

Stellungnahme zu Klimaänderungen

Herausgegeben am 26. März 2001

C.-D. Schönwiese unter Mitwirkung von M. Claussen, U. Cubasch, H. Fischer, H. Graßl, S. Rahmstorf u.a. (DMG-Vorstand: W. Wehry, U. Gärtner, J. Sündermann)

In Übereinstimmung mit den Verlautbarungen internationaler Gremien und auf der Grundlage der in Deutschland erarbeiteten umfangreichen Ergebnisse der Klimaforschung weist die Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG) darauf hin, daß die beobachteten weltweiten Klimaänderungen andauern. Vielfach haben sie sich in den letzten beiden Jahrzehnten sogar verstärkt. Dabei war im globalen Mittel 1998 nicht nur das wärmste Jahr seit dem Beginn der systematischen weltweiten Messungen (1856), sondern aufgrund indirekter Rekonstruktionen nordhemisphärisch sogar mindestens der letzten 1000 Jahre. Im 20. Jahrhundert ist der Temperaturanstieg in Deutschland mit 0,9 °C gegenüber global gemittelt etwa 0,6 °C überdurchschnittlich groß und das Jahr 2000 das wärmste seit 1761 gewesen. Beim Niederschlag sind innerhalb Europas eine Zunahme in Skandinavien und eine Abnahme im Mittelmeergebiet am signifikantesten. In Deutschland steht einem deutlichen Anstieg der Winterniederschläge eine leichte Abnahme der Sommer-niederschläge gegenüber. Im einzelnen sind die Klimaänderungen aber sehr vielfältig, weil sich nicht nur Langfristrends, Fluktuationen und relativ kurzfristige Anomalien sowie Extremereignisse überlagern, sondern auch ausgeprägte regional-jahreszeitliche Besonderheiten auftreten.

Um diese Strukturen der Klimaänderungen auch in Zukunft adäquat verfolgen und im Kontext mit der Klimageschichte sinnvoll interpretieren zu können, hält es die DMG für dringend notwendig, die Informationsbasis kontinuierlich zu verbessern, zum einen durch die Fortführung und möglichst noch den Ausbau derzeitiger Beobachtungssysteme, zum anderen durch die möglichst vollständige und genaue Erfassung der Klimadaten der Vergangenheit sowie verstärkte Anstrengungen bei der Analyse dieser Daten. Einsparungen bei der im Vergleich zu vielen Projekten der Hochtechnologie kostengünstigen Erhebung von Klimadaten, insbesondere was die Fortführung und Auswertung langjähriger Beobachtungsreihen betrifft, sind daher nicht nur wissenschaftlich schädlich, sondern setzen auch falsche Akzente.

Auch wenn die Ursachen der beobachteten Klimaänderungen kompliziert sind und die Rolle der natürlichen Klimaänderungen noch keinesfalls ausreichend geklärt ist, geht die globale Erwärmung der letzten 100 - 150 Jahre mit hoher Wahrscheinlichkeit auf menschliche Aktivitäten zurück, insbesondere auf den ständig gestiegenen Ausstoß von Kohlendioxid (CO₂) und anderen klimawirksamen Spurengasen in Zusammenhang mit der Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas, einschließlich Verkehr) und Waldrodungen. Falls die Emission dieser Gase weiterhin ähnlich stark ansteigt wie bisher, wird für die kommenden 100 Jahre im globalen Mittel ein Temperaturanstieg von 1,4 - 5,8 °C befürchtet. Die große Bandbreite dieser Abschätzungen erklärt sich überwiegend aus den Unsicherheiten der Zukunftsszenarien menschlicher Aktivitäten, aber auch den noch immer bestehenden Schwächen der Klimamodellierung. Daher müssen unter anderem die Effekte von Wolken und atmosphärischen Partikeln in der Atmosphäre, das ozeanische Strömungssystem sowie die Rolle der Ökosysteme im Klimageschehen noch wesentlich besser verstanden werden. Weiterhin muß es gelingen, zu verlässlicheren Aussagen hoher regionaler Auflösung zu kommen und das zeitliche Schwankungsverhalten, einschließlich dem Auftreten von Extremereignissen, realistischer wiederzugeben.

Es gibt somit noch viele offene Fragen der Klimadiagnostik, Klimamodellierung und nicht zuletzt der ökologisch-sozioökonomischen Auswirkungen von Klimaänderungen. Dies erfordert verstärkte Anstrengungen in der gesamten Bandbreite der Klimaforschung, wobei bei aller Notwendigkeit anwendungsbezogener Forschung die Grundlagenforschung nicht vernachlässigt werden darf. Andererseits reichen die derzeitigen Kenntnisse zweifellos aus, um international abgestimmte, effektive und baldige Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen. Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit sind dazu aufgefordert, sich mit allem Nachdruck dafür einzusetzen. Dies betrifft auch und insbesondere die Konkretisierung der UN-Klimarahmenkonvention (Rio de Janeiro, 1992) und die Umsetzung des Kyoto-Protokolls (3. Vertragsstaatenkonferenz, 1997). Der Mißerfolg von Den Haag (Nov. 2000) muß überwunden werden, wenn diese 6. Vertragsstaatenkonferenz im Juli 2001 in Bonn fortgesetzt wird.

Die Deutsche Meteorologische Gesellschaft e.V. (DMG) sieht in der Sachinformation der Öffentlichkeit zu grundlegenden Fragen und aktuellen Problemen der Wissenschaft der Atmosphäre eine ihrer vordringlichen Aufgaben. Dies betrifft auch die Problematik der Klimaänderungen, die in der Öffentlichkeit zunehmend kontrovers und nicht immer sachkundig diskutiert wird. In Übereinstimmung mit wissenschaftlichen Gremien, insbesondere den zentralen Aussagen des UN Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), an denen einige ihrer Mitglieder mitgewirkt haben, und auf der Grundlage der umfangreichen Ergebnisse der in Deutschland betriebenen Klimaforschung nimmt sie hier erneut Stellung und leistet so einen Beitrag zur Klärung dieser Problematik.

Zunächst zu den Beobachtungen und somit Fakten: Auch im Jahr 2000 lag der globale Mittelwert der bodennahen Lufttemperatur mit einer Abweichung von +0,3 °C gegenüber dem Mittelwert 1961-1990 ähnlich hoch wie 1999. Er erreichte aber nicht den bisherigen Rekordwert des Jahres 1998 (+0,5 °C), das offenbar nicht nur das wärmste Jahr seit 1856, dem Beginn der systematischen weltweiten Messungen, sondern aufgrund vieler indirekter Indizien nordhemisphärisch mindestens der letzten 1000 Jahre gewesen ist. Dabei haben sich im Jahr 1998 der Langfristtrend globaler Erwärmung, der im 20. Jahrhundert 0,6 +/- 0,2 °C betragen hat, und das starke El Niño - Ereignis 1997/98 überlagert. Im Rahmen dieses Langfristtrends ordnet sich das Jahr 2000 in die zehn wärmsten Jahre (seit 1856) ein, die alle ab 1983 aufgetreten sind.

Je nach Region und Jahreszeit sind die Temperaturtrends jedoch sehr unterschiedlich. Die Erwärmung der letzten 100 Jahre war in den kontinentalen Bereichen der mittleren und hohen geographischen Breiten der Nordhalbkugel der Erde am stärksten, und dies vor allem im Winter. Kleinere Regionen haben sich dagegen abgekühlt, beispielsweise ein kleiner Teil des Nordatlantiks bei Grönland sowie ebenfalls kleinere Teilbereiche der südhemisphärischen Ozeane und der Antarktis. In Deutschland hat sich die bodennahe Lufttemperatur in den letzten 100 sogar stärker erhöht als im globalen Mittel, nämlich um 0,9 °C, wobei in diesem Fall das Jahr 2000 das bisher wärmste gewesen ist: 9,9 °C, das heißt 1,6 °C über dem Mittelwert 1961-1990. In den letzten 30 Jahren sind dabei vor allem die Winter wärmer geworden, und zwar im Mittel um mehr als 1,5 °C; aber auch im Frühling und Sommer ist diese Erwärmung mit rund einem halben Grad recht deutlich.

Der Niederschlag hat im weltweiten Mittel ebenfalls zugenommen, jedoch zeigen sich bei diesem Klimatelement noch viel ausgeprägtere jahreszeitliche und regionale Besonderheiten als bei der Temperatur. Mit Blick auf Europa sind vor allem ein drastischer Niederschlagsrückgang im östlichen Mittelmeerraum, in den letzten 30 Jahren um bis zu ca. 50%, und eine Zunahme in Südkandinavien hochsignifikant. In Deutschland findet man die stärksten Effekte wiederum im Winter, wo eine kräftige Zunahme um etwa ein Viertel zu verzeichnen ist, im Sommer dagegen eine leichte Abnahme. Diese winterliche Niederschlagszunahme, die besonders im Westen und Süden Deutschlands ausgeprägt ist, trägt sicherlich zum häufigeren Hochwasser bei. Dabei ist besonders bedeutend, daß dies - und nicht nur in Deutschland - häufig mit einer Zunahme extremer Niederschlagsereignisse verbunden ist. Die milder und niederschlagsreicher werdenden Winter Mitteleuropas stehen sicherlich in Zusammenhang mit einer sehr markanten Umstellung der atmosphärischen Zirkulation. Dies äußert sich in einer größeren Häufigkeit und Andauer von Wetterlagen mit vorherrschend westlicher Luftströmung.

Weltweit ist die Versicherungswirtschaft über die Zunahme der volkswirtschaftlichen Schäden durch Naturkatastrophen, wie unter anderem Stürme und Überschwemmungen, beunruhigt. Nach Erhebungen der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft sind diese Schäden im Jahrzehnt 1990-1999 gegenüber 1960-1969 inflationsbereinigt um den Faktor 8,6 auf rund 1200 Mrd. DM angestiegen, wobei aber sicherlich auch Effekte wie zunehmende Besiedlung und Bebauung gefährdeter Gebiete zur Schadensexpllosion wesentlich beigetragen haben. Zudem ist es fraglich, ob die Sturmhäufigkeit langfristig wirklich zugenommen hat; denn tropisch wie außertropisch scheinen bisher eher Fluktuationen überwogen zu haben, so daß systematische und signifikante Trends im 20. Jahrhundert kaum erkennbar sind. Dies zeigt, daß gerade die Problematik der Extremereignisse, hinsichtlich der zeitlichen und regional-jahreszeitlichen Struktur ihres Auftretens, neben der Erfassung von Trends und Fluktuationen noch besonderer Forschungsanstrengungen bedarf. Dies gilt im übrigen nicht nur für Stürme, Orkane und Tornados, sondern auch für Hitzewellen, extreme Kälte, Starkniederschläge, Hagel, Dürren usw.

Trotzdem kann es über die Klimaänderungen des vergangenen Jahrhunderts als Beobachtungstatsache keinen Zweifel geben. Wahrscheinlich handelt es sich dabei in der globalen und quantitativen Ausprägung um einen nicht nur für die letzten 1000, sondern vielleicht sogar 10 000 Jahre (nach Ende der letzten Eiszeit) einmaligen Vorgang, auch weil die vor ca. 1000 Jahren aufgetretene relativ warme Klimaepoche ("Mittelalterliches Klimaoptimum"), der in mehreren Wellen bis zum Ende des letzten Jahrhunderts die "Kleine Eiszeit" folgte, eher ein regionales Phänomen gewesen zu sein scheint. Bei der Bewertung der derzeitigen Klimaänderungen ist im übrigen zu berücksichtigen, daß die global und jeweils über einige Jahrzehnte gemittelte bodennahe Lufttemperatur in den letzten 10 000 Jahren eine Schwankungsbreite von ca. $\pm 1^\circ\text{C}$ nie überschritten hat. Der davor eingetretene Eiszeit-Warmzeit-Übergang läßt sich durch einen entsprechenden Temperaturunterschied von ca. $4 - 6^\circ\text{C}$ kennzeichnen, der im übrigen von abrupten Klimaänderungen überlagert war, während das Klima der Nacheiszeit, d.h. der letzten rund 10 000 Jahre, bisher offenbar bemerkenswert stabil gewesen ist.

Ursachen der beobachteten Klimaänderungen können Natur und Mensch sein. In der zeitlichen Größenordnung von Jahren bis Jahrhunderten sind dabei, als natürliche Mechanismen, der explosive Vulkanismus, Änderungen der solaren

Strahlungsflußdichte (u.a. durch Sonnenaktivität) sowie interne Wechselwirkungen im Klimasystem zu beachten, insbesondere zwischen Atmosphäre und Ozean, die beispielsweise zu Phänomenen wie El-Niño-Ereignissen und der Nordatlantischen Oszillation führen. Dagegen beruht der atmosphärische Konzentrationsanstieg des Kohlendioxids (CO₂) von rund 280 ppmv (= 0,028 Volumenprozent) um das Jahr 1800 auf ca. 370 ppmv im Jahr 2000, dem höchsten Wert mindestens der letzten 400 000 Jahre, wahrscheinlich sogar 20 Jahrmillionen, auf anthropogenen Emissionen. Sie betragen derzeit jährlich rund 30 Mrd. Tonnen. Davon gehen 75-80% auf die Nutzung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas, einschließlich Verkehr) zurück, ca. 15% auf Waldrodungen und ca. 5% auf die Brennholznutzung in den Entwicklungsländern.

Daß ein solches Experiment des Menschen mit der Atmosphäre das Klima ändern muß, ist ebenfalls eine Tatsache (vgl. dazu "Stellungnahme der DMG zu dem Grundlagen des Treibhauseffektes", Juni 1999). Die dadurch bewirkte energetische Störung der Troposphäre (unteres atmosphärisches Stockwerk bis ca. 10 Kilometer Höhe) in Form des sog. Strahlungsantriebes durch alle sich akkumulierenden langlebigen Treibhausgase wie CO₂, CH₄ (Methan), N₂O (Lachgas) usw. beträgt seit 1750 ungefähr 2,5 Watt pro Quadratmeter (Wm⁻²). Dagegen bringt es beispielsweise die Änderung des solaren Strahlungsflusses (durch Sonnenaktivität u.a.) fluktuativ nur auf etwa 0,3 Wm⁻². Allerdings sind dies nur die direkten Antriebe, die von den Rückkopplungen im Klimasystem modifiziert werden. Auch wenn es noch immer größere Probleme und somit Unsicherheiten bei der Berücksichtigung der Wolken- und Aerosoleffekte gibt, einschließlich der Frage, in welcher Richtung die verschiedenen Aerosoltypen das Klima beeinflussen, wird dies doch weitgehend in sehr aufwendigen Klimamodellrechnungen berücksichtigt.

Diese Modelle kommen derzeit zu dem Ergebnis, daß der Mensch über den anthropogenen Zusatz-Treibhauseffekt die global gemittelte bodennahe Lufttemperatur seit ca. 1860 bereits um rund 1 °C erhöht hat, abzüglich dem im globalen Mittel kühlenden Effekt durch die ebenfalls anthropogenen zusätzlichen Sulfataerosole (Sulfatpartikel, die aus der Schwefeldioxid (SO₂) - Emission in die Atmosphäre stammen) sind es etwa 0,6 °C, in guter Übereinstimmung mit dem beobachteten Trend. Ähnliches ergibt sich auch aus der rein empirisch-statistischen Analyse der Beobachtungsdaten. Somit stellen alle vorliegenden Studien zum Problem der globalen Klimaänderungen, die verschiedene - anthropogene wie natürliche - Ursachen berücksichtigen, fest, daß der Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte sehr wahrscheinlich von menschlichen Einflüssen dominiert ist.

Wenn nun die Emission von Treibhausgasen weiterhin so stark ansteigt wie in den letzten Jahrzehnten, könnte sich aufgrund entsprechender Modellprojektionen die global gemittelte bodennahe Lufttemperatur in den nächsten 100 Jahren um weitere 1,4 - 5,8 °C erhöhen. Der gegenüber früheren IPCC-Abschätzungen wesentlich höhere obere Wert dieser Unsicherheitsspanne (5,8 °C gegenüber früher 3,5 °C) ergibt sich im wesentlichen aus von Ökonomen entwickelten Szenarien anthropogener SO₂-Emissionen, die erheblich unter früheren Annahmen liegen. Außerdem, wenn auch in geringerem Maß, kommt hinzu, daß in zwei kürzlich durchgeführten Klimamodellrechnungen auch die Reaktion der Biosphäre einbezogen worden ist, wobei eine verstärkte Ausgasung von CO₂ aus den Böden auftritt. Sollten diese noch nicht genügend genau verstandenen Effekte überschätzt sein und beispielsweise der dämpfenden Wirkung der Bewölkung (ausgenommen Eiswolken, die wahrscheinlich

verstärkend wirken) größeres Gewicht zukommen, fällt die Erwärmung wesentlich geringer aus.

Zu Überraschungen kann weiterhin das Verhalten der Meeresströmungen beitragen. Ihre Abschwächung, wie sie in einigen Modellrechnungen simuliert wird, kann u.a. den Wärmetransport in die höheren Breiten der Nordhemisphäre verringern, was beispielsweise in Europa die Erwärmung geringer ausfallen läßt. Sehr langfristig, nämlich für die Zeit nach 2100, besteht im Extremfall sogar das Risiko eines Abreißen des Nordatlantikstroms, der ein Ausläufer des Golfstroms ist. Dies könnte in dieser Region, einschließlich Nordwesteuropas, den Erwärmungstrend abrupt beenden und - ausgehend von dem bis dahin erreichten Niveau der Erwärmung - eine relative Abkühlung nach sich ziehen. Die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Vorgang läßt sich allerdings noch nicht definitiv abschätzen. In der Klimaforschung gibt es somit noch viele offene Fragen.

Andererseits gibt es aber auch deutliche Parallelen zwischen Modellsimulationen und beobachteten Trends, vor allem bei der Temperatur, aber auch beim Meeresspiegelanstieg und - mit Einschränkungen - beim Niederschlag. Der reiche Schatz an Erkenntnissen über beobachtete und modellierte Klimaänderungen, der zur Zeit für den dritten Statusbericht der wissenschaftlichen Arbeitsgruppe des IPCC zusammengetragen wird (Veröffentlichung des umfassenden Berichts voraussichtlich im Mai 2001), liefert aber trotz der genannten Unsicherheiten und offenen Fragen eine tragfähige Grundlage für Klimaschutzmaßnahmen. Die UN-Klimarahmenkonvention (Rio de Janeiro, 1992) kann damit konkretisiert, das Kyoto-Protokoll (3. Vertragsstaatenkonferenz, 1997) umgesetzt werden. Dabei ist die darin angestrebte Emissionsminderung einer Gruppe von Treibhausgasen um 5,2% bis 2008/2012 gegenüber 1990 (präzisiert in einem Länderschlüssel, der die unterschiedlichen Beiträge der einzelnen Industrieländer festlegt; Deutschland verspricht im Rahmen der EU derzeit 21%) nur der Einstieg. Zur Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, das zentrale Ziel der UN-Klimarahmenkonvention, ist allein beim CO₂ mindestens eine Halbierung der anthropogenen Emissionen notwendig. Soll die Stabilisierung der Konzentration auf einem Niveau unterhalb der Verdoppelung des vorindustriellen CO₂-Gehalts erreicht werden, muß die genannte Reduktion der CO₂-Emission bis spätestens zur Mitte dieses Jahrhunderts erfolgt sein.

Aufgrund der bereits beobachteten Klimaänderungen, ihrer ursächlichen Interpretation und der in Zukunft zu erwartenden Entwicklung unterstützt die Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG) diese Zielsetzung nachdrücklich. Die derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisse der Klimaforschung reichen zweifellos aus, um international abgestimmte, effektive und baldige Klimaschutzmaßnahmen zu ergreifen. Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit sind dazu aufgefordert, sich entschieden und ohne Vorbehalte dafür einzusetzen. Gleichzeitig müssen die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die die Grundlage solcher Maßnahmen bilden, durch weitere intensive Klimaforschung erweitert und verbessert werden. Das Klima gehört zu den großen langfristigen Herausforderungen unserer Zeit. Es verträgt keine von der Tagespolitik und anderen Problemkreisen - auch wenn sie noch so gravierend sind - überdeckte Kurzatmigkeit, sondern erfordert ganz im Gegenteil besonderes Engagement und große Ausdauer über längere Zeit, und das sowohl in der Forschung als auch bei den Schutzmaßnahmen.

Ansprechpartner für den Inhalt dieses Textes sind unter anderem (vgl. DMG-Homepage)

- **Prof. Dr. Martin Claussen und Prof. Dr. Stefan Rahmstorf, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung**
- **Dr. Ulrich Cubasch und Prof. Dr. H. Graßl, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg**
- **Prof. Dr. Herbert Fischer, Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Forschungszentrums Karlsruhe**
- **Prof. Dr. Christian-D. Schönwiese, Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Frankfurt/Main (zugleich Entwurf und Koordination dieses Papiers)**

Für die Deutsche Meteorologische Gesellschaft: Prof. Dr. Werner Wehry, Vorsitzender, Institut für Meteorologie, Freie Universität Berlin.