels ist, gibt es auch kritische Stimmen. So wird häufig die Frage laut, warum grosse Entwicklungs- und Schwellenländer von den Emissionsreduzierungszielen ausgeschlossen sind. Auch die Wirksamkeit bestimmter Projekte zur Erwirtschaftung von Emissionsgutschriften ist strittig. Skepsis besteht beispielsweise gegenüber Aufforstungsprojekten, da der in Wäldern eingeschlossene Kohlenstoff leicht durch menschliche und natürliche Aktivitäten wieder freigesetzt werden könnte. Das Kyoto-Protokoll ist ein internationales Abkommen zwischen souveränen Staaten. Deshalb gibt es auch grundsätzliche Bedenken über seine Wirksamkeit und über die Kosten für die Überwachung und Durchsetzung.

Glossar

Abholzung

Das Entfernen von Waldgebieten; unter anderem zur Erschliessung von landwirtschaftlichen Nutzflächen, Wohn- und Industrieflächen sowie zur Gewinnung von Holz als Bau- und Heizmaterial.

Abscheidung

Siehe CO₂-Abscheidung.

Annex-B-Länder

Länder, die rechtlich an bestimmte Ziele zur Emissionsreduzierung und an Emissionsgrenzwerte gemäss dem Kyoto-Protokoll gebunden sind.

Annex-I-Länder

Industrieländer (Mitglieder der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung sowie Übergangsländer), die eine nicht verbindliche Verpflichtung zur Senkung des Treibhausgasausstosses gemäss dem Kyoto-Protokoll unterzeichnet haben.

Anpassung

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel bezieht sich dieser Begriff auf Eingriffe in natürliche oder vom Menschen kontrollierte Systeme als Reaktion auf bereits eingetretene oder erwartete klimatische Veränderungen oder deren Folgen, die diesbezügliche Schäden abmildern oder daraus entstehende Vorteile nutzen.

Atmosphäre

Die aus Gasen bestehende Umhüllung der Erde, die durch die Schwerkraft an diese gebunden und in folgende Schichten unterteilt ist: Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre und Thermosphäre.

Biotreibstoff

Ein aus organischen Materialien oder verbrennbaren Pflanzenölen hergestellter Treibstoff.

Brennstoffzelle

Ein Gerät zur elektrochemischen Umwandlung. Es ist ähnlich wie eine Batterie aufgebaut und kombiniert Sauerstoff und Wasserstoff, um Strom, Wärme und Wasser zu erzeugen.

Clean Development Mechanism (CDM)

In Entwicklungsländern durchgeführte Projekte zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung sowie zur Erfüllung der Verpflichtung der Annex-I-Länder, die Treibhausgasemissionen zu senken; ermöglicht eine flexiblere Verteilung von Emissionssenkungen. Die Projekte müssen die sogenannte «Zusätzlichkeit» (siehe dort) nachweisen.

CO₂ (Kohlendioxid)

Ein natürlich vorkommendes Gas, das auch als Nebenprodukt bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe, durch Raumnutzungsänderungen und durch verschiedene Industrieprozesse entsteht; das primäre Treibhausgas, das vom Menschen verursacht wird.

CO₂-Abscheidung

Langfristige Einlagerung von CO₂; im Zusammenhang mit dem Klimawandel wird damit häufig das Auffangen von Kohlendioxid, der bei der Energienutzung erzeugt wurde, vor dessen Entweichen in die Atmosphäre bezeichnet.

CO₂-Emissionshandel

Siehe Emissionshandel.

CO₂-Steuern

Zuschläge oder Abgaben auf den CO₂-Gehalt des Verbrauchs von Öl, Kohle und Erdgas; dient zur Einschränkung der Nutzung fossiler Brennstoffe sowie zur Senkung der Kohlendioxidemissionen.

Deregulierung

Abbau staatlicher Einschränkungen für Unternehmen und Einzelpersonen, oft zur Steigerung des Wettbewerbs.

Diskontsatz

Ein Zinssatz, der zur Bestimmung des derzeitigen Werts eines zukünftigen Geldflusses verwendet wird.

Emissionen

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind hiermit meist Treibhausgase gemeint.

Emissionshandel

Ein marktbasierendes System, das den Unternehmen mehr Flexibilität bei der Senkung von Emissionen gibt; gilt als kosteneffizienter als Emissionsstandards.

Emissionsrechte

Die gesamten Emissionsrechte, die einem Verursacher für einen bestimmten Zeitraum eingeräumt werden; von einer Regulierungsbehörde erstellt und ausgegeben.

Erneuerbare Energien

Energiequellen, die durch den Verbrauch der von ihnen gelieferten Energie nicht zerstört werden und sich laufend erneuern; dazu gehören Sonnenlicht, Wind, Wellen, Wasserläufe und biologische Prozesse.

Erwärmungspotenzial

Eine zeitabhängige Angabe des Erwärmungs- oder Abkühlungspotenzials eines bestimmten Treibhausgases (siehe auch Klimawirksamkeit) im Verhältnis zu dem jeweiligen Potenzial von Kohlendioxid.

Externe Effekte

Entstehen, wenn bestimmte Handlungen einer Partei Kosten oder Vorteile für eine andere Partei bedingen, deren Wert sich nicht im Marktpreis widerspiegelt.

Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW)

Organische Verbindungen, die Kohlenstoff-, Chlor- und Fluoratome enthalten; allgemein als Kühlmittel, Lösungsmittel, Verpackungsmaterial, Isolierstoff und Aerosoltreibmittel im Einsatz; nach dem Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht von 1987 eingestuft.

Fossile Brennstoffe

Aus Kohlenstoff bestehende Brennstoffe, die über lange Zeiträume hinweg im Boden entstehen; dazu gehören Kohle, Öl und Erdgas.

Freier Markt

Ein Markt, der eine Preisbildung durch das freie Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage ermöglicht; das Gegenteil ist ein regulierter Markt.

Globale Erwärmung

Ein stetiger und anhaltender Anstieg der durchschnittlichen Erdoberflächentemperatur, der teilweise auf die zunehmende Konzentration von Treibhausgasen zurückzuführen ist, die durch den Menschen verursacht werden.

Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW)

Entwickelt als Ersatz für Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW); als Treibhausgas gemäss dem Kyoto-Protokoll eingestuft.

Infrarotstrahlung

Unsichtbare Strahlung, die über den roten Spektralbereich hinausreicht.

Internationale Energieagentur (IEA)

Eine zwischenstaatliche Organisation, die während der Ölkrise 1973/74 von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) gegründet wurde, um Energiesicherheit, wirtschaftliche Entwicklung und Umweltschutz zu fördern.

Joint Implementation

Von Annex-I-Ländern durchgeführte Projekte, um die Verpflichtung zur Senkung von Treibhausgasemissionen innerhalb der Annex-I-Länder zu erfüllen; ermöglicht eine flexiblere Verteilung von Emissionssenkungen; die Projekte müssen Zusätzlichkeit nachweisen.

Klima

Langfristige durchschnittliche Wetterbedingungen in einer Region, einschliesslich der Häufigkeit extremer Wetterereignisse. Klima ist nicht dasselbe wie Wetter.

Klimawandel

Der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zufolge «eine Klimaänderung, die sich direkt oder indirekt auf menschliche Aktivitäten zurückführen lässt und welche die Zusammensetzung der weltweiten Atmosphäre verändert, wobei sie zusätzlich zu den natürlichen Klimaschwankungen auftritt, die in vergleichbaren Zeiträumen beobachtet wurden».

Klimawirksamkeit

Änderungen im Klimasystem, die eine positive oder negative Strahlungswirksamkeit aufweisen; Beispiele sind Veränderungen der abgestrahlten Sonnenenergie, vulkanische Emissionen, Landnutzungsänderungen oder ein vom Menschen verursachter Ausstoss von Treibhausgasen, Aerosolen und deren Vorstufen.

Kombiverfahren

Ein Energieerzeugungssystem, das mehr als einen thermodynamischen Vorgang umfasst; beispielsweise erzeugt eine gasbetriebene Turbine Strom, und die entstehende überschüssige Wärme wird zur Erzeugung von Dampf verwendet, aus dem in einem zweiten Verfahren zusätzlicher Strom erzeugt wird.

Kraft-Wärme-Kopplung

Die Nutzung überschüssiger Wärme aus der Erzeugung von Dampf oder Strom für industrielle Prozesse oder als Fernwärme; erhöht die Brennstoffeffizienz.

Kyoto-Protokoll

Eine im Zuge der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen getroffene Vereinbarung, welche die Unterzeichnerstaaten zur Einhaltung bestimmter Emissionssenkungsziele verpflichtet.

Lachgas (N₂O)

Ein Nebenprodukt aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und aus der Herstellung von Düngemitteln; Treibhausgas gemäss Kyoto-Protokoll.

Methan (CH₄)

Der Hauptbestandteil von Erdgas; entsteht aus dem Verfall von Pflanzen und anderen organischen Bestandteilen; primäre Methanquellen sind Mülldeponien, Kohlebergwerke, Reisfelder, Erdgassysteme und Viehherden; Treibhausgas gemäss Kyoto-Protokoll.

Nicht-Annex-I-Länder

Entwicklungsländer, die nicht zu einer Senkung von Treibhausgasemissionen nach dem Kyoto-Protokoll verpflichtet sind.

Ökosystem

Ein System, das aus der Interaktion einer biologischen Gemeinschaft mit ihrer Umgebung entsteht.

Passivhaus

Ein Haus, das mit minimaler Energie beheizt werden kann.

Perfluorkarbon

Ein Nebenprodukt aus Industrie- und Herstellungsprozessen; Treibhausgas gemäss Kyoto-Protokoll.

Photovoltaik

Umwandlung von Sonnenenergie oder Licht in Strom.

Regulierter Markt

Die Bereitstellung von Waren oder Dienstleistungen mit staatlichen Massnahmen; häufig fallen hierunter natürliche Monopole wie Telekommunikation oder Wasser-, Gas- und Stromversorgung.

Schwefelhexafluorid (SF₆)

Ein Nebenprodukt bei der Herstellung elektrischer Geräte; eines der stärksten Treibhausgase.

Stratosphäre

Der Bereich der Atmosphäre über der Troposphäre und unter der Mesosphäre.

Treibhauseffekt

Die Infrarotstrahlung, die von in der Atmosphäre vorhandenen Gasen wie Wasserdampf und Kohlendioxid aufgenommen und wieder abgestrahlt wird. Ohne diesen Effekt wäre die Temperatur auf der Erdoberfläche heute um 33 °C niedriger.

Troposphäre

Der Bereich der Atmosphäre von der Erdoberfläche bis zum unteren Rand der Stratosphäre.

Übergangsländer

Staaten, die von der Planwirtschaft zur freien Marktwirtschaft übergehen.

Verpflichtungszeitraum des Kyoto-Protokolls

Der Zeitraum zwischen 2008 und 2012, in dem die Annex-B-Länder ihre Emissionssenkungsziele erreichen müssen.

Zusätzlichkeit

Programme für Joint Implementation oder nach dem Clean Development Mechanism (CDM) müssen nachweisen, dass sie Reduktionen des Treibhausgasausstosses erzielen, die über ohnehin eintretende Senkungen hinausgehen.

Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)

1988 von der Weltorganisation für Meteorologie und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen eingerichtet um wissenschaftliche, technische und soziokulturelle Informationen im Zusammenhang mit dem Klimawandel, seinen potenziellen Auswirkungen und den Möglichkeiten zur Anpassung und Eindämmung auszuwerten.

Bibliographie

- BP (2005), *Statistical Review of World Energy 2005*, London: Beacon Press.
- Board on Atmospheric Sciences and Climate (BASC) (2005), *Radiative Forcing of Climate Change: Expanding the Concept and Addressing Uncertainties*, Washington, DC: The National Academies Press.
- Carbon Disclosure Project (CDP) and Innovest Strategic Value Advisors (2006), *Carbon Disclosure Project Report 2006*.
- Church, John A. and Neil J. White (2006), "A 20th century acceleration in global sea-level rise," *Geophysical Research Letters*, 6 January, L01602.
- Energy Information Administration (EIA) (2006), *Annual Energy Review 2005*, July, Washington, DC: Department of Energy/EIA.
- European Environment Agency (EEA) (2006), *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2006*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Environment Agency (EEA) (2006), *Transport and environment: facing a dilemma*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Flannery, Tim (2005), *The Weather Makers: The History and Future Impact of Climate Change*, London: Allen Lane.
- Hope, C. (2005), "Integrated assessment models," in Helm, D. (ed.), *Climate-change policy*, Oxford: Oxford University Press, 77–98.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2005), *Carbon Dioxide Capture and Storage*, Metz, Bert et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), "Climate Change 2001: Synthesis Report," *Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Watson, Robert T. et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press.
- International Energy Agency (IEA) (2006), *World Energy Outlook 2006*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (IEA) (2005), *World Energy Outlook 2005: Middle East and North Africa Insights*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (IEA) (2004), *Biofuels for Transport: An International Perspective*, Paris: OECD/IEA.
- International Energy Agency (IEA) (2004), *World Energy Outlook 2004*, Paris: OECD/IEA.
- International Iron and Steel Institute (IISI) (2005), *Steel: The Foundation of a Sustainable Future – Sustainability Report of the World Steel Industry 2005*, Brussels: IISI.
- International Iron and Steel Institute (IISI) (2005), *Steel: The Foundation of a Sustainable Future – Sustainability Report of the World Steel Industry 2005*, Brussels: IISI.
- Joos, Fortunat (2006), *Atmospheric CO₂ and climate for idealized anthropogenic emission pathways*, unpublished white paper for UBS.
- Koschenz, Markus and Andreas Pfeiffer (2005), *Potenzial Wohngebäude: Energie- und Gebäudetechnik für die 2000-Watt-Gesellschaft*, Zürich: Factor Verlag.
- Levin, Kelly and Jonathan Pershing (2006), "Climate Science 2005 Major New Discoveries," *WRI Issue Brief*, March, 1–16.
- Lovins et al. (2004), *Winning the Oil Endgame*, Snowmass, CO: Rocky Mountain Institute.
- Maibach et al. (1997), *Umweltindikatoren im Verkehr: Kennziffern für einen ökologischen Vergleich der Verkehrsmittel*, Zürich: INFRAS.
- Novatlantis: Sustainability at the ETH-Domain (2005), *Smarter living*.
- Nordhaus, William D. (2006), "Geography and Macroeconomics: New Data and New Findings," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 7 March, 3510–3517.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2007), *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*, Paris: OECD.

- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2001), *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability*, Paris: OECD.
- Rogers, Everett M. (1995), *Diffusion of Innovations, Fourth Edition*, New York: The Free Press.
- Royal Belgian Academy Council of Applied Science (BACAS) (2004), *Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry*, Brussels: BACAS.
- Stern, Nicholas (2006a), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Stern, Nicholas (2006b), "Climate Change: Reply to Byatt et al.," *World Economics*, April–June, 152–157.
- Tester et al. (2005), *Sustainable Energy: Choosing Among Options*, Cambridge: The MIT Press.
- Tol et al. (2001), "Progress in Estimating the Marginal Costs of Greenhouse Gas Emissions," *Pollution Atmosphérique*, December, 155–179.
- Umweltbundesamt Berlin (2003), *Reducing CO₂ emissions in the transport sector: A status report by the Federal Environmental Agency*, Berlin: Umweltbundesamt Berlin.
- United Nations Environment Programme (UNEP)/GRID-Arendal (2005), *Vital Climate Change Graphics*, New York: UNEP.
- United States Department of Energy (USDOE) (2004), *FY 2004 Progress Report for Automotive Lightweighting Materials*, Washington, DC: USDOE.
- Waitz, I. A., S. P. Lukachko, and J. J. Lee (2005), "Military Aviation and the Environment: Historical Trends and Comparison to Civil Aviation," *Journal of Aircraft*, March–April, 329–339.
- Watkiss et al. (2005), *The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development*, London: Department for Environment Food and Rural Affairs.
- Wiegmann et al. (2005), *Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien*, Diskussionspapier Nr. 7, Darmstadt/Hamburg: Öko-Institut e.V. – Institut für angewandte Ökologie.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2004), *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*, Geneva: WBCSD.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2002), *The cement sustainability initiative, our agenda for action*, Geneva: WBCSD.
- World Resources Institute (WRI) (2005), *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, Washington, DC: WRI.
- Worldwatch Institute (2006), *Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century*.
- Zimmermann, Mark (2004), "ECBCS Building Retrofit Initiative," *Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme News*, October, 9–12.

Angaben zur Publikation

Herausgeber: UBS AG, Wealth Management Research, P.O. Box, CH-8098 Zürich

Chefredaktor: Kurt E. Reiman

Redaktionsteam: Stephen Freedman, Christian Frey, Zeno Geisseler, Roy Greenspan, George Read

Autoren: Jeremy Baker, Agathe Bolli, Gianreto Gamboni, Rolf Ganter, Rudolf Leemann,

Kurt E. Reiman, Jan Scherer, Carsten Schlufter, Inge Schumacher, Jennelyn Tanchua, Gerhard Wagner,

Laura Würtenberger

Redaktionsschluss: Januar 2007

Produktmanagement: Dewi John, Carine Landis-Oesterle

Desktop: Werner Kuonen, Hanni Lischer, Arthur Meier, Margrit Oppliger

Übersetzung: 24translate, St. Gallen

Korrektorat: Christian Frey, Zeno Geisseler, Roy Greenspan, George Read

Layout: Purpur, AG für Publishing & Kommunikation, Zürich

Titelbild: Jerry Kobalenko/gettyimages

Druck: Fotorotar AG, Zürich

Kontakt: UBS-Research@ubs.com

© UBS AG 2007

Gedruckt in der Schweiz auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.

Publikation in deutscher und englischer Sprache.

SAP No. 82092D-0701

Für Bestellungen wenden Sie sich bitte an Ihren UBS-Kundenberater.

Diese Publikation wurde durch Wealth Management Research, der Finanzanalysegruppe der Global Wealth Management & Business Banking, einer Business Group der UBS AG (UBS) zusammengestellt. In bestimmten Ländern wird auf die UBS AG als UBS SA verwiesen. Diese Publikation dient ausschliesslich zu Ihrer Information und stellt weder ein Angebot noch eine Aufforderung zur Offertenstellung zum Kauf oder Verkauf von Anlage- oder anderen spezifischen Produkten dar. Die hierin enthaltene Analyse basiert auf zahlreiche Annahmen. Unterschiedliche Annahmen könnten zu materiell unterschiedlichen Ergebnisse führen. Manche Dienstleistungen und Produkte unterliegen gesetzlichen Beschränkungen und können deshalb nicht unbeschränkt weltweit angeboten werden. Obwohl alle in diesem Dokument enthaltenen Informationen und Meinungen aus zuverlässigen und glaubwürdigen Quellen stammen, lehnen wir trotzdem jede vertragliche oder stillschweigende Haftung für falsche oder unvollständige Informationen ab. Alle Informationen und Meinungen sowie angegebenen Preise können sich jederzeit ohne Vorankündigung ändern und können sich von den Meinungen der anderen UBS-Geschäftsbereiche oder -Gruppen auf Grund von unterschiedlichen Annahmen und Kriterien unterscheiden oder im Gegensatz dazu befinden. Die UBS AG und andere Konzerngesellschaften der UBS (oder Mitarbeiter derselben) können jederzeit für die erwähnten Wertpapiere eine Kauf- bzw. Verkaufsposition einnehmen oder als Auftraggeber bzw. Mandatsträger auftreten oder dem Emittenten ebendieser Wertpapiere bzw. einer mit einem Emittenten wirtschaftlich oder finanziell eng verbundenen Gesellschaft Beraterdienste oder andere Dienstleistungen zukommen lassen. Bei Illiquidität des Wertpapiermarkts kann es vorkommen, dass sich gewisse Anlageprodukte nicht sofort realisieren lassen. Aus diesem Grund ist es manchmal schwierig, den Wert Ihrer Anlage und die Risiken, denen Sie ausgesetzt sind, zu quantifizieren. UBS verlässt sich auf Informationsbeschränkungen, um den Informationsfluß, welcher in einem oder mehreren Bereichen, Einheiten, Gruppen oder Tochtergesellschaften von UBS vorhanden sind zu kontrollieren. Der Termin- und Optionenhandel ist stets mit Risiken behaftet, und die Wertentwicklung einer Anlage in der Vergangenheit stellt in keiner Weise eine Gewähr für künftige Ergebnisse dar. Anlagen können plötzlichen und erheblichen Wertverlusten unterworfen sein. Bei einer Liquidation Ihrer Anlageverwerte kann es vorkommen, dass Sie weniger zurückerhalten, als Sie investiert haben, oder dass man Sie zu einer Zusatzzahlung verpflichtet. Wechselkursschwankungen können sich negativ auf den Preis, Wert oder den Ertrag einer Anlage auswirken. Wir bitten um Verständnis, dass wir im Rahmen dieser Produktpalette nicht auf Ihre persönlichen Anlageziele, Ihre finanzielle Situation und Ihre finanziellen Bedürfnisse eingehen können. Deshalb empfehlen wir Ihnen, vor einer Investition in eines der in dieser Publikation erwähnten Produkte Ihren Finanz- und/oder Steuerberater bezüglich möglicher – einschliesslich steuertechnischer – Auswirkungen einer Investition zu konsultieren.

Für strukturierte Finanzinstrumente und Fonds ist ausschliesslich der Verkaufsprospekt rechtlich massgeblich, der bei Interesse bei der UBS oder einer Konzerngesellschaft der UBS angefordert werden kann.

Dieses Dokument darf ohne vorherige Einwilligung von UBS oder einer Konzerngesellschaft der UBS weder reproduziert noch vervielfältigt werden. UBS untersagt ausdrücklich jegliche Verteilung und Weitergabe dieses Dokuments an Dritte. UBS ist nicht haftbar für jegliche Ansprüche oder Klagen von Dritten, die aus dem Gebrauch oder der Verteilung dieses Dokuments resultieren. Die Verteilung dieser Publikation darf nur im Rahmen der dafür geltenden Gesetzgebung stattfinden.

Australien: Vertrieb durch UBS AG (Inhaberin der australischen «Financial Services Licence» Nr. 231087) und durch UBS Wealth Management Australia Ltd (Inhaberin der australischen «Financial Services Licence» Nr. 231127), Chifley Tower, 2 Chifley Square, Sydney, New South Wales, NSW 2000. **Bahamas:** Diese Publikation wird an Privatkunden von UBS (Bahamas) Ltd verteilt und darf nicht an Personen verteilt werden, die laut Bahamas Exchange Control Regulations als Bürger oder Einwohner von Bahamas gelten. **Deutschland:** Herausgeberin im Sinne des deutschen Rechts ist die UBS Deutschland AG, Stephanstrasse 14–16, 60313 Frankfurt am Main. UBS Deutschland AG wurde von der Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht autorisiert und wird durch diese beaufsichtigt. **Frankreich:** Dieses Dokument richtet sich an Kunden der UBS (France) SA, einer entsprechend den Bestimmungen des französischen «Code Monétaire et Financier» ordnungsgemäss zugelassenen und unter der Aufsicht französischer Bank- und Finanzaufsichtsbehörden wie der «Banque de France» und der «Autorité des Marchés Financiers» stehenden Bank. **Hongkong:** Diese Publikation wird durch die Niederlassung der UBS AG in Hongkong, einem nach der Hong Kong Banking Ordinance lizenzierten und gemäss den Bestimmungen der Securities and Futures Ordinance registriertes Finanzinstitut, an Kunden der Niederlassung der UBS AG in Hongkong verteilt. **Indonesien:** Dieses Research- oder Publikationsmaterial dient nicht dem und wurde nicht erstellt zum Zwecke eines öffentlichen Zeichnungsangebots gemäss indonesischem Kapitalmarktrecht und dessen Umsetzungsbestimmungen. Die hier erwähnten Wertpapiere sind und werden nicht gemäss indonesischem Kapitalmarktrecht- und -bestimmungen eingetragen. **Jersey:** Die UBS AG, Niederlassung Jersey wird durch die Finanzdienstleistungskommission Jersey (Financial Services Commission) zur Durchführung von Investmentgeschäften und Geschäften der Treuhandgesellschaft gemäß dem Finanzdienstleistungsgesetz (Jersey) 1998 (in der geänderten Fassung) (Financial Services Law 1998, Jersey) sowie zur Durchführung von Bankgeschäften gemäß dem Bankenhandelsgesetz (Jersey) 1991 (in der geänderten Fassung) (Banking Business, Jersey, Law 1991) reguliert. **Kanada:** In Kanada wird diese Publikation von UBS Investment Management Canada Inc. an Kunden von UBS Wealth Management Canada verteilt. **Luxemburg:** Diese Publikation stellt kein Angebot nach luxemburgischem Recht dar, kann jedoch Kunden der UBS (Luxembourg) S.A., einer lizenzierten Bank unter der Aufsicht der «Commission de Surveillance du Secteur Financier» (CSSF), der diese Publikation nicht zur Genehmigung vorgelegt wurde, zu Informationszwecken zur Verfügung gestellt werden. **Singapur:** Verteilung an Klienten der Niederlassung von UBS AG in Singapur durch die Niederlassung von UBS AG in Singapur, ein «exempt financial adviser» gemäss dem Singapore Financial Advisers Act (Cap. 110) und einer nach dem Singapore Banking Act (Cap. 19) durch die Monetary Authority of Singapore zugelassenen Handelsbank. **UK:** Genehmigt von UBS AG, in Grossbritannien beaufsichtigt und autorisiert durch die Financial Services Authority. Mitglied der London Stock Exchange. Diese Publikation wird an Privatkunden von UBS London in Grossbritannien verteilt. Produkte und Dienstleistungen, die ausserhalb Grossbritanniens angeboten werden, werden nicht von den britischen Regulierungen oder dem «Compensation Scheme» der Financial Services Authority erfasst. **USA:** Diese Publikation darf weder in die USA und / oder an US persons verteilt werden. **Vereinigte Arabische Emirate:** Dieser Researchbericht stellt in keiner Weise ein Angebot, Verkauf oder eine Lieferung von Aktien oder anderen Wertpapieren gemäss den Gesetzen der Vereinigten Arabischen Emirate (VAE) dar. Der Inhalt dieses Berichts wurde und wird nicht durch irgendeine Behörde der Vereinigten Arabischen Emirate einschliesslich der «Emirates Securities and Commodities Authority», der VAE-Zentralbank des «Dubai Financial Market» oder des «Abu Dhabi Securities Market» gutgeheissen.

© UBS 1998–2007. Das Schlüsselssymbol und UBS sind eingetragene bzw. nicht eingetragene Markenzeichen von UBS. Alle Rechte vorbehalten.