



4.1 Maßnahmen zum Klimaschutz

HARTMUT GRASSL

Measures to protect climate: Climate protection, i.e. the dampening of the anthropogenic climate change rate, needs global action. A large part of the projected warming in the 21st century is due to a positive feedback of water cycle components. Reaching a »climate window« of maximum tolerable mean global warming (+2 °C until 2100) translates into equivalent carbon dioxide (CO₂) concentration in the atmosphere of about 450 ppm. It can be reached by a rapid energy system transformation away from fossil fuels towards renewable energies, if internalisation of external effects is supported by political will.

Das Wort Klimaschutz ist für manche anmaßend, weil wir Menschen sicherlich keinen Einfluss auf die Bahn der Erde um die Sonne haben und die fast periodischen Änderungen dieser Bahn wesentlich für die Eiszeit-Warmzeit-Zyklen und damit für recht große und die Ökosysteme verschiebende oder gar auslöschende natürliche Klimaänderungen sind. Ich möchte Klimaschutz nur verstanden sehen als die zunehmende Dämpfung der anthropogenen Klimaänderungsrate im 21. Jahrhundert, damit für uns Menschen eine nachhaltige Entwicklung möglich bleibt.

Der Wasserkreislauf als zentrales Element des Klimasystems

Nicht nur knapp 71% der Erdoberfläche sind mit Meerwasser oder Meereis bedeckt, sondern auch wesentliche bis große Teile der Kontinente mit Eis und/oder Schnee. Auch Flüsse und Seen sind keineswegs vernachlässigbare, aus Süß- oder Salzwasser bestehende Oberflächen. Deshalb ist es keine Übertreibung, wenn man die Erde als Wasserplanet bezeichnet, da speziell im Winter der nördlichen Erdhälfte bis über 80% der Oberfläche der Erde mit der Substanz Wasser bedeckt sind. Warum ist es dann notwendig, von einer Wasserkrise zu reden? Wo doch bei globaler Erwärmung der

Wasserkreislauf sehr wahrscheinlich intensiver und nicht schwächer sein sollte? Denn wegen der Clausius-Clapeyronschen Gleichung wird bei Erwärmung pro Volumeneinheit mehr Wasserdampf (6–20% mehr pro Grad Celsius bei 20 bzw. -80° C) in der Atmosphäre enthalten sein, weil eine starke Abnahme der mittleren relativen Feuchte höchst unwahrscheinlich ist. Die Antwort ist einfach: Wir werden erstens mehr – die wahrscheinlichste Bevölkerungsprognose der Vereinten Nationen für 2050 lautet: 9 Mrd. Menschen – und wir verschmutzen zweitens insgesamt immer mehr Süßwasser in Industrie, Dörfern und Städten sowie durch Landwirtschaft. Drittens kommen Tendenzen zu einer weiteren Austrocknung semi-arider Gebiete hinzu, sowohl durch lokal verursachte Desertifikation als auch durch verminderten Niederschlag und erhöhte Verdunstung in vielen dieser Regionen bei einer sich im Mittel erwärmenden Erdoberfläche.

Die Maßnahmen für eine Entschärfung der Wasserkrise in vielen Ländern liegen deshalb offen zu Tage: Bevölkerungspolitik, Abwasserreinigung und -recycling, Effizienzsteigerung bei der Wassernutzung (vor allem in der Landwirtschaft), Bewahrung der natürlichen Wasserreinigungsmechanismen, globale Klimapolitik.

Nur über die zuletzt genannte Maßnahme, also die globale Klimapolitik, wird dieser Beitrag berichten.

Aus: *WARNSIGNAL KLIMA: Genug Wasser für alle? 3. Auflage (2011)*
- Hrsg. Lozán, J. L. H., Graßl, P. Hupfer, L. Karbe & C.-D. Schönwiese

Die Substanz Wasser als Treibhausverstärker

Wasserdampf ist mit weitem Abstand das wichtigste Treibhausgas der Erdatmosphäre, etwa zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffektes der Atmosphäre von ca. 30° C gehen auf ihn zurück. Seine Konzentration ist stark temperaturabhängig, so dass sich bei typischen Oberflächentemperaturen, bei jeweils 10° C Temperaturerhöhung der maximal mögliche Wasserdampfgehalt annähernd verdoppelt. Deshalb sollte bei Temperaturerhöhung durch andere Effekte, z.B. eine Zunahme des CO₂-Gehaltes, ein positiver Rückkopplungseffekt des Wasserdampfes eine weitere Temperaturerhöhung bewirken. Die Konzentrationserhöhung ist nachgewiesen für die planetarische Grenzschicht und die untere Troposphäre und noch nicht völlig gesichert für die obere Troposphäre. In der unteren Stratosphäre ist in den vergangenen Jahrzehnten eine kräftige Wasserdampfzunahme von bis zu 0,5% pro Jahr bei abnehmender Temperatur aufgetreten (KLEY et al. 2000). Die seit ca. fünf Jahrzehnten bekannte Verstärkung einer Treibhauseffektzunahme durch Wasserdampfrückkopplung wird in den Klimamodellen recht gleichmäßig berechnet. Während eine Verdoppelung des CO₂-Gehaltes ohne Wasserdampfreaktion eine Erhöhung der mittleren oberflächennahen Lufttemperatur von ca. 1,2° C bewirkt, wird dieser Wert in Klimamodellen durch die Wasserdampfrückkopplung annähernd verdoppelt.

Ein weiterer positiver Rückkopplungseffekt des Wasserkreislaufes ist die so genannte Schnee/Eis-Albedo-Temperatur-Rückkopplung. Denn wird Luft erwärmt, schmelzen Schnee und Eis schneller, die Schnee und Eis freien, viel dunkleren Flächen absorbieren dann mehr Sonnenenergie, was wiederum zu höheren Temperaturen führt und zu weiterem Abschmelzen in der Region oder auch in entfernten Gebieten. Nach HANSEN (2003) hat der Übergang von der Intensivphase der Eiszeit in das Holozän durch das Abschmelzen von Schnee und Eis einen mittleren Strahlungsantrieb von + 5,6 W/m² bewirkt, mehr als doppelt so viel wie der erhöhte Treibhauseffekt durch Kohlendioxid- und Methanzunahme für denselben Übergang, der mit 2,5 W/m² fast so hoch wie der seit 1850 akkumulierte anthropogene Treibhauseffekt von etwa 3,0 W/m² (IPCC 2007). Mit Strahlungsantrieb wird hier die instantane Änderung der Strahlungsflussdichte an der Tropopause durch eine Beimengung einer bestimmten Substanz in einer sonst mit fixierten Parametern versehenen Atmosphäre bezeichnet. In Wirklichkeit erzwingt ein solcher Antrieb, ein Strahlungsungleichgewicht, Klimaänderungen, die den Antrieb vermindern wollen, um eine langfristig ausgeglichene Energiebilanz für

die Erde wieder herzustellen, die jedoch wegen der Trägheit der Klimasystemkomponenten Eisschilde und Ozeane gegenüber dem Antrieb nachhinken. Und zwar mindestens um einige Jahrzehnte, wenn der Ozean allein reagieren sollte und um Jahrtausende, wenn große Inlandeisgebiete sich bilden oder abschmelzen. Für den anthropogenen Treibhauseffekt ist bei heute fehlenden sehr großen Inlandeischilden auf der nördlichen Erdhälfte die Verzögerung der vollen Erwärmung von der hohen Wärmekapazität des Ozeans dominiert. In anderen Worten: Bei in Zukunft stabiler Treibhausgaskonzentration (das bedeutete z.B. für CO₂ mindestens eine Halbierung der gegenwärtigen Emissionsrate) stiege die Temperatur weiter über Jahrzehnte auf fast das Doppelte des bisher beobachteten an und der Meeresspiegelanstieg hielte über Jahrhunderte und Jahrtausende an, sollte z.B. das grönländische Eisschild zu schmelzen beginnen.

Wolken als große Unbekannte

Eine bisher ungelöste Frage ist die nach der Reaktion der Bewölkung bei erhöhtem Treibhauseffekt. Wir wissen zwar, dass gegenwärtig die Bewölkung im Mittel zur Kühlung der Erdoberfläche beiträgt (umgerechnet in einen Strahlungsantrieb bei Rechnung mit und ohne Wolken ergäbe das ca. -15 W/m²), wir wissen aber nicht, ob diese Kühlwirkung bei mittlerer Erwärmung nachlässt oder verstärkt wird. Die Reaktion hängt von so subtilen Dingen wie Größe der Eiskristalle in den hohen Wolken, veränderter dreidimensionaler Struktur konvektiver Wolken, Anzahl der Kondensationskeime bei Wolkenbildung, Rußanteil der Aerosole, Anteil der Eiskeime etc. ab. Diese ungeklärten Fragen sind ein Hauptgrund für die große Spanne der Werte für die so genannte Klimasensitivität. Es ist zwischen dem 2. und 3. bewertenden Bericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses über Klimaänderungen (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) von 1995 bis 2000 nicht gelungen, diesen Wert zu verändern. Im 4. bewertenden Bericht des IPCC ist allerdings eine Präzisierung gelungen. Bei einer Verdoppelung des vorindustriellen CO₂-Gehaltes in der Atmosphäre von 280 auf 560 millionstel Volumenanteile wird jetzt als wahrscheinlichster Wert für die mittlere globale Erwärmung der bodennahen Luft bei voller Anpassung an die Veränderung 3° C angegeben und die Wahrscheinlichkeit, dass der Wert unter 1,5° C liegt, ist sehr gering (5%), aber auch Werte über 4,5° C können nicht ganz ausgeschlossen werden (IPCC 2007).

Ziele einer Klimapolitik

Die Vereinten Nationen haben für die Rahmenkonven-

tion zu Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change = UNFCCC) 1992 in Rio de Janeiro von 153 Ländern und der Europäischen Union die Unterschriften bekommen. Inzwischen haben über 185 Länder das Hauptziel der Konvention für ihre Länder völkerrechtlich verbindlich gemacht:

Das Endziel dieses Übereinkommens ist es, die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, das eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert.

Die Operationalisierung dieses hehren und schwer zu erreichenden Zieles lässt sehr zu wünschen übrig. Die Forschung zu Auswirkungen einer Klimaänderung steckt in einigen Feldern noch in den Kinderschuhen und Emissionsminderungen sind so tief in die Industriegesellschaft eingreifend, dass alle Bedenkensträger und potenziellen Verlierer vor den »riesigen« Kosten warnen und Unsicherheiten der wissenschaftlichen Aussagen oft völlig überhöhen und Einfluss auf Politiker in relativ vielen Ländern nehmen können.

Trotzdem gibt es Versuche, die gefährliche Einwirkung auf das Klimasystem zu definieren. Die bisher bevorzugte Methode ist die Fixierung einer maximalen, eben noch tolerierbaren mittleren globalen Erwärmung (WBGU 1995, 2003a, b). Geleitet wurde diese

Suche nach Leitplanken von folgender Überlegung: Der Menschheit unbekannt Klimazustände müssen vermieden werden. Das führte zum so genannten Eem-Interglazial, einem warmen ca. 10.000 Jahre andauernden Abschnitt vor ca. 125.000 Jahren, in dem die globale mittlere Temperatur in Oberflächennähe etwa 1,5° C über derjenigen vor der Industrialisierung lag. Die Annahme etwas erhöhter Anpassungsfähigkeit der Menschen führte dann zu 1,5° C + 0,5° C = +2,0° C als maximal tolerierbarer Erwärmung, die durch Klimaschutz innerhalb des 21. Jahrhunderts einzuhalten sei. Da der anthropogene Treibhauseffekt hauptsächlich durch seine Geschwindigkeit gefährlich werden kann (was natürlicherweise oft in 5 bis 10 Jahrtausenden abläuft, ist in etwa zwei Jahrhunderte gedrängt), hat der WBGU auch eine maximale mittlere globale Erwärmungsrate von 0,2° C/Jahrzehnt eingeführt. Dieser Wert ist noch wenig erhärtet, weil auch dazu die bisherige Klimawirkungsforschung wenig Ergebnisse anzubieten hat. Wird das WBGU-Klimafenster (siehe Abb. 4.1-1) akzeptiert, so muss die zu erreichende Konzentration der Treibhausgase (in Äquivalente des Kohlendioxids umgerechnet) unter 450 millionstel Volumenanteile betragen (WBGU 2003a, b; MEINSHAUSEN et al. 2009). Das bedeutet etwas drastisch formuliert, rascher Einstieg in den Ausstieg aus der Nutzung der

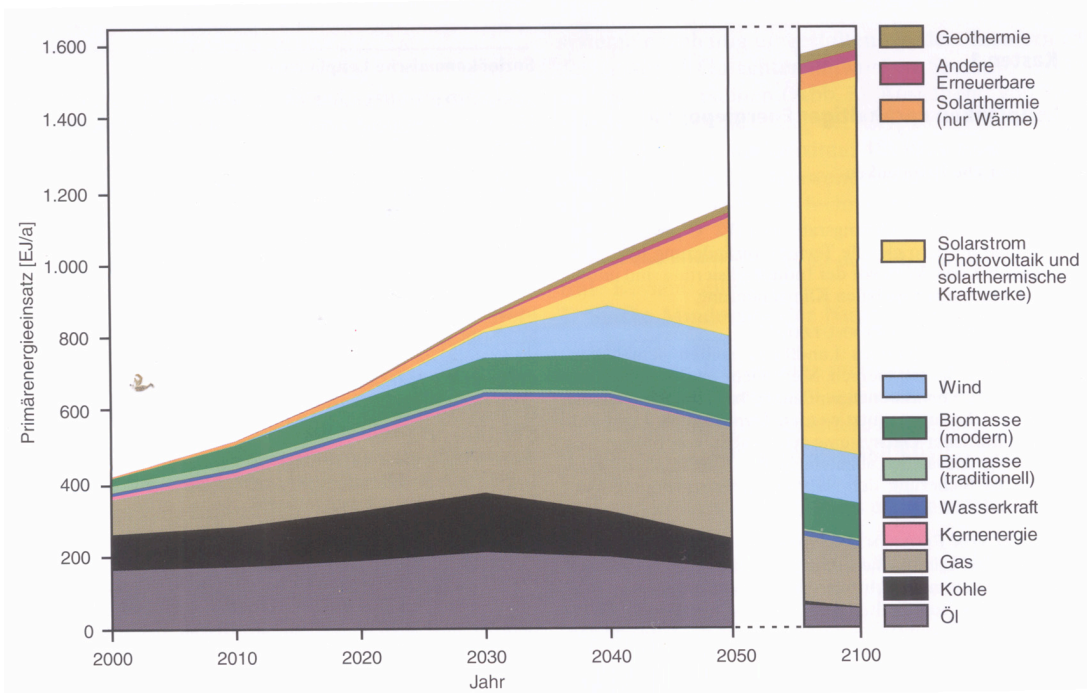


Abb. 4.1-1: Energieeinsatz der Menschheit bei Einhaltung des Klimafensters des WBGU: Der rasche Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energien (aus WBGU 2003a). Das 2°C Ziel ist inzwischen weltweit anerkannt und bei der 16. Vertragsstaatenkonferenz zur Konvention in Cancún, Mexiko errichtet worden.

fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas. Der zugehörige exemplarische Pfad ist nach WBGU (2003a, b) und STERN (2007) ein Kraftakt, jedoch finanzierbar und er geht weit über alle bisherigen Vereinbarungen hinaus. Die Europäische Union hat das Klimafenster des WBGU ebenfalls als Ziel ihrer Politik formuliert und sie hat auch deshalb ab 1. Januar 2005 den EU-weiten Emissionshandel eingeführt. Viele Länder, denen die Energiewende zu langsam vorankommt, haben im Juni 2004 in Bonn eigene, durch die Vereinten Nationen zu überprüfende Ziele in einem Aktionsprogramm verankert. Inzwischen ist das 2° C-Ziel auch von den Vertragsstaaten zur UNFCCC bei ihrer 16. Konferenz in Cancún, Mexiko, mit Ausnahme von Bolivien akzeptiert worden.

Gelingt es, die externen Effekte der bisherigen, weitgehend auf fossilen Brennstoffen ruhenden Energiesysteme zu internalisieren, d.h. die Preise umweltgerecht zu gestalten, so werden wir schon in wenigen Jahrzehnten die erneuerbaren Energien als wesentliche Säule der Energieversorgung sehen können. Solange diese Internalisierung nicht wesentlich vorankommt, sind unterstützende Maßnahmen wie die ursprünglich in Deutschland im Jahre 1991 begonnenen und jetzt in über 50 Ländern existierenden Einspeisegesetze für erneuerbare Energien notwendig.

Literatur

- IPCC (2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis (Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. 996 pp.
- IPCC (2001): Climate Change 2001. The Scientific Basis (Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton, J.T., et al., eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge, 881 pp.
- HANSEN, J. (2003): The global warning time bomb? Natural Sciences. Posted Aug. 1, 2003. Presentation to the US Council of environmental Quality, 12th June 2003. Verfügbar unter <http://www.giss.nasa.gov/research/forcings/ceq-presentation-pdf>
- KLEY, D., J. M. RUSSELL III & C. PHILLIPS (Hrsg.) (2000): SPARC Assessment of Upper Tropospheric and Stratospheric Water Vapour. WCRP – 113, WMO/TD - No. 1043, SPARC Report No.2. 312 pp.
- MEINSHAUSEN M., N. MEINSHAUSEN, W. HARE, S.C.B. RAPER, K. FRIELER, R. KNUTTI, D.J. FRAME & M.R. ALLEN (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2° C. Nature, 458, 1158-1162 (30 April 2009) | doi:10.1038/nature08017.
- STERN N. (2007): The Economics of Climate Change (The Stern Review). Cambridge Univ. Press, Cambridge, 712 pp.
- WBGU (1995): Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien. Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin.
- WBGU (2003a): Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer, Berlin, 4 pp.
- WBGU (2003b): Über Kioto hinaus denken: Klimaschutzstrategien für das 21. Jahrhundert. Sondergutachten zur 9. Vertragsstaatenkonferenz der Klimakonvention in Mailand. 99 pp.

*Prof. Dr. Hartmut Graßl
Max-Planck-Institut für Meteorologie
Bundesstraße 53 - 20146 Hamburg
Hartmut.Graßl@zmaw.de*