

**promet** Jahrgang 30  
Heft 4

meteorologische fortbildung

Deutscher Wetterdienst



Numerische Klimamodelle –  
Was können sie, wo müssen sie  
verbessert werden?

Teil III: Modellierung der Klimaänderungen  
durch den Menschen, 2. Teilheft



# 32 H. GRAßL Reaktion der Weltöffentlichkeit auf Klimamodell- ergebnisse

## Bedeutung anthropogener Klimaänderungen

Klima schwankt auf allen Zeitskalen von Jahreszeiten bis zu Milliarden von Jahren. Es ist daher sehr häufig das Argument vorgebracht worden, dass angesichts der massiven Klimaänderungen, z. B. zwischen Eiszeit und Zwischeneiszeit, der Einfluss des Menschen zweitrangig sein müsste. Dabei werden allerdings die Zeitskalen vermengt. So braucht der vergleichsweise rapide Zerfall großer Inlandeismassen in der Größenordnung 10.000 Jahre und die anthropogenen Klimaänderungen wie sie in diesem Heft beschrieben worden sind, werden in ein Jahrhundert gepackt und sie erreichen ohne spezielle Klimaschutz-Maßnahmen die gleiche Größenordnung. Sie laufen also viel rascher als die natürlichen Veränderungen ab und sind deshalb besonders bedrohend. Häufig wird auch argumentiert, dass es rapide natürliche Klimaumschwünge gegeben habe, z. B. den Stopp der thermohalinen Zirkulation im nördlichen Nordatlantik vor etwa 12.000 Jahren und die Austrocknung der Sahara vor etwa 5.500 Jahren (siehe Beitrag von Claußen, Kapitel 18 in Heft 2). In diesen Fällen kam es zu massiven *regionalen* Klimaänderungen, jedoch nicht zu starken globalen.

Auch Vulkanausbrüche (siehe Beitrag von Graf, Kapitel 7 in Heft 1) haben das Potenzial zu globalen Klimaänderungen. Diese Ereignisse dauern jedoch nur wenige Jahre und erreichen selten Werte von 0,5 °C mittlerer globaler Abkühlung an der Erdoberfläche. Die angelaufenen und sich bei Nichtstun noch beschleunigenden Klimaänderungen durch den Menschen sind also ein zentrales Umweltproblem des 21. Jahrhunderts, und es gibt auch keine Analogien dafür aus der Klimageschichte. Erstens, weil noch nie seit vielen Hunderttausend Jahren der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre bei Anwesenheit von Inlandeis so hoch war wie heute und zweitens, weil die Konstellation der Erdbahnparameter in den vergangenen drei Zwischeneiszeiten eindeutig anders war. Wir nähern uns langsam in den kommenden zigtausend Jahren einer Kreisbahn um die Sonne, dem Minimum der Erdachsenneigung zur Bahnebene um die Sonne (etwa 22°), und die nördliche Erdhälfte wird noch einige tausend Jahre geringer bestrahlt als die südliche, weil wir derzeit am 4. Januar der Sonne am nächsten sind.

## Modelle als Werkzeuge für Entscheidungen

Zukünftiges Klima kann daher nur mit gekoppelten Atmosphäre/Ozean/Land-Modellen abgeschätzt werden, die mit Daten der Klimageschichte getestet wor-

den sind. Zuverlässige Testdaten für die Modelle gibt es allerdings nur etwa seit 150 Jahren. Weiter zurückgehende indirekte Daten haben, je weiter man zurückblickt, umso größere Fehlerbalken und konnten erst jüngst zeitlich so eingeordnet werden, dass sie als Testdaten prinzipiell geeignet sind. Gleichzeitig können dafür wegen der Jahrtausende umfassenden Simulationszeit nur vergrößerte Modelle verwendet werden; sie heißen im Fachjargon Modelle mittlerer Komplexität. Die für die Extrapolation ins 21. Jahrhundert verwendeten Modelle sind daher mit raschen (regionalen) Klimaänderungen aus der Klimageschichte noch nicht getestet, sie haben aber die Änderungen im 20. Jahrhundert nachvollzogen, können heutiges Klima gut nachbilden und sind auch schon fähig, die kleine Eiszeit nachzuvollziehen (siehe Beitrag von Cubasch, Kapitel 6 in Heft 1). Außerdem konnten sie schon vor etwa 10 Jahren die veränderte atmosphärische Zirkulation nach Vulkanausbrüchen (siehe Beitrag von Graf, Kapitel 7 in Heft 1) sowie die Folgen der Ölbrände in Kuwait 1991 realistisch einschätzen (BAKAN et al. 1991a, b). Sie sind also ein brauchbares Werkzeug, um politik-relevante Information zu liefern, sofern man sie nicht überinterpretiert, d. h. keine regionalen Aussagen auf zu kleiner Skala extrahiert.

## Wie hat die Öffentlichkeit reagiert?

Als einige weltweit geachtete Wissenschaftler 1985 nach einer Konferenz in Villach, Österreich, sich an die Öffentlichkeit wandten und davon sprachen, dass durch wahrscheinlich bevorstehende Klimaänderungen durch den Menschen all unsere Infrastruktur gefährdet sei, beruhte diese Warnung auf so genannten Gleichgewichtsmodellen. Diese waren dreidimensionale allgemeine Zirkulationsmodelle der Atmosphäre mit einer angekoppelten, aber nicht strömenden Deckschicht des Ozeans. Sie reagierten bei fest vorgegebener Konzentrationserhöhung des Kohlendioxids mit einer mittleren Temperaturerhöhung an der Oberfläche und in der unteren Atmosphäre sowie einer Abkühlung in der Stratosphäre.

Die Warnung aktivierte zwei Institutionen der Vereinten Nationen, nämlich die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) in Genf und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) in Nairobi. Beide beriefen den Zwischenstaatlichen Ausschuss über Klimaänderungen (IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) im November 1988 zum ersten Mal nach Genf ein, der beauftragt wurde, bis zur zweiten Weltklimakonferenz im Herbst 1990 einen bewertenden

Bericht zum Thema Klimaänderungen durch den Menschen zu liefern. Das Ministertreffen bei dieser Konferenz beauftragte wiederum die Regierungen bis zum Erdgipfel in Rio de Janeiro im Juni 1992 eine unterschriftsreife Rahmenkonvention zu Klimaänderungen vorzulegen. Was hatte die Minister dazu bewegt? Drei Befunde, nämlich erstens die Beobachtung einer anthropogenen Erhöhung der Konzentration der langlebigen Treibhausgase in der Atmosphäre (CO<sub>2</sub> nahm in den 80er Jahren mit 0,5 % pro Jahr zu, Methan mit 1 % und Lachgas mit 0,25 %), zweitens die hohe Korrelation zwischen mittlerer Temperatur an der Erdoberfläche und den Treibhausgasen CO<sub>2</sub> und Methan seit etwa 160 000 Jahren sowie drittens die mit Klimamodellen berechnete Erhöhung der Temperatur um 1,5 °C bis 4,5 °C bei einer Verdopplung der CO<sub>2</sub>-Konzentration. Im Jahre 1992 wurde dann auch die Klima-Rahmenkonvention in Rio de Janeiro von 154 Ländern gezeichnet. Sie trat 1994 im März in Kraft. Bereits bei der ersten Vertragsstaatenkonferenz März/April 1995 in Berlin wurde ein völkerrechtlich verbindliches Protokoll zu Emissionsreduktionen gefordert, weil die vage formulierte Verpflichtung, im Jahre 2000 nicht mehr CO<sub>2</sub> als 1990 zu emittieren, als nicht zielführend erkannt worden war.

Mit dem zweiten bewertenden Bericht des IPCC kam im Dezember 1995 ein weiteres, den Laien eher überzeugendes Element hinzu: *The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate*. Also war das anthropogene Signal in den Messungen der oberflächennahen Lufttemperatur entdeckt und zwar auf der Basis eines Vergleiches mit den gekoppelten Atmosphäre/Ozean/Land-Modellen, die zeigen konnten, dass im späten 20. Jahrhundert der Einfluss des Menschen auf die Temperaturmuster an der Oberfläche und in der Atmosphäre aus den natürlichen Schwankungen statistisch signifikant herauswuchs. Klaus Hasselmann, der Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, war im März 1995 der erste, der dies bei einer Pressekonferenz mit dem Forschungsminister öffentlich machte.

Diese wissenschaftliche Erkenntnis wurde von der Weltöffentlichkeit im Dezember 1997 mit dem Kioto-Protokoll zur Klimarahmenkonvention beantwortet. In ihm verpflichteten sich die Industrieländer zu Reduktionen von Treibhausgasemissionen in einem ersten Schritt bis 2012 um im Mittel etwa 5 %. Obwohl der dritte bewertende Bericht des IPCC im Jahre 2001 sogar eine Zuordnung von Einflussfaktoren auf Klimaänderungen vornehmen konnte, ist das Kioto-Protokoll noch immer nicht völkerrechtlich verbindlich, weil die USA durch Präsident Bush ausgestiegen sind und Russland noch pokert, so dass trotz Ratifizierung durch über 100 Länder erst 44 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahre 1990 statt der geforderten 55 % erreicht worden sind. Dennoch hat die Europäische Union ihre Politik auf das Kioto-Protokoll eingestellt und ab Januar 2005 führt sie nach Beschluss des Euro-

päischen Parlaments für etwa 10.000 Hauptemittenten Emissionshandel ein, um der Industrie in Richtung emissionsarme Techniken Anreize zu geben und sie so noch wettbewerbsfähiger zu machen.

In Deutschland hat jüngst der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung ‚Globale Umweltveränderungen‘ (WBGU) in seinem Hauptgutachten ‚Energiewende zur Nachhaltigkeit‘ (WBGU 2003) gezeigt, dass die ‚Quadratur des Kreises‘, nämlich gleichzeitig Klimaänderungen zu dämpfen und jedem Menschen den Zugang zu ausreichend Energie für eine nachhaltige Entwicklung zu geben, machbar und finanzierbar ist. Es ist langfristig billiger, die Energieversorgung wesentlich mit erneuerbaren Energieträgern aufzubauen, als weiterhin bei Einsatz von Erdöl und Kohle die großen Umweltprobleme mitbekämpfen zu müssen. Entscheidende Voraussetzung für diesen Umbau der Energieversorgung ist die Internalisierung externer Kosten oder die Annäherung an das Verursacherprinzip.

#### Literatur:

- BAKAN, S., A. CHLOND, U. CUBASCH, J. FEICHTER, H. F. GRAF, H. GRAßL, K. HASSELMANN, I. KIRCHNER, M. LATIF, E. ROECKNER, U. SCHLESE, D. SCHRIEVER, I. SCHULT, U. SCHUMANN, F. SIELMANN, W. WELKE, 1991a: Auswirkungen von Ölbränden in Kuwait auf das Globalklima - ein Bericht über die Hamburger Experimente. Meteorologisches Institut der Universität und Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, 54 S., 142 S.
- BAKAN, S., A. CHLOND, U. CUBASCH, J. FEICHTER, H. F. GRAF, H. GRAßL, K. HASSELMANN, I. KIRCHNER, M. LATIF, E. ROECKNER, U. SCHLESE, D. SCHRIEVER, I. SCHULT, U. SCHUMANN, F. SIELMANN, W. WELKE, 1991b: Climate response to smoke from the burning oil wells in Kuwait. *Nature* **351**, 367-371.
- IPCC, 2001: Climate Change: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report (TAR), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 881 S.
- WBGU, 2003: Welt im Wandel - Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg, ISBN 2-540-40160-1. Alle Gutachten können unter [www.wbgu.de](http://www.wbgu.de) im Internet gefunden und ausgedruckt werden.