

DAS UNBEHERRSCHBARE VERMEIDEN UND DAS UNVERMEIDBARE BEHERRSCHEN – STRATEGIEN GEGEN DIE GEFÄHRLICHEN AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS

Wilfried Endlicher, Berlin

Das aktuelle Klima auf der Erde ändert sich. Dieser Wandel ist durch menschliches Handeln ausgelöst worden. Es herrscht in der Wissenschaft Einigkeit, dass einem *gefährlichen Klimawandel* in zweierlei Weise begegnet werden muss (*Schellnhuber et al. 2006, Schneider & Lane 2006*). Zum einen muss alles daran gesetzt werden, den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern oder besser ganz zu vermeiden (engl. *mitigation* = Bekämpfung der Ursachen). Da die globale Erwärmung aber schon im Gange ist und sich allenfalls eindämmen, aber nicht mehr verhindern lässt, müssen wir uns auch an die Folgen des Klimawandels so gut es geht anpassen (engl. *adaptation* = Bekämpfung der Symptome). Bei diesem Umbruch von epochaler Dimension geht es darum, wie Hans-Joachim Schellnhuber es ausdrückt „das Unbeherrschbare zu vermeiden und das Unvermeidbare zu beherrschen“.

1. Devise „Dreimal 20“ - Vermeidungsstrategien zur Verringerung des Treibhausgas-Ausstoßes

Das Klimasystem reagiert nur mit Verzögerung auf den Treibhausgasanstieg. Bei einer Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf weniger als 2 °C dürften die erwarteten Gefährdungen, die etwa ab 2025-2040 eintreffen könnten, wahrscheinlich abgewendet werden. Wie kommt man auf diesen Temperaturwert? Aus der Analyse von mehreren 100 000 Jahre altem Eis aus Grönland und der Antarktis wissen wir, dass in den Warmzeiten des quartären Eiszeitalters die Konzentration von CO₂ nie höher als 270 – 280 ppm war und die globale Mitteltemperatur unseren vorindustriellen Mittelwert nie mehr als 1,5 °C übertraf; das Klima in diesen Warmzeiten war also sehr stabil. Gibt man noch eine Sicherheitsmarge von 0,5 °C hinzu, kommt man auf 2 °C. Die vom IPCC für möglich gehaltene Temperaturzunahme bis zur Jahrhundertwende um 4 °C liegt dagegen in einer Größenordnung, die in der geologischen Vergangenheit der Erde Warm- und

Kaltzeiten, Glaziale und Interglaziale voneinander getrennt hat. Im Eozän vor 40 Mill. Jahren war es schon einmal um 4 °C wärmer und der Meeresspiegel lag 70 m höher; im Pliozän war es um 3 °C wärmer und der Meeresspiegel lag um 25 bis 35 m höher als heute. Die Umlegung eines „Kippelements“, wie der Zerfall des Westantarktischen Eisschildes, der Kollaps des Amazonischen Regenwaldes oder die Störung des Indischen Monsunsystems würde nicht wieder rückgängig gemacht werden können. Allein schon das Abtauen des Grönländischen Eisschildes würde eine Erhöhung des Meeresspiegels um 7 m nach sich ziehen. Diese Tatsachen aus der Vergangenheit unseres Planeten sollte man vor Augen haben, wenn eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 2 °C als absolut notwendig angesehen wird.

Deswegen müssen alle politischen Wege eingeschlagen und technologischen Möglichkeiten genutzt werden, um möglichst zeitnah weltweit effektive *Treibhausgas-Vermeidungsstrategien* zu entwickeln. Bis zum Jahr 2030 dürfte die Weltbevölkerung von derzeit 6½ auf 8, bis 2050 gar auf 9½ Milliarden zugenommen haben. Es ist also, nicht zuletzt auch wegen der Industrialisierung bevölkerungsreicher Länder wie China und Indien, von einem gewaltigen Bedarf an Energie auszugehen. Nach der International Energy Agency (2006) entfallen 40 % der weltweiten CO₂-Emissionen derzeit auf die Stromversorgung – mit steigendem Anteil, 20 % auf den Transportsektor, 18 % auf die Industrie. 13 % tragen Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft bei. Die Aufteilung des Treibhausgas-Ausstoßes in Deutschland ist im Vergleich 1990 – 2004 in Tab. 1 zusammengestellt.

	1990	2004
Privathaushalte	130	116
Verkehr	158	167
Handwerk, Handel, Dienstleistungen	90	58
verarbeitende Industrie	216	162
Energiesektor	436	383
Gesamt CO ₂ -Ausstoß	1030	886
Nicht-CO ₂ -Emissionen	196	130
Gesamt	1227	1016

Tab. 1: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland in CO₂-Äquivalenten (in Millionen t CO₂); Quelle: BMU aus Kemfert et al. 2007.

Der Löwenanteil entfällt dabei auch in Deutschland auf den Energiesektor, d.h. die Umwandlung von (zumeist) fossiler Energieträger in Strom. Abb. 1 zeigt die Verteilung des Primärenergiebedarfs in Deutschland

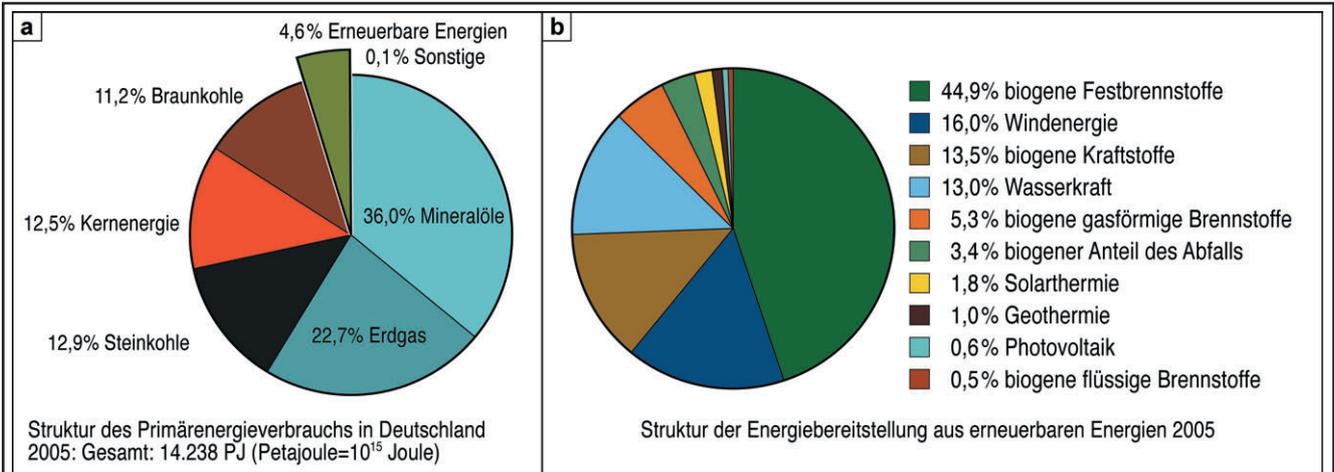


Abb. 1: Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2005; a) Gesamtstruktur; b) Anteil der erneuerbaren Energien; Quelle: Bundesministerium für Umwelt; www.bmu.de.

und den Anteil der erneuerbaren Energien daran. Er ist immer noch bemerkenswert niedrig und betrug im Jahr 2005 erst 4,6 % (Abb. 1a). Er setzte sich etwa zu 45 % aus biogenen Festbrennstoffen (z.B. Holz), 16 % Windenergie, 13,5 % biogenen Kraftstoffen und 13 % Wasserkraft zusammen. Der Anteil der Photovoltaik war nur 0,6 % (Abb. 1b). Abb. 2 zeigt, wofür die Energie in Privathaushalten benötigt wird. Mit 54 % entfällt dabei über die Hälfte auf das Heizen, 7 % auf die Warmwasseraufbereitung und 31 % auf das Auto. Die durchschnittliche Aufteilung des Stromverbrauchs ist in Abb. 3 dargestellt. Kühlen und Gefrieren machen etwa ein Fünftel des Strombedarfs aus.

Um das Klimaschutzziel einer Begrenzung der Erwärmung auf 2 °C zu erreichen, stehen im Wesent-

lichen 5 Ansatzpunkte zur Verfügung:

- Energiesparen
- Verbesserung der Energieeffizienz
- Umstieg auf CO₂-arme Brenn- und Antriebsstoffe
- Technologische Innovation
- Drastischer Ausbau der erneuerbaren Energien

Etwas vereinfacht kann man bis 2020 von einem europäischen *Klimaschutzziel* „Dreimal 20“ sprechen: Den Anteil der *erneuerbaren Energien* auf 20 % steigern, die *Energie-Effizienz* um 20 % verbessern und die *CO₂-Emissionen* um 20 % senken.

Der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU) hat in seinem Sondergutachten „Über Kyoto hinaus denken – Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert“ bereits 2003 detaillierte Vorschläge vorgelegt, mit denen diese Reduktionsziele erreicht werden können (www.wbgu.de). In seinem Hauptgutachten 2007 zum „Sicherheitsrisiko Klimawandel“ sieht der WBGU eine verbindliche Halbierung des weltweiten Treibhausgasausstoßes bis zum Jahr 2050 (verglichen mit 1990) als notwendig an, so wie dies von den G8-Staaten auf dem Gipfeltreffen

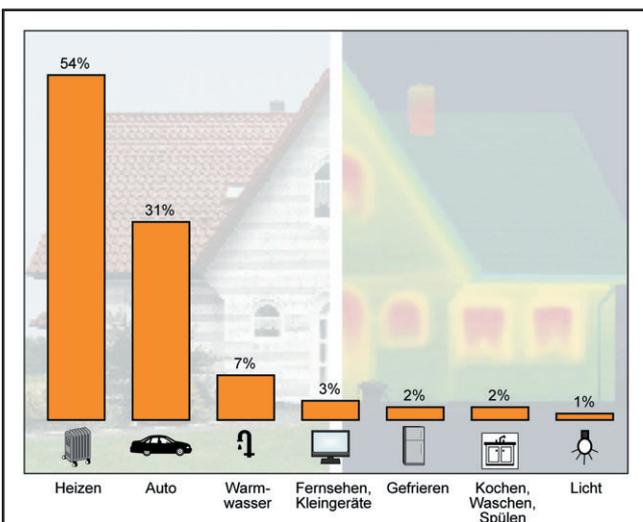


Abb. 2: In Privathaushalten durchschnittlich genutzte Energie in %; Quelle: Deutsche Energieagentur; www.dena.de/de/themen/thema-bau/publikationen (energie@home).

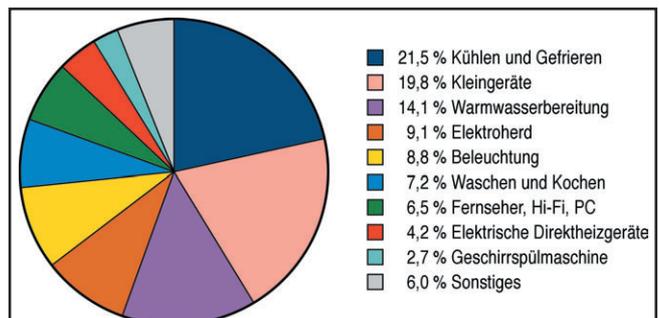


Abb. 3: Durchschnittlicher Stromverbrauch in Privathaushalten; die Produktion von 1 kWh Strom verursacht etwa 639 g CO₂; Quelle: Umweltbundesamt.

in Heiligendamm 2007 „ernsthaft in Erwägung gezogen wurde“. Der EU kommt dabei eine Vorreiterrolle zu; in ihren Staaten, die bisher zu den Hauptverantwortlichen des Klimawandels zählen, soll laut WBGU bereits eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes bis 2020 sogar um 30 % und bis 2050 um 80 % erreicht werden. Das Umweltbundesamt hält sogar eine Reduktion um 40 % bis 2020 für machbar (immer bezogen auf das Jahr 1990; Erdmenger et al. 2007).

Um sich die Größe der Aufgabe richtig bewusst zu machen, lohnt sich die nähere Betrachtung einer Modellstudie der Carbon Mitigation Initiative an der Princeton University (*Pacala & Socolow 2004; Socolow & Pacala 2007*). Die Autoren schlagen zur Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration auf einem Niveau von 550 – 560 ppm (= Verdoppelung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration im Vergleich zur vorindustriellen Zeit) bis 2056 zahlreiche *Mitigationsstrategien* vor, damit der Ausstoß nicht über das gegenwärtige Maß von 25 Mrd t CO₂ pro Jahr während der nächsten 50 Jahre zunimmt. Pro Spiegelstrich (bzw. Keil in Abb. 4) wird durch jede Maßnahme 1 Milliarde t Kohlenstoff-Emission vermieden. Insgesamt müssen bis zur Jahrhundertmitte 7 Milliarden (= 7 Keile) eingespart werden.

Es müssen also nicht alle der im Folgenden genannten Optionen ergriffen werden:

1. *Erhöhung der Effizienz bei der Nutzung fossiler Energieträger*

- Verdoppelte Treibstoff-Effizienz bei 2 Milliarden Kfz (Senkung von 7,5 auf 3,75 l/100 km; Keil 1)
- Halbierung der gefahrenen Kfz-Kilometer bei 2 Milliarden Kfz (Keil 2)
- Aufrüstung aller Wohn- und Gewerbegebäude auf die technisch beste Energieausnutzung (z.B. Gebäudeisolierung gegen Wärmeverluste; 25 % Verbesserung bei allen neuen Gebäuden bis 2057; Keil 3)
- Verdoppelung der Effizienz der Kohlekraftwerke auf 60 % (z. Zt. mittlerer Wirkungsgrad von Steinkohlekraftwerken ca. 40 %, von Braunkohlekraftwerken ca. 30-32 %; Keil 4)

2. *Wechsel vom Energieträger Kohle zu Erdgas*

- Ersatz von 1400 GW Kohlekraftwerke (mit 50 % Effizienz) durch Gaskraftwerke (Keil 5)

3. *CO₂ – Abtrennung und Verpressung in den Untergrund (Sequestration)*

- Abtrennung des in 800 GW Kohle/ 1600 GW Gaskraftwerken freigesetzten Kohlendioxids und unterirdische Speicherung in Gesteinslagerstätten (Carbon Capture and Store: CCS-Technologie z. Zt. in Erprobung und bis 2012/2020 ausgereift; Keil 6)
- 1,5 Milliarden Pkws mit Wasserstoff betreiben,

der mit Strom aus Kohlekraftwerken mit CCS-Technologie erzeugt wird (Keil 7)

- Verzehnfachung der Produktion von Wasserstoff aus Kohle sowie Abscheiden und Speichern des dabei freigesetzten CO₂ in Gesteinslagerstätten (Keil 8)

4. *Kernenergie*

- Verdreifachung der weltweit in Kernkraftwerken installierten Kapazität (700 GW) zum Ersatz von Kohlekraftwerken (Keil 9); die Nutzung von Kernkraft ist in Deutschland und der Schweiz vor allem wegen der problematischen Lagerung radioaktiver Abfälle umstritten. Mit Uran wird ebenfalls ein fossiler Brennstoff benötigt, so dass die Nachhaltigkeit dieses Keils nicht gewährleistet ist.

5. *Windkraft*

- Installierte Windkraftkapazität um das 40fache erhöhen (2 Mill. neue 1 MW Windkonverter; Keil 10) und dadurch Kohle einsparen

6. *Sonnenenergie*

- Steigerung der installierten Solarenergieleistung um das 700fache (2000 GW neue Kapazität Photovoltaik) im Ersatz für Kohlekraftwerke (Keil 11)
- Neuinstallation von 40 000 km² Solarpaneele oder 4 Millionen Windgeneratoren zur Erzeugung von Wasserstoff für den Antrieb von Pkws (Keil 12)

7. *Biokraftstoffe*

- Steigerung der Bio-Diesel und Bio-Ethanolproduktion um das 50fache für 2 Milliarden Pkws durch Schaffung von Plantagen (z.B. Zuckerrohr) auf 1/6 des weltweiten Ackerlandes (Keil 13)

8. *Nutzung natürlicher Senken*

- Beendigung der Rodung tropischer Wälder und Verdoppelung der weltweiten Aufforstungsrate (Keil 14)
- Weltweite Einführung eines Boden schonenden (Öko)landbaus (Keil 15)

9. *Weitere Maßnahmen*

Der leere Keil soll andeuten, dass dies noch keineswegs alle Möglichkeiten der Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen sind.

Auf der technischen Seite geht es also um die rasche *Steigerung der Energieeffizienz, die Kohlenstoffabtrennung bei Kraftwerken und die Einlagerung im Untergrund* sowie den umfassenden *Ausbau risikofreier, nicht-fossiler Energiequellen*.

Eine Steigerung der *Energieeffizienz* ist unbedingt notwendig, ja es muss geradezu eine „Effizienzrevolution“ stattfinden. Einerseits muss der Wirkungsgrad bei den konventionellen Kraftwerken weiter verbessert werden. Bei der Kraft-Wärme-Kopplung findet z.B. die bei der Kraftstromproduktion anfallende „Abwärme“

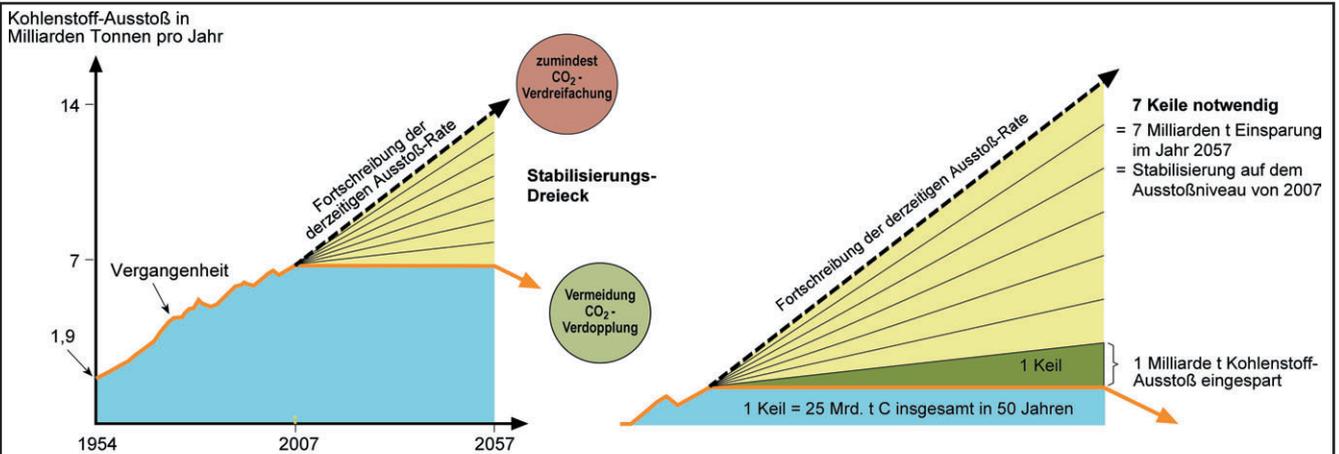


Abb 4: Bündel von Maßnahmen zur Beschränkung der Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Atmosphäre auf ca. 560 ppm CO₂ im Jahre 2057 (=1200 Milliarden t Kohlenstoff, von denen jetzt bereits 800 Milliarden in der Atmosphäre sind = Verdopplung der CO₂-Konzentration im Vergleich zum vorindustriellen Wert). Die Technologie jedes einzelnen Keiles macht insgesamt Einsparungen in Höhe von 25 Milliarden t Kohlenstoff aus. Die Einsparung beginnt auf der Zeitachse bei 0 und endet nach 50 Jahren bei einer 1 Milliarde t C pro Jahr. Es werden 7 solcher Keile benötigt, um die Stabilisation im Jahre 2057 bei 560 ppm CO₂ zu erreichen. Man könnte noch etwa 800 t C in der Atmosphäre deponieren, da die Hälfte von Wäldern und Ozeanen absorbiert wird. Quelle: Pacala & Socolow 2004, Socolow & Pacala, 2007, verändert.

für die Fernheizung ganzer Stadtteile eine sinnvolle Verwendung. Auch der sehr hohe Energiebedarf in der industriellen Zement-, Metall- und Papierproduktion muss unbedingt noch weiter reduziert werden. Andererseits muss aber auch der Bedarf an Energie von Gebäuden und Produkten vermindert werden, z.B. durch vorgeschriebene Standards. Für Gebäude sind neue Technologien wie Dreifachverglasung, Belüftung und Isolierung schon heute verfügbar und werden in sog. „Passivhäusern“ eingesetzt. Energiesparlampen verbrauchen nur 20 % des Stroms einer Glühbirne. Die Effizienz im gesamten Transportsektor muss erhöht werden. Es geht um innovative Fahrzeuge mit geringem Verbrauch, beispielsweise ausgestattet mit Gas- oder Hybridmotoren – bald auch Wasserstoffantrieben, es geht um alternative Treibstoffe und integrierte Transportsysteme mit Bevorzugung der Schiene.

Leuchtturmprojekte zur *Abtrennung von Kohlendioxid* aus dem Rauchgas bei der Kraftstromerzeugung und die *Speicherung in geologischen Lagerstätten* sollen in wenigen Jahren marktreif sein. Derartige Projekte sind für die nächsten Übergangsjahrzehnte nicht nur deshalb sinnvoll, weil Kohle ein heimischer Energieträger ist und die Vorräte von allen fossilen Energieträgern bei

der Kohle weltweit am größten sind, sondern auch weil die Energiegewinnung in China fast ausschließlich auf Kohle beruht und eine gemeinsame Entwicklung dieser Technologie beispielhaft für eine Energiepartnerschaft sein könnte. Nach vagen Schätzungen könnten die Reserven von Erdöl vielleicht noch 40 Jahre, von Uran noch 60, von Erdgas noch 70 und von Kohle noch 160 Jahre reichen. Die Wende zur Nachhaltigkeit ist somit auch aus ökonomischen Gründen eine überfällige Notwendigkeit; schließlich sind alle fossilen Energieträger sehr wertvolle und begrenzte Güter.

Unumstritten ist die massive Förderung der *erneuerbaren Energien*. Bis zu ihrem Anteil von 20 % im Jahr 2020 ist es aber in Deutschland noch ein weiter Weg. Finnland dagegen deckt schon heute 20 % seines Gesamtenergiebedarfs durch nachwachsende Biomasse ab. Das Potenzial von Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft, Biomasse (z.B. Verbrennung von organischen Abfällen, Umwandlung von organischem Material zu Bioöl und Biogas) und lokal auch Geothermie ist zwar von Region zu Region und je nach Klimazone unterschiedlich, aber zusammen genommen riesig. Es bedarf aber der Dimension eines neuen, weltweiten „Apollo-Programms“ (Schellnhuber), um dieses

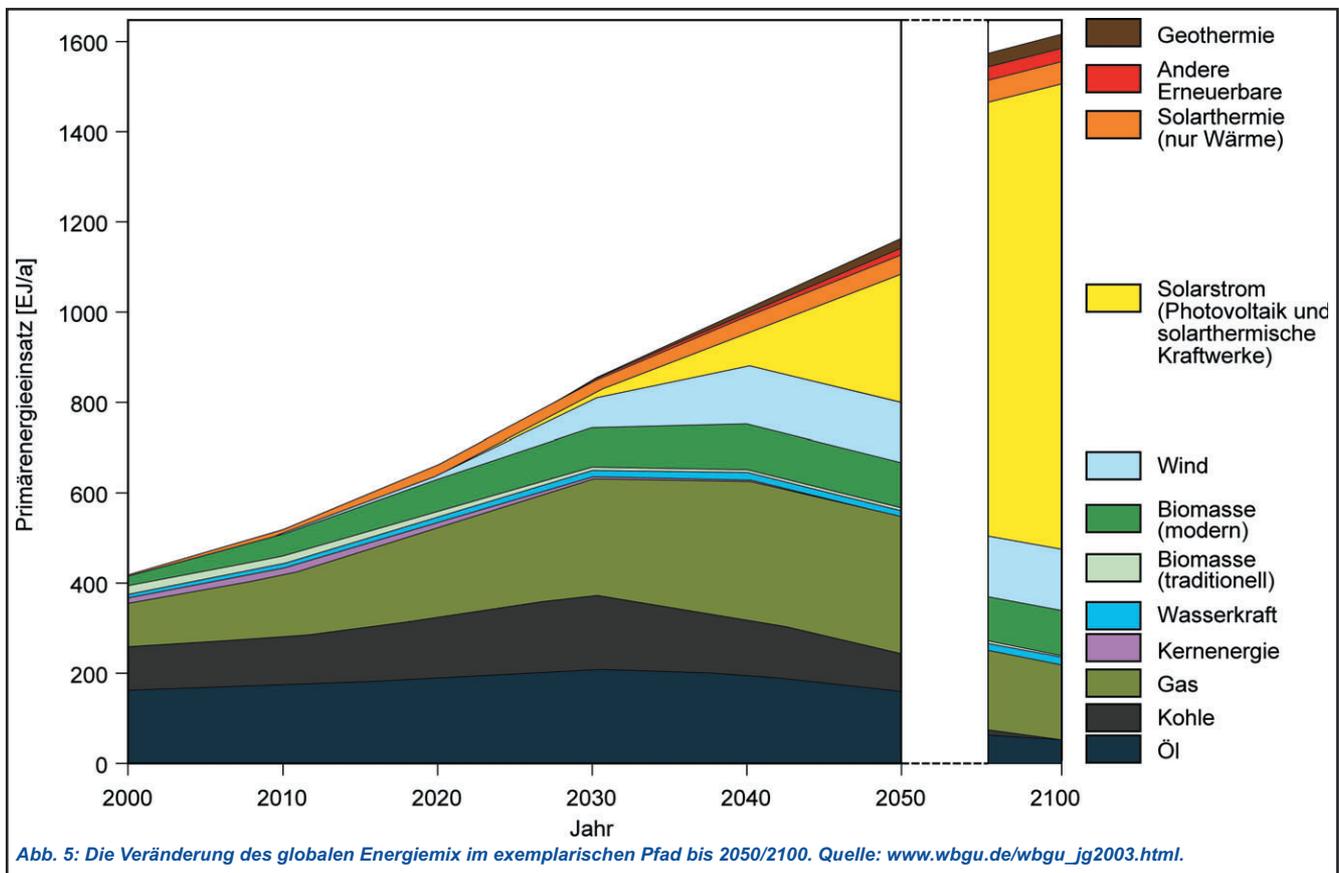


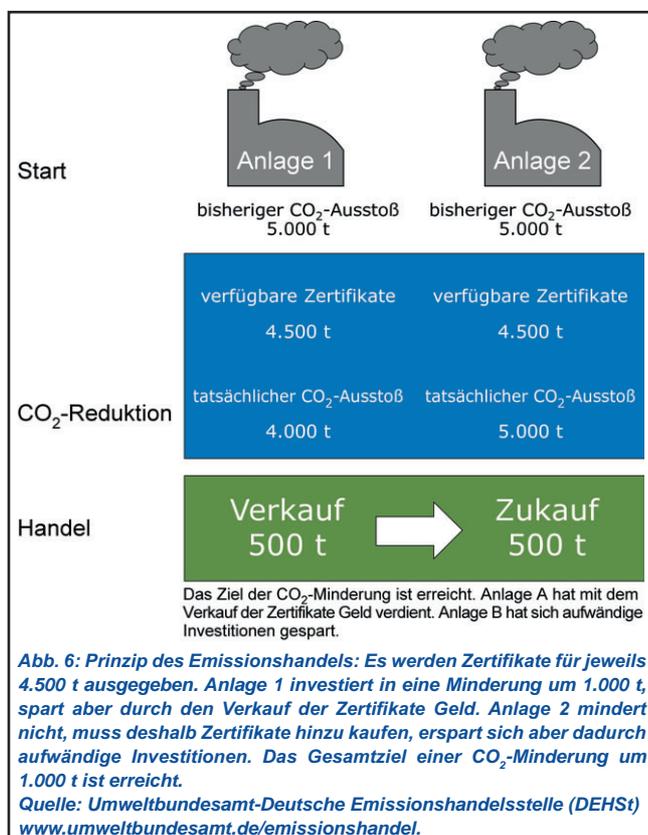
Abb. 5: Die Veränderung des globalen Energiemix im exemplarischen Pfad bis 2050/2100. Quelle: www.wbgu.de/wbgu_jg2003.html.

Potenzial auszureizen! Die europäischen Staaten sollten die „first mover advantages“, die Vorteile, die ein technologischer Vorsprung auf Gebieten wie etwa der Windkraft mit sich bringt, unbedingt nutzen. Wie sich der globale Energiemix bis 2050 bzw. 2100 verändern könnte, hat der WBGU in seinem Hauptgutachten 2003 beispielhaft dargelegt (Abb. 5).

Neben der technischen geht es aber auch um eine institutionelle und soziale Erneuerung epochalen Ausmaßes. Im Protokoll von Kyoto (www.unfccc.int) wurde 1997 ein neues Marktinstrument für den Klimaschutz, der *Emissionshandel*, geschaffen. Danach ist die Nutzung der Umwelt, in diesem Fall die Nutzung der Erdatmosphäre als Deponie für Treibhausgase, nicht länger kostenlos. Der Ausstoß von Kohlendioxid wird zum Preisfaktor und muss bei der wirtschaftlichen Gesamtkalkulation mit berücksichtigt werden. Der Wert einer Tonne CO₂ wird vom Markt bestimmt; der Preis könnte derzeit vielleicht in der Größenordnung von 20 bis 30 \$ pro t CO₂ liegen. Das Emissionshandelssystem gilt in der EU seit 2005, bezieht sich aber bislang nur auf Fabriken und Kraftwerke. Die Betriebe bekamen von den Regierungen Emissionsrechte für jede Tonne CO₂. Verringert ein Betrieb seinen Ausstoß, kann er seine Rechte an andere Firmen verkaufen, die mit den zuge-

teilten Emissionsrechten nicht auskommen (Abb. 6). Da aber zu Beginn des Emissionshandels in Deutschland zu viele Emissionsberechtigungen verteilt wurden, ist momentan die Deponie noch viel zu kostengünstig. In Zukunft sollen deshalb die Verschmutzungsrechte versteigert werden. Auch die europäische Luftfahrt wird bald am Emissionshandel teilnehmen. Dieses marktwirtschaftliche Instrument hat sich prinzipiell bewährt und sollte möglichst in allen Staaten eingeführt werden (www.dehst.de).

Die weltweiten Emissionen von CO₂ sind 2004 gegenüber 1990 um 27 % gestiegen. Allein 2004 betrug die Zunahme gegenüber dem Vorjahr 4,5 %, 2005 immerhin noch 2,5 % (Ziesing 2006). Diese Emissionen verursachen eine weitere Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration um z.Zt. 2,5 ppm pro Jahr und zwar mit steigender, statt abnehmender Tendenz! In Abb. 7 ist der CO₂-Ausstoß 2004 für einzelne Staaten und pro Kopf zusammengestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die USA, Australien und Kanada, aber auch die europäischen Staaten pro Kopf das meiste Kohlendioxid in die Atmosphäre emittieren. Auch Deutschland steht, etwa im Vergleich zur Schweiz, nicht sehr gut da. Wie wollen wir aber Ländern wie China, Indien oder gar Bangladesh und den Sahel-Staaten begreiflich machen, dass der Klimawandel ein weltweites Problem ist, bei dem alle mitwirken müssen, wenn wir nicht mit gutem Beispiel voran gehen? Es könnte durchaus sein, dass Länder, die am wenigsten zur globalen Erwärmung beitragen, am meisten unter den Folgen zu leiden haben. Hier wird die ganze ethische und moralische Dimension des Klimawandels deutlich. Die „Kohlenstoffschuld“ des Nordens, seine *Verantwortung für den Klimawandel*, steht zweifelsfrei fest. Ohne eine *faire Partnerschaft* zwischen den Verursacherländern im Norden und den Entwicklungs- und Schwellenländern im Süden wird die Beherrschung des Klimawandels nicht gelingen. Bei einem Prinzip „gleiches Recht auf Atmosphärenverschmutzung für alle“ könnten einmal jedem Erdenbürger 2 t CO₂-Deponierecht pro Jahr zugestanden werden. Von diesem Ziel sind wir etwa in Deutschland noch weit entfernt. Das Kyoto-Protokoll muss deshalb nach seinem Auslaufen 2012 fortgeschrieben werden. Dabei sollte die Integration von Klima- und Energieaspekten sowie von Vermeidungs- und Anpassungsstrategien im Vordergrund stehen. Entscheidend sind dabei verpflichtende Zielvorgaben. Auch die Schwellen- und Entwicklungsländer müssen in fairer Weise in die Klimapolitik einbezogen werden, was nichts anderes als einen *Paradigmenwechsel in der Entwicklungszusammenarbeit* bedeutet.



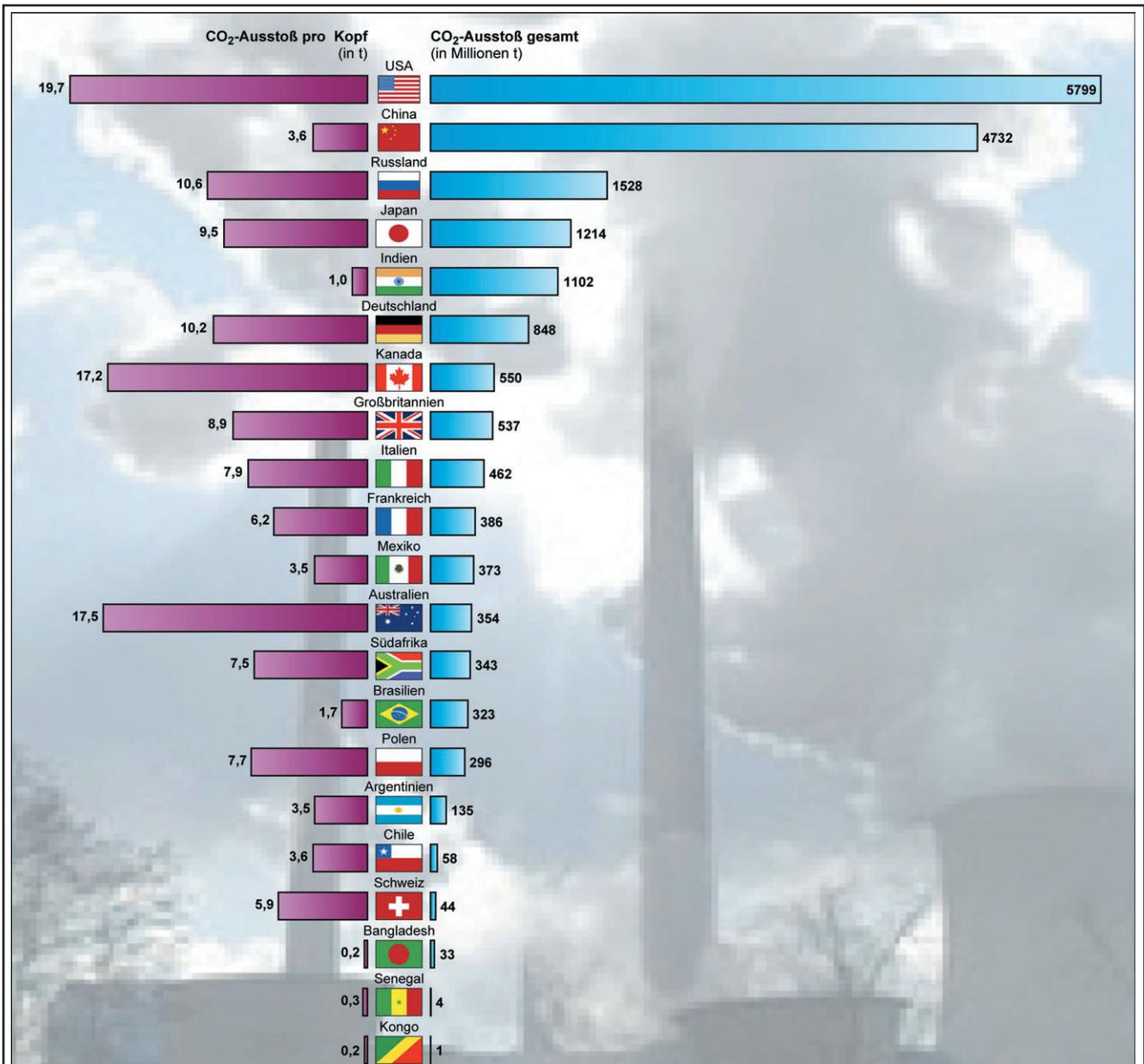


Abb. 7: CO₂-Ausstoß ausgewählter Staaten im Jahr 2004 (Gesamtemission und pro Kopf); Quelle: International Energy Agency, www.iea.org.

Die Technologien und Instrumente zur Erreichung der Mitigations-Ziele sind also vorhanden. Sie zum Einsatz zu bringen, ist die größte umweltpolitische Herausforderung, welche die Menschheit in diesem Jahrhundert bewältigen muss; denn sie ist dem kontinuierlich steigenden Energiebedarf überlagert. Je früher damit begonnen wird und je mehr Länder sich daran beteiligen, desto einfacher und kosteneffektiver können die Ziele erreicht werden.

2. Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels

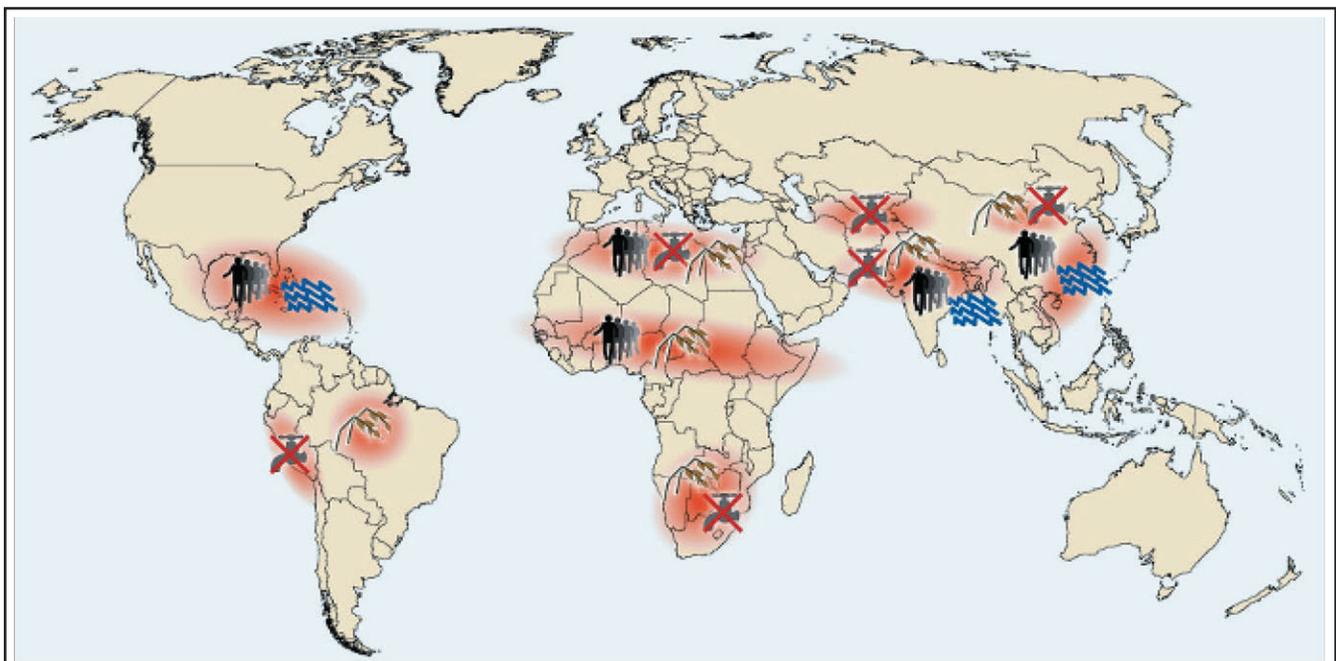
Der Klimawandel ist in vollem Gange und er lässt sich nicht aufhalten, sondern allenfalls verlangsamen. Er ist Mensch gemacht, aber seine ernsthaften Folgen sind erst langsam zu spüren. Die Menschheit muss sich an das Leben auf einem wärmeren Planeten einstellen. Neben der Reduktion der Treibhausgasemissionen müssen deshalb auch *Anpassungsstrategien* an die zu erwartenden Folgen entwickelt werden.

Auch bezüglich der *Adaptation* ist das Problem umfas-

send und mannigfaltig. An allen Küsten wird man dem steigenden Meeresspiegel durch *Maßnahmen des Küstenschutzes* Rechnung tragen müssen. Im Grundwasserniveau wird das Salzwasser gegen das Süßwasser vordringen und die Trinkwasserversorgung beeinträchtigen. Große Flächen fruchtbaren Ackerlandes müssen durch Erhöhung der Deiche vor Überflutung geschützt werden. In den *Hochgebirgen* wird durch das Abtauen des Permafrostes die Stabilität von Felsflanken verringert, was mit einer erhöhten Steinschlag- und Felssturzgefahr einhergeht. Der Rückgang der Gletscherflächen wird auf lange Sicht auch zu einer Veränderung von Abflussraten, etwa beim Rhein, führen, wenn das sommerliche Hochwasser der Gletscherschmelze nicht mehr den Abfluss speist. In Mitteleuropa ist eine Intensivierung des winterlichen Westwetters zu erwarten, was zu *Hochwasser und Überschwemmungen* führen könnte (Berz 2002; www.munichre.com). Auf wiederholte „Jahrhundertfluten“ muss man sich in Westdeutschland ebenso einstellen wie auf sommerliche Trockenklemmen und Dürren in Ostdeutschland (Spekat et al. 2007).

Der Rückgang der winterlichen Schneedecke wird in den Mittelgebirgen gravierende Folgen für den Wintertourismus mit sich bringen. Die *Landwirtschaft* muss geradezu neu erfunden werden; denn es müssen nicht nur im Wein- und Obstbau neue, an die veränderten klimatischen Standortbedingungen angepasste Sorten angebaut werden. Neben der Erhöhung der Nahrungsmittelproduktion für eine Weltbevölkerung von 9 Milliarden Menschen müssen auch Flächen für die Produktion von *Energiepflanzen* wie Raps und Mais, Pappeln und Elefantengras, in den Tropen auch Zuckerrohr, bereitgestellt werden. Für die *Biodiversität*, die allein schon durch den Klimawandel massiv beeinträchtigt wird, werfen derartige Monokulturen neue Probleme auf. Entsprechendes gilt auch für die *Forstwirtschaft*, wobei sich allerdings eine verlängerte Vegetationsperiode und ein erhöhter CO₂-Düngeeffekt auch positiv auf die Pflanzenproduktion auswirken könnten.

In den *Großstädten* wird durch die immer häufigeren und intensiveren sommerlichen Hitzewellen der thermische Stress und damit die gesundheitliche Gefährdung der



Konfliktkonstellationen in ausgewählten Brennpunkten



Klimabedingte Degradation von Süßwasserressourcen



Klimabedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion



Brennpunkt



Klimabedingte Zunahme von Sturm- und Flutkatastrophen



Umweltbedingte Migration

Abb. 8: Sicherheitsrisiko durch Klimawandel; ausgewählte Brennpunkte, die sich zu Krisenherden entwickeln können. Quelle: Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen 2007, www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html.

Bewohner ansteigen und die Leistungskraft abnehmen. Hitzesommer wie 2003 in West- und Mitteleuropa oder 2006 in den Niederlanden dürften schon in wenigen Jahrzehnten als „normal“ angesehen werden (*Schär et al. 2004; Koppe, Jendritzky, Pfaff 2004*). Dies bedeutet mittelfristig die Notwendigkeit eines klimagerechten Stadtumbaus; neben Flächen für Photovoltaik und Solarthermie müssen „intelligente Gebäude“ – in Winter die Wärme drinnen und im Sommer draußen halten – entworfen und gebaut werden. Schatten spendende und Temperatur senkende Parkflächen müssen erhalten bleiben oder in unseren „schrumpfenden Städten“ neu ausgewiesen werden. Kurzfristig müssen effektive *Hitzewarnsysteme* weiter entwickelt werden. Auch bestimmte *Allergien und Krankheiten* könnten zunehmen. Die hochallergene Beifußblättrige Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) breitet sich in Mitteleuropa zunehmend nordwärts aus, von Zecken übertragene Krankheiten sind nicht mehr nur auf Süddeutschland beschränkt, sondern treten auch in Brandenburg auf. In den Urlaubsgebieten Südeuropas wird man eventuell wieder mit Malaria rechnen müssen (*McMichael et al. 2003, Menne & Ebi 2006; www.who.int/global-change/climate/en*).

Die größten Folgen sind aber in den schon heute ökologisch und politisch labilen Gebieten der Erde, in den subtropischen und tropischen „Südländern“ zu erwarten. Die Länder des Maghreb und des Sahel, des südlichen Afrika und in Zentral-, Süd- und Südostasien werden möglicher Weise die Hauptleidtragenden des Klimawandels sein, obwohl sie am wenigsten dazu beitragen. Der WBGU (2007) sieht deshalb in seinem Gutachten zum „Sicherheitsrisiko Klimawandel“ einen engen Zusammenhang zwischen Klimawandel, Krisen und Umwelt getriebenen Konflikten (Abb. 8).

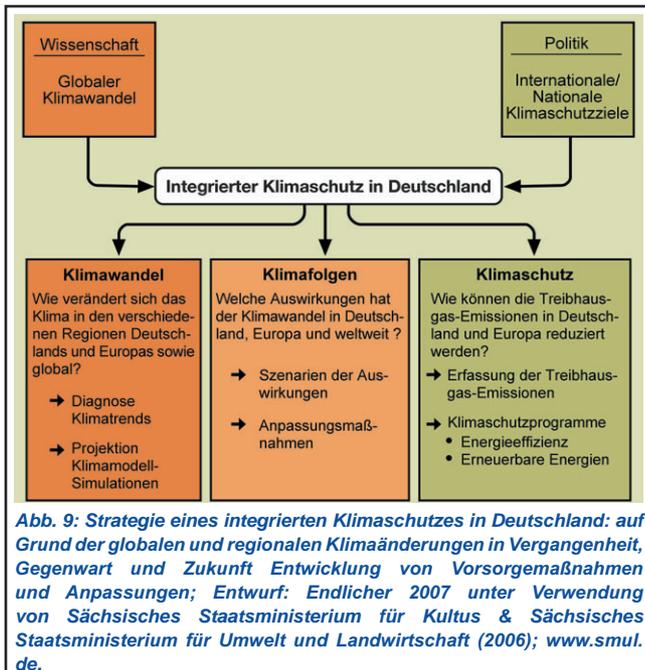
Ein Klima bedingter Rückgang der Nahrungsmittelproduktion durch die Zunahme von *Dürren* könnte Migrationsströme ungeahnter Größe aus Nordafrika und dem Sahel nach Europa auslösen. Ein Meeresspiegelanstieg von 7 m, bei ungebremster globaler Erwärmung keineswegs ausgeschlossen, würde bei *Sturm- und Flutkatastrophen* in den Deltabereichen Asiens die Umsiedelung von vielen Millionen Menschen aus Megastädten nach sich ziehen (z.B. Karachi und Hyderabad am Indusdelta, Kalkutta und Dhaka am Ganges-Brahmaputra-Meghnadelta, Rangun am Irawadidelta, Bangkok am Menamdelta, Saigon am Mekongdelta, Hanoi und Haiphong am Delta des Roten Flusses, Guangzhou am Pearl River Delta, Shanghai am Jangtsekiangdelta). *Gletscherschwund* in Zentralasien und in den tropischen Anden könnte künftig die Konflikte um den Zugang zu Wasser- und Energieressourcen zwischen

Ober- und Unterliegerstaaten verschärfen.

Die *Millenium Development Goals* der Vereinten Nationen, die im Jahr 2000 versprochene Halbierung von extremer Armut und Hunger bis zum Jahr 2015, sind nicht nur ein Ziel der Entwicklungs-, sondern auch der internationalen Klimapolitik. Labile Länder können schwerlich effektiven Klimaschutz betreiben. Klimapolitik muss auch als *vorsorgende Sicherheitspolitik* verstanden werden. Projekte für eine nachhaltige Landnutzung und Aufforstung müssen unterstützt werden. Diversifizierung der Energieversorgung, Steigerung der Energieeffizienz und Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien sind auch Aufgaben der internationalen Kooperation. Ein globales Informations- und Frühwarnsystem ist zu entwickeln. Modellhafte Klima-Energie-Partnerschaften mit Ländern wie Indien, Mexiko und Südafrika wären vorstellbar und sind schon im Protokoll von Kyoto im Instrument des *Clean Development Mechanism* (CDM) vorgesehen.

3. Was kann jeder einzelne tun?

Wir haben gesehen, dass der Klimawandel auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen abläuft. Bei der *Zeitdimension* muss man beachten, ob es sich um Tausende bis Hunderttausende von Jahren, also „geologische“ Zeiträume wie beim natürlichen Klimawandel handelt oder ob um Jahre und Jahrzehnte wie jetzt. Der Klimawandel hat auf globalen, kontinentweiten, regionalen, ja sogar lokalen *Raumdimensionen* jeweils unterschiedliche Folgen. In der *politischen Dimension* sind die Vereinten Nationen, die Europäische Union, der Staat, die Städte, aber auch jeder Einzelne von uns gefragt. Die Akademien der Wissenschaften der G8+5 Staaten (also auch die Akademien der USA, Chinas und Indiens) haben sich in einer gemeinsamen Erklärung „Wachstum und Verantwortung – Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Klimaschutz“ im Mai 2007 an die Regierungen gewandt (www.leopoldina-halle.de/energy-climate-d.pdf). Aber auch engagierte Bürger, Künstler und Unternehmer müssen die Politik permanent an ihre Handlungs- und Fürsorgepflicht erinnern. Ganz ohne eine Veränderung unseres „westlichen“ Lebensstils wird es nicht klappen, auch wenn Klimaschutz nicht notwendigerweise eine Einbuße an Lebensqualität bedeutet. Es geht um die Entwicklung von Wohlstandsmodellen, die mit immer weniger Treibhausgas-Emissionen auskommen. Wenn uns die „Klimawende“ in den nächsten 12 bis 20 Jahren nicht gelingt, dann werden zukünftige Generationen freilich auf Wohlstand verzichten müssen (Abb. 9).



eines Kraftwerks auf 85 %, da 30 % als Strom und 55 % als Wärme genutzt werden.



Abb. 10: Photovoltaik Beispiel Freiburg: Installationen auf den Dächern des Stadions; Quelle: Internet Stadt Freiburg.

Schließlich prangerte der ehemalige Weltbank-Chefökonom Nicholas Stern in seinem akribischen Report über die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels diesen als größtes Versagen der Marktwirtschaft an („greatest and widest-ranging market failure ever seen“; *Stern 2006*). Dies dürfte auch Wirtschaftsführern den Ernst der Lage klar gemacht haben. Umweltökonom berechnen die Kosten, die durch einen ungebremsten Klimawandel, d.h. eine Temperaturerhöhung um weitere 4 bis 5 °C bis 2100, allein in Deutschland bis zum Jahr 2050 anfallen würden, auf 800 Milliarden € (*Kemfert 2005; 2007*). Auf den Internetseiten des Ministeriums für Umwelt, des Umweltbundesamtes, der Deutschen Energie-Agentur, aber auch vieler Nichtregierungsorganisationen finden sich konkrete Hinweise für das eigene, klimabewusste Verhalten (z.B. www.wwf.de/unsere-themen/klimaschutz/jeder-kann-handeln/ oder www.energiesparende-geraete.de oder www.aktion-klimaschutz.de der Deutschen Energie-Agentur für Grundschule und Kindergarten). Hierzu zählen:

- **Stromverbrauch im täglichen Leben vermindern:** Öfter einmal abschalten, Energie sparende Haushaltsgeräte und Leuchtmittel kaufen sowie Stand-by-Schaltungen vermeiden.
- **„Grünen“ Strom kaufen und Umsteigen auf erneuerbare Energien:** Hier liegt ein besonders großes Potenzial, das Klimaschutz, technische Innovation und Schaffung von Arbeitsplätzen in Industrie und Handwerk einschließt (Abb. 10 und 11). Kraft-Wärme-Kopplung steigert die Energieeffizienz



Abb. 11: Windkraft: Die Leistung einer modernen Anlage beträgt etwa 2 Megawatt (= Versorgung von bis zu 2.000 Haushalten im Jahr mit Energie). An günstigen Standorten (bei ca. 1,5 MW) können in 20 Betriebsjahren rund 76 Mio. kWh Strom erzeugt werden (= Verbrennung von ca. 84.000 t Braunkohle), Quelle: <http://www.tourismus-entlebuch.ch/Bilder/Windkraftanlage.jpg>.

- **Richtig heizen und vernünftig lüften:** Gegebenenfalls die Heizung modernisieren und die kostbare Wärme nicht durch den Kamin oder die Fenster in die Außenluft entlassen.
- **Gut isolieren:** Wärmedämmung anbringen sowie natürlich bauen und wohnen. Die Unterschiede im Gebäudeenergiebedarf zwischen unsanierten Altbauten und modernen Passivenergiehäusern sind enorm (Abb. 12). Gleichzeitig reduzieren gut isolierte Häuser auch die sommerliche Hitzebelastung.

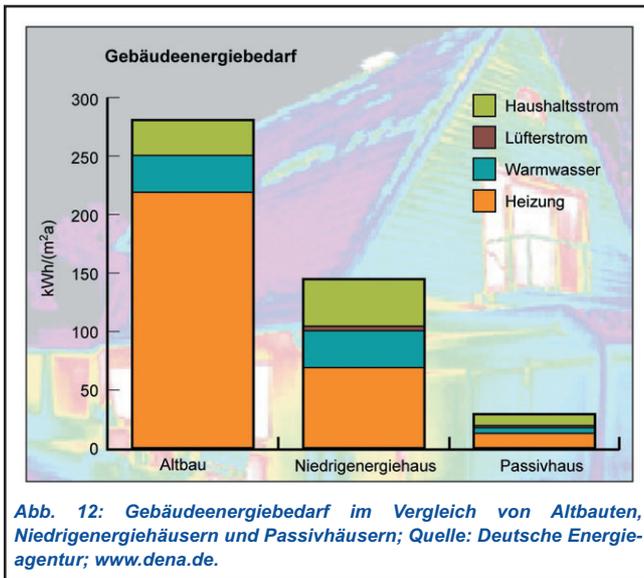


Abb. 12: Gebäudeenergiebedarf im Vergleich von Altbauten, Niedrigenergiehäusern und Passivhäusern; Quelle: Deutsche Energieagentur; www.dena.de.

- **Nachhaltig mobil:** Sparsame Autos fahren, dieses aber auch einmal stehen lassen und auf den Öffentlichen Personennahverkehr umsteigen. Busse und Bahnen haben eine weit bessere CO₂-Bilanz als Pkws (Abb. 13).
- **Flugreisen vermeiden** („Sylt statt Seychellen“) oder zumindest klimaneutral fliegen (www.atmosfair.com): Mit einer Flugabgabe könnten Energie sparende Projekte in den ärmsten Südländern finanziert werden.
- **Intelligent Einkaufen:** Regionale und saisonale Angebote beachten, damit weite Transportwege für

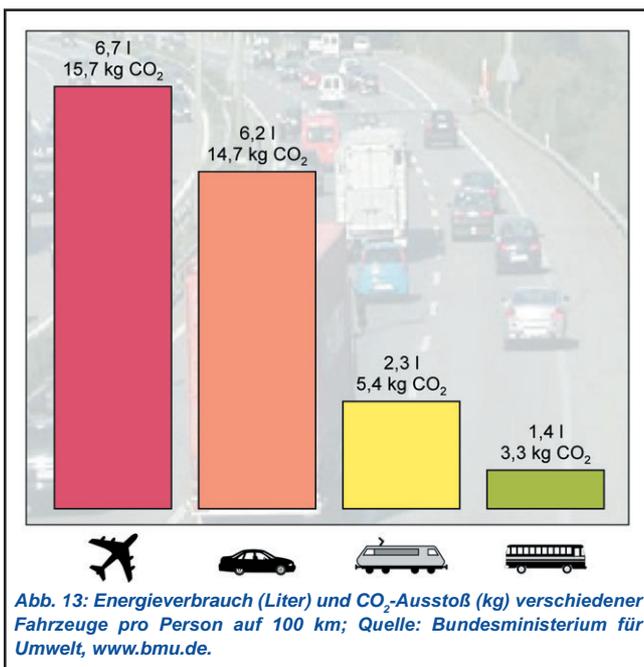


Abb. 13: Energieverbrauch (Liter) und CO₂-Ausstoß (kg) verschiedener Fahrzeuge pro Person auf 100 km; Quelle: Bundesministerium für Umwelt, www.bmu.de.

die Produkte überflüssig werden.

- **Recycling durchführen:** Müll vermeiden und wiederverwerten, denn die Neuproduktion von Wertstoffen wie z.B. Aluminium ist sehr energieaufwändig.

Wir sitzen alle zusammen in der großen „Klimafalle“, weil unsere Vorfahren schon soviel Treibhausgase ausgestoßen haben, dass sie einen anthropogenen Zusatztreibhauseffekt von ca. 0,8 °C verursacht haben. Dieser hohe CO₂-Sockel ist nicht mehr rückgängig zu machen. Jetzt darf die globale Temperatur nur noch um ca. 1,2 °C steigen, wenn sie auf 2 °C über dem vorindustriellen Wert begrenzt bleiben soll. Deshalb müssen unverzüglich die Weichen für eine langfristig erfolgreiche Klimapolitik gestellt werden. Die Landebahn für das „Raumschiff Erde“ ist ebenso schmal wie kurz: Für ein nachhaltiges Risikomanagement, das ein Durchbrechen der „Leitplanke“ von 2 °C verhindert, bleibt nur ein Dutzend Jahre. Es ist die letzte Frist, um weltweit schwere ökologische und sozioökonomische Verwerfungen zu vermeiden. Das *globale Klimaexperiment mit dem Planeten Erde* ist eine Menschheitsherausforderung und wird die Menschheit noch viele Jahrzehnte, wenn nicht Jahrhunderte beschäftigen.

4. Weiterführende Literatur

- Berz, G. (2002): Naturkatastrophen im 21. Jahrhundert – Trends und Schadenpotentiale. In: Tetzlaff, G. et al. (Hrsg.): Zweites Forum Katastrophenvorsorge „Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge“. Bonn, 253-264.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg., 1997): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro – Agenda 21. Bonn.
- Deutscher Bundestag, Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ (Hrsg. 1995): Mehr Zukunft für die Erde. Bonn.
- Erdmenger, C., Lehmann, H., Müschen, K., Tambke, J. (2007): Klimaschutz in Deutschland: 40 %-Senkung der CO₂-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990. www.uba.de/klimaschutz/index.htm
- Haerberli, W., Hoelzle, M., Paul, F., Zemp, M. (2006): Integrated monitoring of mountain glaciers as key indicators of global climate change: the European Alps. IGS Symposium on Cryosphere Indicators of Global Climate Change. Cambridge, 20-25 August, 2006.
- Hauser, W. (Hrsg., 2002): Klima. Das Experiment mit dem Planeten Erde. Deutsches Museum München.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

- Panel on Climate Change. Paris. www.ipcc.ch
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. Paris. www.ipcc.ch
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Working Group III Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. Paris. www.ipcc.ch
- International Energy Agency (2006): World Energy Outlook 2006. Paris. www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2006SUM.pdf
- Jendritzky, G., Koppe, C., Laschewski, G. (2004): Klimawandel – Auswirkungen auf die Gesundheit. *Internist. Prax.* 44, 219-232.
- Kemfert, C. (2005): The Economic Costs of Climate Change. Weekly Report, DIW Berlin, No. 1/2005, 43-49.
- Kemfert, C. (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. *Wochenbericht, DIW Berlin*, 74. Jg., Nr. 11/2007, 165-170.
- Kemfert, C., Traber, T. & Truong Truong, P. (2007): Breites Maßnahmenpaket zum Klimaschutz kann Kosten der Emissionsminderung in Deutschland deutlich verringern. *Wochenbericht, DIW Berlin*, 74. Jg., Nr. 18/2007, 303-307
- Koppe, Ch., Jendritzky, G., Pfaff, G. (2004): Die Auswirkungen der Hitzewelle 2003 auf die Gesundheit. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2003*. Offenbach, 152-162. www.ksb.dwd.de
- Kovats, S., Jendritzky, G. (2006): Heat-waves and Human Health. In: Menne, B., Ebi, K.L. (Eds., 2006): *Climate change and adaptation strategies for human health*. Darmstadt, 63-97.
- Kovats, S., Wolf, T., Menne, B. (2004): Heatwave of August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality. *Eurosurveillance Weekly* 11 March 2004, 8(11) www.eurosurveillance.org/en/2004/040311.asp
- Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg., 2003) & Kappas, M., Menz, G., Richter, M., Treter, U. (Mithrsg.): *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Bd 3: Klima, Pflanzen- und Tierwelt*. Heidelberg, Berlin.
- Lozan, J., Grassl, H., Hupfer, P. (Eds., 2001): *Climate of the 21st Century - Changes and Risks*. Hamburg.
- McMichael, A.J., Campbell-Lendrun, D.H., Corvalán, C.F., Ebi, K.L., Githeko, A.K., Scheraga, J.D., Woodward, A. (Eds., 2003): *Climate change and human health – risk and responses*. Geneva. www.who.int/globalchange/publications/climchange.pdf
- Menne, B., Ebi, K.L. (Eds., 2006): *Climate change and adaptation strategies for human health*. Darmstadt.
- Pacala, S.W. & Socolow, R.H. (2004): Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. *Science* Vol. 305, No. 5686, 968-972. www.princeton.edu/~cmi/resources/stabwedges.htm
- Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.-J. (2006): *Der Klimawandel*. München.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus & Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg. 2006): *Deine Energie zählt – Schulen für Klimaschutz in Sachsen*. Dresden.
- Schär, C. et al. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. *Nature* 427, 332-336.
- Schellnhuber, H.-J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., Yohe, G. (Eds. 2006): *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press. www.defra.gov.uk/environment/climatechange/research/dangerous-cc/pdf/avoid-dangercc.pdf
- Schneider, St. H., Lane, J. (2006): An Overview of “Dangerous” Climate Change. In: Schellnhuber, H.-J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., Yohe, G. (Eds.): *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, 7-23.
- Schönwiese, Ch.-D., Staeger, T., Trömel, S., Jonas, M. (2004): Statistisch-klimatologische Analyse des Hitzesommers 2003 in Deutschland. In: *Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): Klimastatusbericht 2003*. Offenbach, 123-132. www.ksb.dwd.de
- Schönwiese, Ch.-D., Staeger, T., Trömel, S. (2006): *Klimawandel und Extremereignisse in Deutschland*. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.): *Klimastatusbericht 2005*. Offenbach, 7-16. www.ksb.dwd.de
- Socolow, R.H. & S.W. Pacala (2007): Eindämmung des Kohlendioxids. *Spektrum der Wissenschaft Spezial 1/07: Energie und Klima*. Heidelberg, 14-21
- Spekat, A., Enke, W., Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3133
- Stern, N. (2006): *Stern Review on the economics of climate change*. Cambridge. www.hm-treasury.gov.uk/media/8AC/F7/Executive_Summary.pdf www.hm-treasury.gov.uk/independent-reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- Wanner, H. et al. (2000): *Klimawandel im Schweizer Alpenraum*. Zürich.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): *Über Kyoto hinaus denken - Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert*. Sondergutachten 2003. Berlin. www.wbgu.de/wbgu_sn2003.html
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): *Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit*. Hauptgutachten 2003. Berlin. www.wbgu.de/wbgu_jg2003.html

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2007): Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel. Hauptgutachten 2007. Berlin. www.wbgu.de/wbgu_jg2007.html

Ziesing, H.-J. (2006): Trotz Klimaschutzabkommen: Weltweit steigende CO₂-Emissionen. Wochenbericht, DIW Berlin, 73. Jg., Nr. 35/2006, 485-499

www.who.int/globalchange/climate/en (Weltgesundheitsorganisation; Folgen des Klimawandels für die menschliche Gesundheit)

www.wmo.int (Weltorganisation für Meteorologie)

www.wwf.de/unsere-themen/klimaschutz (Nichtregierungsorganisation World Wildlife Fund)

Internetadressen

www.atmosfair.com (Informationen zum klimabewussten Fliegen)

www.bmu.de/klimaschutz (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und

Reaktorsicherheit; Bildungsservice zum Klimawandel)

www.bund.net/klimaschutz (Nichtregierungsorganisation Bund für Umwelt- und Naturschutz)

www.climatenetwork.org (Zusammenschluss von Nichtregierungsorganisationen)

www.dehst.de (Umweltbundesamt-Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt))

www.dena.de (Deutsche Energie-Agentur)

www.diw.de (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung)

www.dwd.de (Deutscher Wetterdienst)

www.dwd.de/research/klis/index.htm (Klimainformationssystem des Deutschen Wetterdienstes)

www.eea.europa.eu (European Environment Agency)

www.europa.eu.int/comm/environment/climat/home_en.htm (Klimapolitik der EU-Kommission)

www.germanwatch.org (Nichtregierungsorganisation)

www.hamburger-bildungsserver.de (Themen: Klima und Energie)

www.iea.org (International Energy Agency)

www.ipcc.ch (Intergovernmental Panel on Climate Change)

www.ksb.dwd.de (Jährlicher Klimastatusbericht des Deutschen Wetterdienstes)

www.munichre.com (Münchner Rückversicherung, Topics & Publikationen, v.a. zu Extremereignissen)

www.nachhaltigkeitsrat.de (Rat für Nachhaltige Entwicklung; Beratungsgremium der Bundesregierung)

www.pik-potsdam.de (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung)

www.theclimategroup.org (Einsparung von Emissionen)

www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/klimaaenderungen (Publikationen zum Klimawandel)

www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/klimaschutz.htm (Daten zum Klimaschutz in Deutschland)

www.unep.org/themes/climatechange (Umweltprogramm der Vereinten Nationen)

www.unfccc.int (United Nations Framework Convention on Climate Change; Sekretariat der Klimarahmenkonvention in Bonn)

www.wbgu.de (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen)