

Paul Crutzen  
Michael Müller

## Das Ende des blauen Planeten?

Der Klimakollaps, Gefahren und Auswege

Klimaschutz-Sachbuch 1989

Vorwort von Hans-Jochen Vogel

Ein Sammelwerk mit 20 Autoren

[wikipedia P. Crutzen](#) [wikipedia M. Müller](#)



9

**D**ies ist aus mehreren Gründen ein ungewöhnliches Buch. Es geschieht nicht alle Tage, daß der Vorsitzende einer politischen Partei und ihrer Bundestagsfraktion einen renommierten Wissenschaftler bittet, ein Buch mit Beiträgen unterschiedlichster Autoren zu einem Thema von höchster politischer Bedeutung herauszugeben.

Noch seltener dürfte es sein, daß er den Mitherausgeber bittet, zu diesem Thema nicht nur die Äußerungen seiner eigenen Partei, sondern die Stellungnahmen aller im Bundestag vertretenen Parteien, des zuständigen Bundesministers und wichtiger in Betracht kommender Verbände einzuholen.

Ich meine, die Gefährdung der Erdatmosphäre, vor allem die Gefahr einer tiefgreifenden Klimaveränderung und einer Zerstörung der lebenswichtigen Ozonschicht rechtfertigen nicht nur ein solches Vorgehen, sondern gebieten es geradezu. Denn hier geht es nicht um eine von vielen Fragen, mit denen sich die Politik alltäglich zu befassen hat.

Hier geht es um eine Überlebensfrage mit globaler Tragweite. Nicht nur ein Volk oder einzelne Völker sind gefordert — nein: die Menschheit insgesamt ist **aufgerufen**, umzudenken und zu einer umweltverträglichen Entwicklung zu kommen.

**Das mindert aber unsere nationale Verantwortung nicht.** Im Gegenteil: Die Bundesrepublik Deutschland gehört zu den Industrienationen, die weit überproportional zu den Ursachen der gefährlichen Veränderungen in der Erdatmosphäre beitragen. Wir

verfügen aber zugleich über die technischen Fähigkeiten und auch über die wirtschaftliche Stärke, um die erforderlichen Veränderungen unserer Lebens- und Verhaltensgewohnheiten voranzubringen, die jetzt notwendig sind.

Und wir können nur dann von anderen Völkern einschneidende Schritte in die gebotene Richtung fordern, wenn wir selbst mit entsprechenden Beispielen vorangehen.

Gewiß sind wichtige Vorarbeiten schon geleistet, ist der Prozeß der Bewußtseinsveränderung bereits vielfach angestoßen; etwa durch den Bericht der UN-Kommission "Umwelt und Entwicklung" unter Vorsitz der norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland, durch die Weltklimakonferenz von Toronto, die Weltklimatagungen in Villach, den Weltklimakongreß von Hamburg.

Nicht zuletzt hat der erste Zwischenbericht der vom Bundestag eingesetzten Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" eine eindeutige Bestandsaufnahme des Zustands der Lufthülle um die Erde geliefert und zugleich die grundsätzlichen Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Bedrohung abgewendet werden kann.

Aber das alles sind nur Anfänge. Die Zusammenhänge müssen tiefer in unser Bewußtsein eindringen, die Optionen gründlicher untersucht und die nötigen Entscheidungen rascher getroffen werden, als das bisher auf der politischen Tagesordnung steht.

Dazu will dieses Sammelwerk beitragen. Und es will zu gemeinsamen Anstrengungen zusammenführen. Zu gemeinsamen Anstrengungen von Wissenschaft und Politik, von Wirtschaft und Gewerkschaften, von Verbrauchern und Umweltverbänden — also zu gemeinsamen Anstrengungen der politischen und gesellschaftlichen Kräfte.

Zu einer Gemeinsamkeit, von der oft die Rede ist und die dennoch selten praktiziert wird. Bei der Gefahr einer weltweiten Klimakatastrophe bleibt kein anderer Weg, wollen wir der Verantwortung für das Leben zukünftiger Generationen gerecht werden. Das schließt — wie die Beiträge zeigen — einzelne Kontroversen in der Sache keineswegs aus.

Aber es macht einen Grundkonsens deutlich, ohne den wir nichts erreichen können: Den Grundkonsens darüber, daß wir unsere Welt, daß wir den blauen Planeten nur bewahren können, wenn wir zu radikalen Änderungen bereit sind — und das möglichst schnell.

In diesem Sinne danke ich den Herausgebern und den Autoren. Und in diesem Sinne wünsche ich dem Buch eine weite Verbreitung.

10

*Hans-Jochen Vogel, Vorwort 1989*  
*Vorsitzender der SPD, MdBundestag, Vors. d. Fraktion*

**Index:**

*Crutzen / Müller / Vogel 1989 # Das Ende des blauen Planeten? # Der Klimakollaps # Gefahren und Auswege # Ein Sammelwerk # Herausgegeben von Paul J. Crutzen und Michael Müller # Mit 21 Abbildungen und 9 Tabellen und einem Vorwort von Hans-Jochen Vogel (SPD) # 1989 by Beck (Oscar Beck), München # Beck'sche Reihe BsR 385 # ISBN 3-406-33140-8 # Zweite Auflage. 1990 # Klima-Schutz-Sach-Buch 1989 # 258 (271) Seiten.*

**Siehe auch:**

[wikipedia Paul Crutzen](#) \*1933 in Amsterdam

[wikipedia Michael Müller](#) \*1948

[wikipedia Hans-Jochen Vogel](#) \*1926 in Göttingen

**detopia:**

[Audio 2014 Michael Müller zu Naomi Klein Buch](#)

[Bach 1982](#) [Haber 1989](#) [Grassl 1990](#) [Weiner 1990](#)

[Schellnhuber 2015](#)

[Marko Ferst 2002](#)

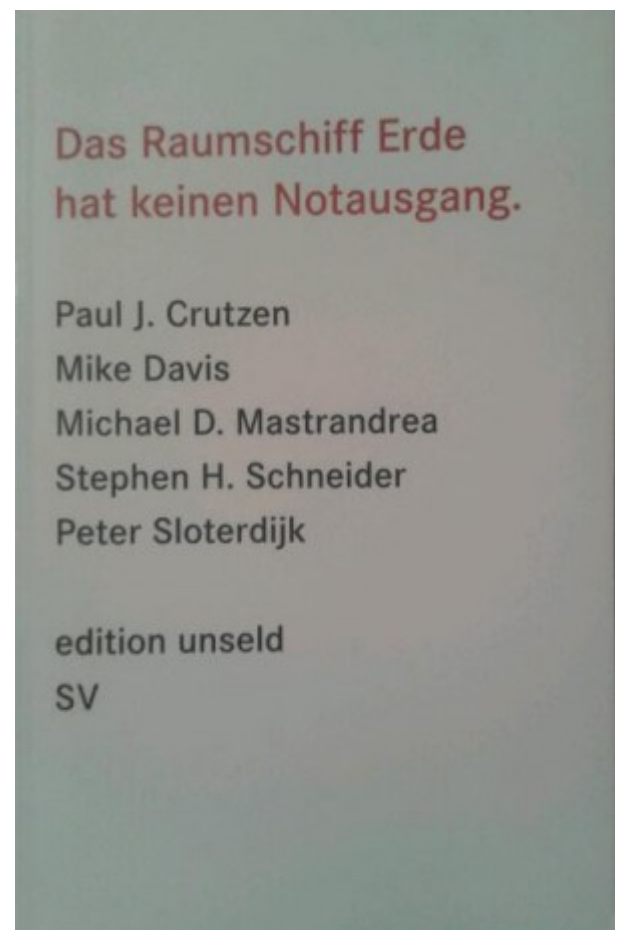
[Mike Davis 2008](#) Klimarede

[1989 Heinz Haber So zerstören wir unser Klima](#)

[Crutzen Sachbuch 1986 Schwarzer Himmel](#)

Hasselmann Graßl Hansen

Weiner Monbiot Lovelock



# Inhalt vom Ende des blauen Planeten

Vorwort von Hans-Jochen Vogel (9)

Anhang: Schaubilder (259) Begriffserklärungen (267) Die Autoren (270)

## **I. Die Zerstörung der Erdatmosphäre und die Folgen**

Bert Bolin Klimatische Veränderungen in Vergangenheit und Gegenwart (11)

Paul J. **Crutzen** Menschliche Einflüsse auf das Klima und die Chemie der globalen Atmosphäre (25)

Hartmut **Graßl** Was sagen uns die Klimamodelle? (49)

Veerabhadran Ramanathan Spurengase, Treibhauseffekt und weltweite Erwärmung (65)

## **II. Regionale Perspektiven**

Eneas Salati Entwicklungen und Umweltprobleme im Amazonasgebiet (77)

A. Barrie Pittock Der Treibhauseffekt: Eine australische Perspektive (89)

## **III. Handlungsstrategien**

Jill **Jäger** Vorbeugende und vorbereitende Maßnahmen für eine Klimaveränderung (101)

William C. Clark Für eine neue Qualität politischer und wissenschaftlicher Zusammenarbeit (114)

Stephen S. **Schneider** Die Debatte über die Klimaveränderungen: was wir tun sollten (132)

Iwan T. Frolow Sozialphilosophische Erfassung des globalen Ökologieproblems (144)

## **IV. Energiewende — der Ausweg aus der Klimakatastrophe**

Irving Mintzer / W. Moomaw Energiepolitik, Luftverschmutzung und der Treibhauseffekt (153)

Florentin Krause Das Energiesystem auf eine neue Basis stellen (166)

## **V Stellungnahmen der Energie- und Chemiewirtschaft**

Joachim Grawe (Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke): Lösungsstrategien im Energiebereich für die befürchteten globalen Klimaveränderungen (175)

Franz W. Nader (Verband der Chemischen Industrie): FCKW — ein globales Umweltproblem. Handlungsoptionen der chemischen Industrie (185)

## **VI. Die Verantwortung der Politik**

Klaus **Töpfer** (Union) Die globalen Umweltgefahren (194)

Michael **Müller** / Volker Hauff / Harald B. Schäfer (SPD) **Die Gefährdung der Erdatmosphäre. Eine neue Qualität globaler Umweltkrise** (204)

Gerhart **Baum** (FDP) Nötig ist eine globale Umweltstrategie (214)

Wilhelm Knabe / Reinhard Loske (Die Grünen) **Treibhauseffekt und Ozonloch zwingen zur Umwertung vieler Werte** (222)

## **VII. Die Verantwortung der Verbände und Verbraucher**

Peter Hennicke (Öko-Institut) Ein wesentlicher Schritt vorwärts, aber noch kein Durchbruch. Zum Zwischenbericht der Klimaenquete des Deutschen Bundestags (232)

Regine Klose (Greenpeace) **Über die Notwendigkeit zu handeln** (238)

Helmut Lenders (AG der Verbraucherverbände) Auch der Verbraucher muß umdenken (249)

Was können die Verbraucher tun? (255) #

## Die Autoren (Seite 270-271)

Baum, Gerhart; Dr. MdB; Umweltpolitischer Sprecher der FDP, ehemaliger Bundesinnenminister.  
Bolin, Bert; Prof. Dr.; Abteilung für Meteorologie der Universität Stockholm, Schweden.

Clark, William C; Prof. Dr.; Harvard Universität; Cambridge, USA.  
Crutzen, Paul J.; Prof. Dr. Dr.; Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemie, Mainz; Universität von Chicago, USA.

Frolov, Iwan T; Prof. Dr.; Akademie der Wissenschaften, Moskau, UdSSR.

Graßl, Hartmut; Prof. Dr.; Meteorologisches Institut der Universität Hamburg; Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg.  
Grawe, Joachim; Prof. Dr.; Hauptgeschäftsführer der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke, Frankfurt/Main.

Hauff, Volker; Dr. MdB; ehem. Bundesminister für Forschung und Technologie.  
Hennicke, Peter; Prof. Dr.; Vorstandsmitglied des Öko-Instituts Freiburg und Energieexperte.

Jäger, Jill; Dr.; Beijer Institut of the Royal Academy of Sciences, Stockholm, Schweden.

Knabe, Wilhelm; Dr. MdB; Umweltpolitischer Sprecher der Fraktion „Die Grünen“.  
Klose, Regine; Greenpeace Deutschland, Hamburg.  
Krause, Florentin; Dr.; Lawrence-Berkeley-Laboratory, Kalifornien, USA.

Lenders, Helmut; Präsident der Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände, Bonn.  
Loske, Reinhard; wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fraktion „Die Grünen“.

Mintzer, Irving M.; Prof. Dr.; World Resources Institute, Washington D.C., USA.  
Moomaw, William R.; Prof. Dr.; World Resources Institute, Washington D.C., USA.  
Müller, Michael; MdB; Sprecher der SPD in der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“.

Nader, Franz W.; Prof. Dr.; Verband der chemischen Industrie, Frankfurt.

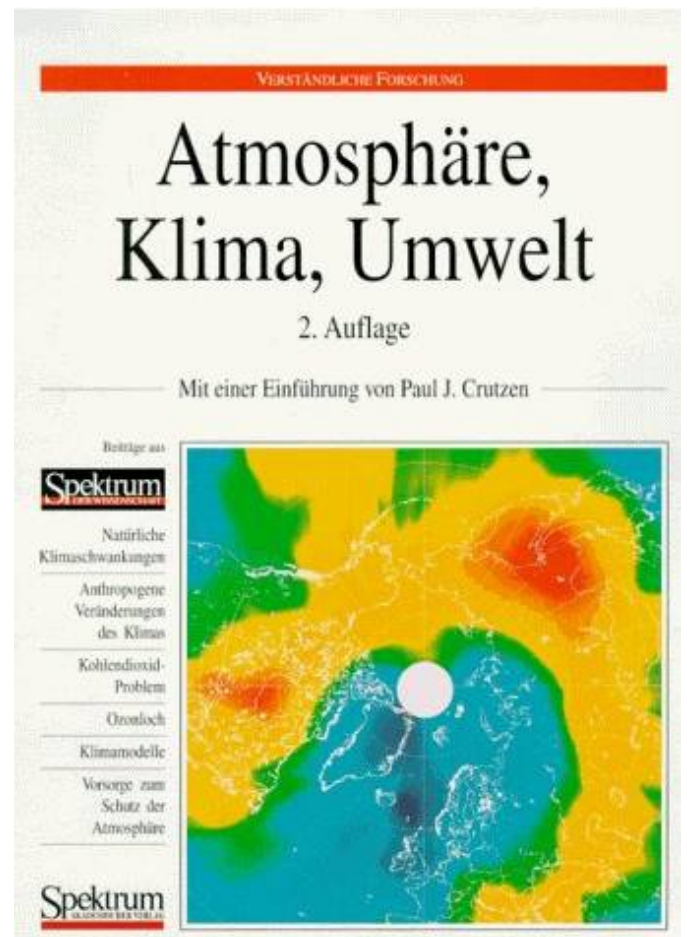
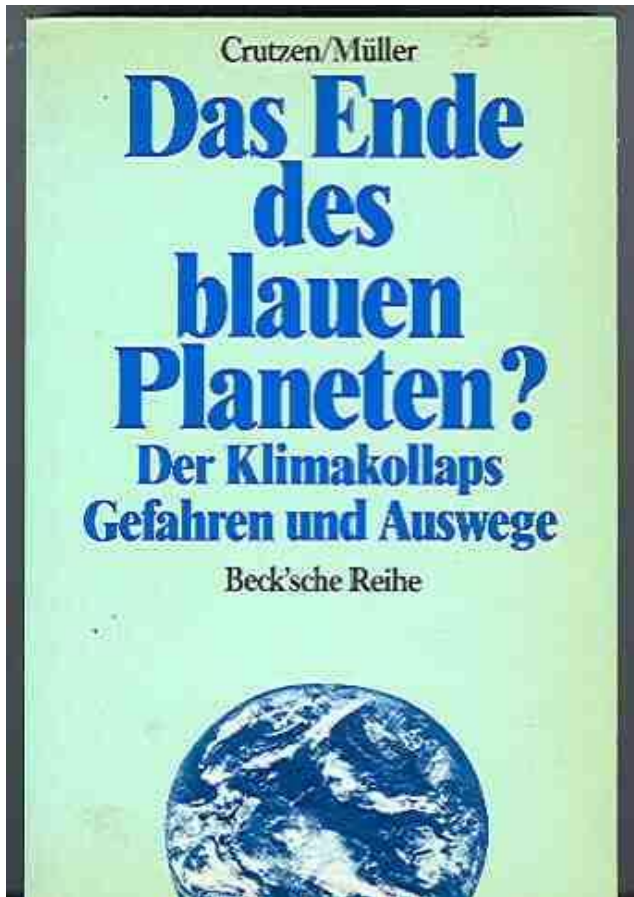
Pittock, A. Barrie; Prof. Dr.; CSIRO, Abteilung für Atmosphärenforschung, Mordialloc, Australien.

Ramanathan, Veerabhadran; Prof. Dr.; Universität Chicago, USA.

Salati, Eneas; Prof. Dr.; Ehem. Leiter des Nationalen Instituts der Amazonasforschung (INPA); Piracicaba, Brasilien.  
Schäfer, Harald B.; MdB; Stellvertretender Vorsitzender der SPD-Bundestagsfraktion.  
Schneider, Stephen H.; Prof. Dr.; Nationales Zentrum für Atmosphärenforschung; Boulder, Colorado, USA.

Töpfer, Klaus; Prof. Dr.; Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Vogel, Hans-Jochen; Dr. MdB; Vorsitzender der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands.



# I. Die Zerstörung der Erdatmosphäre und die Folgen

Klimatische Veränderungen  
in Vergangenheit und Gegenwart

**Von Bert Bolin**

11

Wir wissen, daß sich das Klima der Erde auch in der Vergangenheit immer wieder geändert hat. Dies wird auch in Zukunft so sein. Die letzte Eiszeit, die vor 8000 bis 10000 Jahren geendet hat, bildete zusätzlich zu der heute noch existierenden Eisdecke über Grönland zwei weitere: Eine bedeckte das nördliche Europa bis hinunter nach Norddeutschland, eine andere lag über Kanada, und beide waren bis zu 3 Kilometer dick.

Wir wissen ebenfalls, daß diese Eiszeit, genauso wie verschiedene andere während der letzten 2 Millionen Jahre, von Veränderungen in der Menge der Sonnenstrahlen, die die Erde erreichen, ausgelöst wurde. Das wiederum beruht auf der wechselnden Charakteristik der Erdbahn um die Sonne.

Es erscheint sehr plausibel, daß wir uns einer neuen Eiszeit nähern. Wir wissen aber nicht, ob die Gletscher in 5000 oder 10.000 Jahren wieder zu wachsen beginnen. In geologischer Hinsicht sind diese Veränderungen bereits sehr schnell; sie erscheinen aber langsam im Vergleich zur Entwicklung der menschlichen Kultur auf der Erde. Es ist deshalb von zentraler Bedeutung, sich darüber klar zu werden, daß die gesamte Entwicklung der modernen Gesellschaft von den primitiven Kulturen der Steinzeit vor 5000 Jahren bis in die heutige Phase in der gegenwärtigen Zwischeneiszeit geschehen ist.

Im natürlichen Klimazyklus würde es mindestens ebensolange dauern, bevor sich die nächste Eiszeit höchst wahrscheinlich in den nördlichen Breitengraden der Nordhemisphäre etablieren wird. Die Geschwindigkeit jedoch, mit der die Menschheit heutzutage die Zusammensetzung der Erdatmosphäre ändert, läßt befürchten, daß der Mensch damit eine weitaus schnellere Veränderung des Klimas erzeugt.

Abbildung 1:

Die weltweite durchschnittliche Oberflächentemperatur während der letzten 100 Jahre nach James Hansen und Mitarbeitern, Goddard Institute for Space Studies, New York, N.Y.

12

Seit dem letzten klimatischen Optimum vor ungefähr 6000 Jahren ist die durchschnittliche Erdtemperatur sehr langsam und unregelmäßig bis vor ein paar hundert Jahren gesunken. Im letzten Jahrhundert ist das Klima jedoch wieder wärmer geworden. Abbildung 1 zeigt, daß sich seit dieser Zeit die Durchschnittstemperatur um ungefähr 0,7 Grad Celsius erhöht hat. Darüber hinaus wird deutlich, daß irreguläre, ungewöhnliche Variationen von einem Jahr sowie in Zeiträumen von einem oder mehreren Jahrzehnten in der Klimaentwicklung stattgefunden haben.

Ebenso wichtig ist es darauf hinzuweisen, daß die vier wärmsten der letzten hundert Jahre in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts liegen. Ein Teil dieser aufsteigenden Temperaturtendenz kann von natürlichen Variationen verursacht sein, aber es ist einsichtig, daß ein signifikanter Anteil dieser Veränderungen von der Menschheit verursacht wird. Diese Vermutung basiert auf Messungen, wonach die Konzentration einer bestimmten Anzahl von Spurengasen in der Atmosphäre angestiegen ist, sowie auf der Tatsache, daß diese Spurengase die Strahlungsbilanz zwischen der Erde und dem Weltraum beeinflussen.

## 1. Die Strahlungsbilanz der Erde

Die Temperatur um die Erdoberfläche wird durch ein Gleichgewicht zwischen der einfachen Strahlung einerseits und der Ausstrahlung an Infrarot, der Wärmestrahlung zurück in den Weltraum, andererseits aufrechterhalten. Auf ihrem Weg durch die Atmosphäre wird jedoch ein Teil der zurückgestrahlten Infrarotstrahlung durch natürliche Atmosphärenbestandteile wie Wasserdampf, Kohlendioxyd, Methan, Distickstoffoxyd und Ozon absorbiert und sowohl nach oben wie nach unten erneut ausgestrahlt. Dadurch wird ein Teil der Energie in der Atmosphäre zurückgehalten und eine höhere Temperatur erzeugt, ohne daß die Erde mehr Energie verliert, als sie durch Sonnenstrahlung erhält.

Die Atmosphäre wirkt in einer ähnlichen Weise wie das Glas in einem Gewächshaus und dementsprechend wird dieser Effekt häufig auch als "Treibhauseffekt" der Atmosphäre bezeichnet. Ohne die natürlich vorkommenden Treibhausgase wäre das Klima auf der Erde ungefähr 35 Grad Celsius kälter, als es jetzt der Fall ist. Falls jedoch die Konzentration der klimawirksamen Gase ansteigt, nimmt die Durchschnittstemperatur weiter zu.

Abbildung 2: Die Kohlendioxydkonzentration der Atmosphäre während der Periode 1750 bis 1980. Dreiecke und Kreise zeigen Messungen aus Luftblasen im Gletschereis (H. Oeschger und Mitarbeiter, Universität Bern, Schweiz). Seit 1957 sind genaue Direktmessungen auf dem Mauna Loa in Hawaii durchgeführt worden, die ebenfalls angegeben sind (C.D. Keeling, Universität



## 2. Steigende Konzentration atmosphärischer Treibhausgase

Der Gehalt der Atmosphäre an Kohlendioxyd ist von ungefähr 280 ppm vor ca. 200 Jahren auf heute rund 350 ppm gestiegen (Abbildung 2). Dies liegt in erster Linie an dem ansteigenden Verbrauch fossiler Brennstoffe zur Energiebereitstellung, d.h. von Kohle, Öl und Gas. Es ist eine Tatsache, daß rund 85% der Energie, die von der Menschheit verbraucht wird, aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe stammt und daß rund 200 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in der Form von Kohlendioxyd seit Beginn der industriellen Revolution in die Atmosphäre freigesetzt worden sind. Gleichzeitig haben größere Veränderungen in der Landnutzung stattgefunden.

14

Die Landwirtschaft, die vor einigen Jahrhunderten nur rund 2% der Landoberfläche in Anspruch genommen hat, nutzt heute rund 10% der zur Verfügung stehenden Flächen. Bewaldete Gebiete und Grasland wurden und werden in Ackerboden umgewandelt, was zu einem erhöhten Abbau von organischem Material in den Böden und zur Verbrennung großer Mengen Holz geführt hat. Schätzungen beziffern die Nettomenge, die auf diesem Weg als Kohlendioxyd in die Atmosphäre freigesetzt worden ist, auf 100 bis 200 Milliarden Tonnen Kohlenstoff.

Nur zwischen 40 und 50% dieser CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in der Atmosphäre geblieben, denn die Ozeane sind fähig, Kohlendioxyd zu lösen. Sie bilden ein sehr großes Reservoir an Kohlendioxyd, dennoch ist ihre Kapazität zur Absorption von Kohlendioxyd begrenzt. Zwar erreicht die Meeresoberfläche relativ schnell, d.h. innerhalb weniger Jahre, ein Gleichgewicht mit höheren atmosphärischen Konzentrationen, aber die schrittweise Erneuerung des Oberflächenwassers durch einen Austausch mit tieferen Wasserschichten braucht einige hundert Jahre im Atlantik, und sogar rund 1000 Jahre im Pazifik. Nur ein begrenzter Teil der Weltozeane ist deshalb bisher als Speicher für das zusätzliche, in die Atmosphäre freigesetzte Kohlendioxyd verfügbar gewesen.

Während des letzten Jahrzehnts wurde darüber hinaus erkannt, daß die Konzentration anderer Treibhausgase in der Atmosphäre ebenfalls in Folge menschlicher Aktivitäten ansteigt:

- Methan, ist von ca. 0,7 ppm auf ca. 1,7 ppm angewachsen. Die Ursache liegt in der Freisetzung aus zunehmenden Flächen für den Naßreisanbau, der ansteigenden Zahl der Wiederkäuer und aus Leckagen, die bei der Ausbeutung natürlicher Gas- und Ölressourcen auftreten.
- Distickstoffoxyd ist um ca. 10% in der Atmosphäre angestiegen — verursacht

durch den hohen und weiter ansteigenden Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft und bei der Waldvernichtung.

15

- Zwar verringert sich das Ozon in der Stratosphäre aufgrund der Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW)-Emissionen, in den tieferen Schichten der Atmosphäre steigt aber der Ozongehalt vor allem in der nördlichen Hemisphäre an. Ursache sind die zunehmenden Stickoxyd-Emissionen aus Verbrennungsprozessen, insbesondere der Automotoren.
- Besonders wichtig ist schließlich die Tatsache, daß die FCKW selber sehr aktive Treibhausgase sind. Ihre Wirkung in der Atmosphäre ist ausschließlich eine Folge menschlicher Aktivitäten. Die gegenwärtige Emissionsrate, etwas weniger als eine Million Tonnen, steigert den Treibhauseffekt in einem Umfang, der ca. der Hälfte dessen entspricht, was die Gesamtemissionen an Kohlendioxyd durch die Verbrennung von ca. 5,6 Milliarden Tonnen Kohlenstoff ausmacht.

### 3. Vom Menschen verursachte Klimaveränderungen

Diese genannten Fakten sind belegt und nicht mehr kontrovers. Schwieriger jedoch ist die Vorhersage, wie sich diese fortlaufenden Veränderungen in der atmosphärischen Konzentration auf das Klima der Erde auswirken. Dazu wurden komplexe Computermodelle des Klimasystems entwickelt, um die wahrscheinlichen Veränderungen in der Gleichgewichtstemperatur der Erde abschätzen zu können. Dies gilt sowohl für die vergangenen Schwankungen als auch für die Resultate jener Emissionen, die nach verschiedenen Szenarien erwartet werden können. Die allgemeine Einschätzung ist die, daß eine Verdoppelung des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Atmosphäre gegenüber dem vorindustriellen Wert (ca. 280 ppm) auf 560 ppm eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche um 2 bis 5,5 Grad Celsius bedeuten würde mit einem wahrscheinlichen Wert von rund 4 Grad Celsius.

Die Unsicherheit dieser Vorhersage ist noch recht groß. Darüber hinaus ergeben sich weitere Komplikationen. Denn eine Veränderung des Klimas würde sich nicht gleichmäßig über die Erde verteilen. Es ist davon auszugehen, daß entsprechende Veränderungen in den polaren Breiten größer sein würden als in den Tropen und Subtropen, aber dennoch sind wir nicht in der Lage, mit sehr großer Sicherheit vorherzusagen, welche die wahrscheinlichste regionale Verteilung eines Klimawechsels sein könnte. Auch stellt sich das Klimasystem nur langsam auf ein neues Gleichgewicht ein, das durch eine veränderte Zusammensetzung der Atmosphäre hervorgerufen würde. Dies liegt an der großen thermischen Trägheit der Ozeane.

16

Abbildung 3: Berechnete Anstiege der Gleichgewichtstemperatur der Erde in Abhängigkeit von den

steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre bis 1988. Die Zeichnung zeigt ebenfalls die möglichen Veränderungen bis zum Jahre 2030 in Abhängigkeit von den weiterhin ansteigenden Treibhausgaskonzentrationen, wie sie im Text beschrieben werden. Die alternativen Veränderungen im rechten Teil des Diagramms beruhen auf der Annahme von weniger stark steigenden oder sogar sinkenden Emissionen.

Auf der Grundlage des gemessenen Anstiegs der atmosphärischen Treibhausgase können wir errechnen, wie sich die Gleichgewichtstemperatur der Erde bis heute geändert hat. Dies wird in Abbildung 3 gezeigt. Dabei muß noch einmal betont werden, daß die Unsicherheit in der Kurve bei rund 50% liegt. Wahrscheinlich liegt die Veränderung der Gleichgewichtstemperatur bis 1988 bei plus 1,4 Grad Celsius.

Diese Gesamtveränderung, verursacht durch die kombinierten Effekte aller Treibhausgase, ist gleichbedeutend mit einem Anstieg der atmosphärischen Kohlendioxyd-Konzentration auf ca. 380 ppm. Diese Abschätzung stimmt mit dem beobachteten Anstieg von 0,7 Grad Celsius überein, er entspricht den angenommenen Verzögerungen in Folge der Trägheit des Klimasystems insgesamt.

17

Trotzdem kann bisher noch nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob auch nur der größte Teil der beobachteten Veränderungen durch den Menschen hervorgerufen wurde. Vergleichbare Veränderungen haben nämlich auch in der Vergangenheit stattgefunden, als die Aktivitäten der Menschen nicht jene signifikante Größenordnung erreicht hatten, wie dies für das Industriezeitalter gilt. Falls sich jedoch die gegenwärtige Rate im Anstieg der mittleren Erdtemperatur und analog zu einer weiteren Zunahme der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre fortsetzt, werden wir vielleicht schon in wenigen Jahren nachweisen können, daß die Menschheit tatsächlich das Klima der Erde mit einer bemerkenswerten Geschwindigkeit verändert.

Abbildung 3 zeigt auch die relativen Beiträge der verschiedenen Treibhausgase zur Gesamtveränderung bis 1988. Dabei ist bemerkenswert, daß ca. 1/3 der Veränderung von anderen Gasen als Kohlendioxyd verursacht wird; aber auch, daß die gegenwärtigen Anstiegsraten besagen, daß die Freisetzung von CO<sub>2</sub> nur rund 50% zum Klimawechsel beitragen und die FCKW ca. 25%.

In Abbildung 3 sind auch die wahrscheinlichsten Veränderungen bis zum Jahre 2030 aufgezeigt, wenn keine vorbeugenden Maßnahmen ergriffen werden, um die schädlichen Emissionen zu reduzieren. Anderenfalls wird eine Veränderung der Gleichgewichtstemperatur von ca. 3,5 Grad Celsius erwartet. Deutlich wird in diesem Szenarium auch die rasch ansteigende Bedeutung der FCKW. Die Auswirkungen des Montrealer Protokolls von 1987, mit dem die FCKW-Emissionen begrenzt werden sollen, sind in dieser Abbildung nicht berücksichtigt.

18

## 4. Auswirkungen des Klimawechsels

Natürlich stellt sich die Frage, wie besorgniserregend eine Temperaturveränderung dieser Größenordnung ist? Zunächst ist daran zu erinnern, daß die Veränderungen nicht gleichmäßig über die gesamte Erde verteilt sein werden. Für die Land- und Forstwirtschaft in den polaren Regionen könnte ein wärmeres Klima durchaus vorteilhaft sein, eine ausreichende Wasserversorgung vorausgesetzt. Hier beginnen jedoch schon die Unsicherheiten: Über die wahrscheinlichen Veränderungen der Niederschläge läßt sich nur wenig voraussagen, außer, daß möglicherweise das Innere der Kontinente allgemein trockener wird. Die großen semiariden Gebiete in den subtropischen Breiten würden dagegen besonders empfindlich bei Veränderungen in der Niederschlagsverteilung reagieren.

Die generelle Bemerkung ist somit, daß wir nur allgemeine Grundzüge über mögliche zukünftige Klimaveränderungen voraussagen können und keine detaillierten Szenarien zur Verfügung stehen, die für präzise Abschätzungen der vielfältigen Konsequenzen genutzt werden könnten. Es ist darüber hinaus wenig wahrscheinlich, daß sich die Vorhersagekapazitäten sehr schnell verbessern lassen, da bisherige Modellberechnungen kaum zuverlässig sind, solange eine Überprüfung anhand gemessener Daten nicht möglich ist. Deswegen muß es notwendig sein, auch bei diesem gewissen Grad der Unsicherheit zu handeln.

Dabei muß jedoch immer wieder betont werden, daß bei den vorhergesagten Veränderungen die Erde in einer Größenordnung erwärmt würde, die über den Temperaturschwankungen mehrerer Jahrtausende der Vergangenheit liege. Dies hätte deutliche Verschiebungen der Klimazonen zur Folge und dies wiederum auf jeden Fall größere Veränderungen in der Landnutzung und bei der Verteilung von Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Derartige Veränderungen würden wahrscheinlich nicht schrittweise geschehen, vielmehr müßten wachsende extreme Klimaschwankungen erwartet werden, mit weit wärmeren und trockeneren Bedingungen insgesamt.

19

Aufgrund des heißen, trockenen Sommers im Jahre 1988 in vielen Teilen des Landes hat sich in den USA das Bewußtsein über die möglichen Folgen zukünftiger Klimaveränderungen merkbar geschärft. Konsequenzen würden sich mit Sicherheit für die Versorgung mit Nahrungsmitteln ergeben, wenn derartige Klimaverschiebungen signifikant häufiger in der Zukunft auftreten, möglicherweise sogar in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren.

Der mittlere Meeresspiegel der Weltozeane ist im 20. Jahrhundert um zirka 12 cm angestiegen. Dies kann durch ein wärmeres Klima verursacht sein. Die Eisdecke Grönlands hat sich wahrscheinlich verringert, aber bisher können noch keine direkten Messungen uns sagen, ob dies stimmt oder nicht. Weniger wahrscheinlich erscheint

dagegen, daß sich die Menge an Wasser, die im antarktischen Eismantel gebunden ist, vermindert hat. Abschmelzprozesse laufen hier infolge der niedrigen Temperaturen, die über das ganze Jahr herrschen, nur in einem sehr geringen Umfang ab. Das Massengleichgewicht der Eisdecke wird eher durch den Eisfluß vom Inneren des Kontinents zum Meer aufrechterhalten, und es ist nicht wahrscheinlich, daß es hier signifikante Veränderungen gegeben hat. Ganz im Gegenteil könnte sogar die mildere Luft, die über den Kontinent bläst, mehr Feuchtigkeit mit sich führen und deswegen zu erhöhtem Schneefall führen.

Die höhere Oberflächentemperatur der Erde, die wir im 20. Jahrhundert beobachten, hat ebenfalls die Oberflächenschicht der Ozeane erwärmt. Wir wissen, daß sich Wasser mit der Erwärmung ausdehnt. Vorhersagen über den möglichen zukünftigen Anstieg des mittleren Meeresspiegels sind relativ unsicher und schwanken zwischen 20 und 160 cm bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts bei einem Temperaturanstieg von plus 1,5 bis 5,5 °C in dieser Zeit. Für die möglichen Auswirkungen derartiger Veränderungen ist die Tatsache wichtig, daß heute viele Millionen Menschen in einer Höhe von weniger als 1 bis 2 m über dem Meeresspiegel leben. Sehr große Schwierigkeiten sind in Entwicklungsländern wie Bangladesch und Sudan zu erwarten. Auch liegt keine Erhebung der Malediven-Inseln mehr als 2 m über dem gegenwärtigen Meeresspiegel. Allein dort leben zirka 180.000 Menschen.

20

## 5. Politische Strategien

Es ist davon auszugehen, daß eine Klimaveränderung entsteht, unbekannt sind dagegen ihre Größenordnung und Entwicklungsgeschwindigkeit. Auch kann die Wissenschaft bisher noch nicht vorhersagen, welche Auswirkungen für die Länder der Welt zu erwarten sind, und bessere Möglichkeiten der Prognose werden nur langsam verfügbar sein. Falls sich jedoch die gegenwärtige Rate der Immissionssteigerungen fortsetzt, hat dies bei der Trägheit des Klimasystems die Folge, daß zukünftige Veränderungen mindestens doppelt so groß sein werden wie die zum jeweiligen Zeitpunkt bereits gemessene Veränderung. Die Länder der Welt sind zweifellos mit einem großen globalen Problem konfrontiert. Trotz aller noch vorhandenen Unsicherheiten darf diese Herausforderung nicht ignoriert werden. Notwendige Präventivmaßnahmen dürfen nicht länger hinausgezögert werden. In den nationalen Volkswirtschaften müssen Anpassungen zur Verhinderung eines Klimawechsels möglich werden.

Die Hauptfrage jedoch ist eine andere: Was ist die beste Strategie, die die Nationen insgesamt ergreifen könnten, um drastische Veränderungen des Klimas zu vermeiden und trotzdem die Kosten für Präventivmaßnahmen innerhalb vernünftiger Grenzen zu halten? Wie können mögliche Nord-Süd- oder Ost-West-Spannungen vermieden

werden?

Heute gibt es noch keine Antworten auf diese Fragen. Gründliche Analysen des Problems sind deshalb wichtig, nicht zuletzt um dabei zu definieren, was unter "optimaler Strategie", "tolerablen Veränderungen" und "Kosten innerhalb vernünftiger Grenzen" zu verstehen ist. Dies ist die zentrale Aufgabenstellung für die zwischenstaatliche Arbeitsgruppe über mögliche Klimagefahren, die kürzlich von den zwei UN-Umweltorganisationen "Meteorologische Weltorganisation" (WMO) und dem "Umweltprogramm der Vereinten Nationen" (UNEP) gegründet worden ist und von der UN-Generalversammlung aufgefordert wurde, "so schnell wie möglich" einen Bericht vorzulegen.

21

Von zentraler Bedeutung ist die Darlegung der verschiedenen Vorsorgemaßnahmen. Auf der Grundlage der Abbildung 3 kann ein möglicher Anstieg der Gleichgewichtstemperatur bis zum Jahre 2030 um zirka plus 3,5 °C mit folgenden Maßnahmen verringert werden:

- Die Einhaltung des Montrealer Protokolls von 1987 mit dem Ziel, die FCKW-Emissionen zu reduzieren, würden den berechneten Temperaturanstieg bis zum Jahre 2030 um zirka 0,5 °C verringern. Den Verbrauch dieser Gase vollständig zu verbieten, würde eine weitere Absenkung um 1 oder 2 Zehntel Grad mit sich bringen.
- Der Umfang des fossilen Energieeinsatzes, auf dem das Szenario in Abbildung 3 aufbaut, setzt einen jährlichen Verbrauchsanstieg um zirka 2,5% voraus, mit den daraus resultierenden Emissionen von rund 15 Milliarden Tonnen Kohlenstoff zusätzlich im Jahre 2030. Die atmosphärische Konzentration würde auf zirka 450 ppm ansteigen. Damit die Konzentration bis zum Jahre 2030 jedoch den Wert von 400 ppm nicht übersteigt, muß der jährliche Anstieg der Emissionen auf zirka 0,5% pro Jahr begrenzt werden. Die jährlichen Emissionen im Jahre 2030 würden dann rund 7 Milliarden Tonnen Kohlenstoff zusätzlich betragen. Der Anstieg der Gleichgewichtstemperatur der Erde würde auf diesem Weg um zirka 0,5 °C verringert.
- Um die atmosphärische Kohlendioxidkonzentration so zu beschränken, daß sie unter 400 ppm auch langfristig bleibt, müßten die gegenwärtigen CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 30 und 60% verringert werden. Derart drastische Maßnahmen hätten zweifellos einschneidende Konsequenzen, insbesondere vor dem Hintergrund, daß ein gewisser Anstieg im Verbrauch fossiler Rohstoffe in den Entwicklungsländern notwendig ist, die gegenwärtig nur wenig Energie verbrauchen. Dies erfordert vor allem eine drastische Reduzierung im Energieverbrauch der Industrieländer. Die Emissionen im Primärenergieverbrauch müssen um 80 bis 90% verringert werden.

22

- Entwaldung und verstärkte Landnutzung verursachen einen Nettofluß an Kohlenstoff in die Atmosphäre, der auf rund 1 bis 2 Milliarden Tonnen pro Jahr geschätzt wird. Es gibt viele wichtige Gründe, diese Rate deutlich zu senken. Eine Abschätzung zeigt, daß eine Verringerung um 50% eine durchschnittliche Reduzierung der Gleichgewichtstemperatur von zirka 0,2 °C im Jahre 2030 bedeuten würde. Große Aufforstungsprogramme werden benötigt, um die zukünftige Geschwindigkeit der Erderwärmung merkbar zu verringern.
- Wegen der relativ kurzen Verweildauer von Methan in der Atmosphäre (zirka 10 Jahre) müssen die Emissionen ungefähr proportional zum Gehalt in der Atmosphäre angestiegen sein, d.h. um einen Faktor von zirka 2,5 in den letzten hundert Jahren. Wir wissen zwar heute nicht, wie diese Emissionen begrenzt werden können, aber wenn es gelingen kann, den vorindustriellen Emissionswert wieder einzuführen, würde das eine Senkung des Treibhauseffektes um zirka 0,5 °C bedeuten.

Diese wenigen Beispiele für Vorsorgeziele zeigen, daß große Anstrengungen notwendig sind, um das Ausmaß der Klimaveränderungen zu begrenzen. Große Anstrengungen, um Energie effektiv zu nutzen, müssen eine wichtige Rolle in einem entsprechenden Handlungsplan einnehmen. Aber angesichts der Tatsache, daß fossile Brennstoffe heute 85% des gesamten Energieverbrauchs abdecken, muß eine langfristige Perspektive für eine Veränderung der Energieversorgungssysteme entwickelt werden.

Grundsätzlich haben wir zwei verschiedene Wege zur Auswahl:

Einer basiert auf erneuerbaren Energieformen, insbesondere der Solarenergie und Biomasse, und der andere setzt auf Kernenergie, einschließlich der Nutzung von Brutreaktoren und möglicherweise der Kernverschmelzung. Beide Energieformen tragen heute nur einen kleinen Bruchteil zum gegenwärtigen Verbrauch bei. Dabei spielt relativ gesehen die Verbrennung von Biomasse die wichtigste Rolle, sie trägt zirka 10% zur gesamten Weltenergieversorgung bei. Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand ist noch nicht abzuschätzen, welche Strategie die vorteilhafteste für ein Energiesystem wäre, das auch noch nach Ende des nächsten Jahrhunderts Bestand hätte.

Bis heute sind vor allem und wesentlich mehr Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in den Bereich der Kernenergie gesteckt worden. Trotzdem bleiben große Probleme offen, z.B. in Bezug auf die Brutreaktoren. Es gibt keine allgemeine Übereinkunft darüber, wie eine adäquate Sicherheit der Kernenergie garantiert werden kann, nicht zuletzt ist die Handhabung des Atommülls ungelöst, der jedoch kontinuierlich produziert wird.

Die Anstrengungen zur Sonnenenergienutzung steigen gegenwärtig an. Sie haben das Ziel, ein Energieversorgungssystem zu entwickeln, das aus dem Gebrauch von Wasserstoff (oder bestimmter Kohlenwasserstoffe) als Energieträger basiert. In vielen Teilen der Welt könnte Biomasse eine bedeutende Energiequelle sein.

Es gibt also noch keine eindeutigen Lösungen, um mit den Problemen fertig zu werden, denen wir entgegengehen. Wir sollten uns nicht vormachen, daß der eine oder andere Ansatz die Lösung bringen wird. Die Probleme werden von den entwickelten Staaten und den Entwicklungsländern sehr unterschiedlich und aus verschiedenen Interessen betrachtet, also auch von "Gewinnern" und "Verlierern" wahrgenommen. Dabei sind angesichts der Globalität der Probleme solche Unterscheidungen höchstwahrscheinlich nicht sehr bedeutungsvoll.

Sicherlich müssen sorgfältige Analysen für mögliche politische Maßnahmen gemacht werden, aber das vielleicht wichtigste ist die Entwicklung einer gemeinsamen Einsicht, daß langfristig nur internationale Übereinkünfte weiterhelfen, die auf dem Grundsatz der weltweiten Solidarität aufbauen.

23-24

#