



DMG

Deutsche Meteorologische Gesellschaft

2003-09

Aktualisiertes Klimastatement der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (DMG), der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM), der Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie (SGM) (Ursprüngliche Fassung September 2001)

Die Meteorologischen Gesellschaften weisen darauf hin, dass die beobachteten weltweiten Klimaänderungen andauern und sich in den letzten beiden Jahrzehnten sogar teilweise verstärkt haben. Die Veränderungen werden anhand der Entwicklung unterschiedlicher Parameter diskutiert. Eine wichtige Grundlage für die Aufarbeitung weiterer Klimaelemente ist die Nutzung und ein erleichterter Zugang zu bestehenden Klimaarchiven.

Klimastatement

der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft (DMG),
der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM)
und der Schweizerischen Gesellschaft für Meteorologie (SGM)

Ursprüngliche Fassung September 2001
Aktualisierte Fassung September 2003

Zusammengestellt von C.-D. Schönwiese unter Mitwirkung von S. Bader, R. Böhm, M. Claussen, U. Cubasch, H. Fischer, U. Gärtner, H. Graßl, S. Rahmstorf, J. Sündermann sowie der DMG-, ÖGM- und SGM-Vorstände M. Claussen, H. Kromp-Kolb und H. Richner

Kurzfassung

In Übereinstimmung mit den Verlautbarungen internationaler Gremien und auf der Grundlage der in Deutschland, Österreich und in der Schweiz erarbeiteten umfangreichen Ergebnisse der Klimaforschung weisen die Deutsche Meteorologische Gesellschaft (DMG), die Österreichische Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM) und die Schweizerische Gesellschaft für Meteorologie (SGM) 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. In jüngster Zeit hat sich der Erwärmungstrend fortgesetzt, so dass in den Jahren 2001 und 2002 die dritt- bzw. zweithöchsten Werte erreicht worden sind.

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 ist das wärmste seit 1761 gewesen. In *Österreich* war der Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert mit +1.1 °C noch etwas höher (Sommerhalbjahr +1.2 °C, Winterhalbjahr +1.0 °C). Das Jahr 2000 war hier nach dem Jahr 1994 das zweitwärmste seit dem Beginn der Messungen im Jahr 1767. In der *Schweiz* liegt der Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert mit +1,4 °C nochmals deutlich über jenem von Österreich (Sommerhalbjahr +1,1 °C, Winterhalbjahr + 1,5 °C). Das Jahr 2000 war in der Schweiz neben dem Jahr 1994 ebenfalls das zweitwärmste seit dem Messbeginn im Jahr 1864. Auch heute noch wird oft die Realität des gemessenen Temperaturanstiegs mit dem Argument der Existenz nichtklimatischer Inhomogenitäten in den Messreihen angezweifelt (Urbaneeffekt, veränderte Messtechnologie, etc...). Es sei daher ausdrücklich festgestellt, dass die angeführten Temperaturtrends auf einer großen Zahl von sorgfältig getesteten und homogenisierten instrumentellen Temperaturmessreihen beruhen, aus denen derartige Inhomogenitäten entfernt worden sind. Darüber hinaus ergeben Vergleiche der Trends der Luftdruckmessreihen hochalpiner Observatorien mit solchen aus umliegenden Tälern und Ebenen für den Alpenraum exakt dieselben Jahrhunderttrends der Temperatur – und das ohne direkte Temperaturmessung (zur Berechnung wird die physikalische Tatsache ausgenutzt, dass sich erwärmte Luft ausdehnt, was zu unterschiedlichen Trends des Luftdrucks in verschiedener Höhe führt).

Beim Niederschlag ist innerhalb Europas eine Zunahme in Skandinavien und eine Abnahme im Mittelmeergebiet am stärksten signifikant. In *Deutschland* steht einem deutlichen Anstieg der Winterniederschläge eine leichte Abnahme der Sommerniederschläge gegenüber. In *Österreich* haben die Niederschläge im 20. Jahrhundert im Westen leicht zugenommen (besonders im Winter), im Osten und Süden des Landes abgenommen, im Norden gab es wenig Änderung. In der *Schweiz* wechselten sich im 20. Jahrhundert Jahre mit überdurchschnittlichen und solche mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen in derart regelmäßiger Folge ab, dass der vieljährige Durchschnitt beider Halbjahre mitunter über Jahrzehnte praktisch stabil blieb. Schlagartig setzte dann aber 1976/77 für mehrere Jahre eine deutlich intensivere Niederschlagstätigkeit während der Winterhalbjahre ein.

Im einzelnen sind die Klimaänderungen 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, halten es die drei meteorologischen Gesellschaften DMG, ÖGM und SGM 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. Es gibt nicht nur in Entwicklungs-ländern, sondern durchaus auch in Deutschland, Österreich und der Schweiz in dieser Hinsicht noch einen Aufarbeitungsbedarf – vor allem im Hinblick auf die bisher hier nicht erwähnten Klimaelemente wie Sonnenscheindauer, Bewölkung, Luftfeuchte, Wind, Schnee, Wassertemperaturen, denen oft eine ebenso große bis größere praktische Bedeutung zukommt, wie den beiden Hauptelementen Temperatur und Niederschlag. Der Zugang zu und die Verfügbarkeit und die Analyse von bestehenden Klimaarchiven ist im Sinne einer umfassenden Nutzung zu erleichtern und zu fördern. Einsparungen bei der im Vergleich zu vielen Projekten der Hochtechnologie kostengünstigen Erhebung von Klimadaten, insbesondere was die Fortführung und Auswertung langjähriger Beobachtungs-reihen betrifft, sind daher nicht nur wissenschaftlich schädlich, sondern setzen auch falsche Akzente. Es gibt in keiner naturwissenschaftlichen Disziplin einen vergleichbaren weltumspannenden, zeitlich und räumlich dichten und (seit 1873 von der meteorologischen Weltorganisation) systematisch organisierten Datensatz wie den klimatologischen. Ihn gerade im Hinblick auf die Probleme mit dem Klima der Zukunft adäquat aufzubereiten und auszuschöpfen ist ein Gebot der Stunde.

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 klima-wirksamen 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 (bodennah) von 1,4 bis 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 des Auftretens 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 anwendungs-bezogener 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). Dies ist trotz einiger Fortschritte bei den weiteren Vertragsstaatenkonferenzen derzeit leider noch immer nicht erreicht, u.a. weil die USA die Ratifizierung nicht mehr beabsichtigen und die GUS noch zögert.

Ausführliche Stellungnahme

Die Deutsche Meteorologische Gesellschaft e.V. (DMG), die Österreichische Gesellschaft für Meteorologie (ÖGM) und die Schweizerische Gesellschaft für Meteorologie (SGM) sehen 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 Europa betriebenen Klimaforschung nimmt sie hier erneut Stellung und leistet so einen Beitrag zur Klärung dieser Problematik.

Zunächst zu den Beobachtungen und somit Fakten: Infolge der globalen Erwärmung hat im Jahr 2002 der globale Mittelwert der bodennahen Lufttemperatur mit einer Abweichung von $+0,5\text{ °C}$ gegenüber dem Mittelwert 1961-1990 den zweithöchsten, aber nicht den bisherigen Rekordwert des Jahres 1998 ($+0,6\text{ °C}$) erreicht, das offenbar nicht nur das bisher 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 der globalen Erwärmung (20. Jahrhundert $0,6\text{ +/- }0,2\text{ °C}$) sowie das starke El Niño-Ereignis von 1997/98 überlagert. Im Rahmen dieses Langfristtrends sind die zwölf wärmsten Jahre (ab 1856) alle seit 1983 aufgetreten.

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 $0,9\text{ °C}$, wobei hier das Jahr 2000 das bisher wärmste gewesen ist: $9,9\text{ °C}$, das heißt $1,6\text{ °C}$ 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 $1,5\text{ °C}$; aber auch im Frühling und Sommer ist diese Erwärmung mit rund einem halben Grad recht deutlich.

Die Temperaturtrends in *Österreich* sind langfristig im gesamten Land sehr ähnlich; auch die hochalpinen Lagen verhalten sich nicht anders als die Täler, Becken und Ebenen. Die mehr als 200 Jahre lange instrumentelle Periode zeigt zwei Hauptabschnitte: im 19. Jahrhundert eine Temperaturabnahme von $-0,8\text{ °C}$, die im Sommerhalbjahr stärker war ($-1,0\text{ °C}$), im Winterhalbjahr schwächer ($-0,6\text{ °C}$). Im 20. Jahrhundert wurde diese Abkühlung durch eine etwas stärkere Erwärmung kompensiert bis überkompensiert (Jahr: $+1,1\text{ °C}$, Sommerhalbjahr $+1,2\text{ °C}$, Winterhalbjahr $+1,0\text{ °C}$). Der tatsächliche

Temperaturverlauf zeigt allerdings keine lineare Struktur, sondern kompliziertere Muster. So waren die Hauptminima im Sommer um 1910, im Winter bereits um 1890, der Anstieg des 20. Jahrhunderts verlief vor allem in 2 Schüben zu einem ersten Maximum im Winter um 1920, im Sommer um 1950, einer darauf-folgenden vor allem im Sommer ausgeprägten Abkühlung in den 1960er und 1970er Jahren (im Winter in den 1930er und 1940er Jahren) und zu einer schlussendlich in beiden Jahresteilten einheitlich starken Erwärmung in den 1980er und 1990er Jahren.

In der *Schweiz* zeigen die vieljährigen Temperaturaufzeichnungen ein sehr ähnliches Muster wie in Österreich. Die tiefsten Werte im Sommerhalbjahr lagen um 1910, im Winterhalbjahr um 1890. Markant war die Warmphase im Sommerhalbjahr zur Mitte des 20. Jahrhunderts. Die darauf folgende Abkühlung erreichte die tiefsten Werte in den 1970er Jahren. Ab den 1980er Jahren erfolgte dann eine bis zum Ende des Jahrhunderts andauernde starke Erwärmung. Im Winterhalbjahr stiegen die Temperaturen ab 1900 nur sehr langsam an. Gleichsam in einem Sprung sind dann Ende der 1980er Jahre die Temperaturwerte auf das bis heute andauernde Warmwinter-Niveau gestiegen. Wesentliche Unterschiede zwischen den hochalpinen Lagen und dem Flachland sind nicht feststellbar. Hingegen zeigen die südalpinen Lagen gegenüber den nordalpinen eine deutlich geringere Erwärmung. Insgesamt ist in der Schweiz die Temperatur im 20. Jahrhundert um +1,4 °C angestiegen (Sommerhalbjahr +1,1 °C, Winterhalbjahr +1,5 °C). Das Jahr 2000 war in der Schweiz neben dem Jahr 1994 das zweitwärmste seit dem Messbeginn im Jahr 1864. Für die ganze Messperiode seit 1864 beträgt der Temperaturanstieg +1,0 °C pro 100 Jahre (Sommerhalbjahr +0,6 °C, Winterhalbjahr +1,4 °C).

Der Niederschlag hat im weltweiten Mittel ebenfalls zugenommen, jedoch zeigen sich bei diesem Klimaelement 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 Südsandinavien 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, die allerdings insbesondere im Osten Deutschlands neuerdings markanter in Erscheinung tritt.

Die winterliche Niederschlagszunahme, die besonders im Westen und Süden Deutschlands ausgeprägt ist, trägt sicherlich zum häufigeren Hochwasser bei. Dabei ist besonders bemerkenswert, dass dies – und nicht nur in Deutschland – häufig mit einer Zunahme extremer Niederschlagsereignisse verbunden ist. Ob auch sommerliche Starkregenereignisse signifikant häufiger auftreten (vgl. neuen deutschen täglichen Niederschlagsrekordwert von 312 mm am 12.8.2002 in Zinnwald/Erzgebirge und nachfolgendes Extremhochwasser u.a. in der Elberegion) ist noch ungeklärt.

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.

In *Österreich* zeigt der Niederschlag unterschiedliche Entwicklungen vom Westen des Landes (leicht steigender Trend seit den 1830er Jahren, im Winter stärker, aber auch kurzfrist-variabler als im Sommer) über den Norden, wo langfristig wenig Änderung zu bemerken ist (Winter leicht steigend, Sommer leicht abnehmend), bis zum kontinentaleren Osten und Süden des Landes, wo seit den feuchten 1910er Jahren bis 1980 der Niederschlag um 10 bis 15% zurückgegangen ist. Seit 1980 hat sich allerdings hier die Lage stabilisiert. Den langfristigen Trends sind auch beim Niederschlag markante Schwankungen im Dekadenbereich überlagert. Die Zeit vor 1850 war (mit Ausnahme des Westens) sehr niederschlagsreich, in ganz Österreich waren die 1860er Jahre sehr trocken (damals war etwa der Neusiedlersee ausgetrocknet), typisch sind auch die sehr

feuchten 1910er Jahre und (mit Ausnahme des Westens) und die trockenen Jahre um 1980.

In der *Schweiz* wechselten sich im 20. Jahrhundert Jahre mit überdurchschnittlichen und solche mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen in derart regelmäßiger Folge ab, dass der vieljährige Durchschnitt beider Halbjahre mitunter über Jahrzehnte praktisch stabil blieb. Schlagartig setzte dann aber 1976/77 für mehrere Jahre eine deutlich intensivere Niederschlagstätigkeit während der Winterhalbjahre ein. Sie deckt sich mit einem vorübergehend gehäuften Durchzug von niederschlagbringenden Tiefdruckgebieten aus Westen und Südwesten. Mitte der 1980er Jahre beruhigte sich die Lage wieder. In den anschließenden Winterhalbjahren wurden in den meisten Regionen der Schweiz wieder tiefere, auf der Alpensüdseite gar unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen registriert.

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 600 Mrd. EURO 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 (sog. 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. +/- 1 °C nie überschritten hat. Der davor eingetretene Eiszeit-Warmzeit-Übergang lässt sich durch einen entsprechenden Temperaturunterschied von ca. 4 bis 6 °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 (d.h. 0,028 Volumenprozent) um das Jahr 1800 auf nun bereits über 370 ppmv, 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 Aerosol-Arten 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 bis 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 in jüngerer Zeit 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 für den dritten Statusbericht der wissenschaftlichen Arbeitsgruppe des IPCC zusammengetragen wurde, 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) 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 unterstützen die DMG, die ÖGM und die SGM 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

Dr. Stephan Bader, Prozess Klimatologie, MeteoSchweiz, Zürich
Tel.: +41 1 256 93 75, Fax: +41 1 256 92 78
e-mail: stephan.Bader@meteoswiss.ch

Dr. Reinhard Böhm, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien
Tel.: +43 1 36026 2203, Fax.: +43 1 36026 72
e-mail: reinhard.boehm@zamg.ac.at

Prof. Dr. Martin Claussen, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Tel.: 0331-288-2522, Fax: 0331-288-2600
e-mail: claussen@pik-potsdam.de

Prof. Dr. Ulrich Cubasch, Meteorologisches Institut der Freien Universität Berlin, Tel.:
030-838-71217, Fax: 030-838-71160
e-mail: cubasch@zedat.fu-berlin.de

Prof. Dr. H. Graßl, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg
Tel.: 040- 41173-225, Fax: 040-41173-350
e-mail: grassl@dkrz.de

Prof. Dr. Herbert Fischer, Institut für Meteorologie und Klimaforschung des
Forschungszentrums Karlsruhe, Tel.: 07247-82-3644, Fax: 07247-82-4742
e-mail: Herbert.Fischer@imk.fzk.de

Prof. Dr. Stefan Rahmstorf, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
Tel.: 0331-288-2688, Fax: 0331-288-2570
e-mail: rahmstorf@pik-potsdam.de

Prof. Dr. Christian-D. Schönwiese, Institut für Meteorologie und Geophysik der
Universität Frankfurt/Main
Tel.: 069-798-23578, Fax: 069-798-22482
e-mail: schoenwiese@meteor.uni-frankfurt.de

Für die Deutsche Meteorologische Gesellschaft:

Prof. Dr. Martin Claussen, DMG-Vorsitzender, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung,
Postfach 60 12 03, 14412 Potsdam

Dipl.-Met. Arne Spekat, DMG-Schriftleiter, Institut für Meteorologie, Freie Universität
Berlin, Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin
Tel.: +49 30-7970-8324, Fax: +49 30-7919002
e-mail: dmg@met.fu-berlin.de

Für die Österreichische Gesellschaft für Meteorologie:

Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, ÖGM-Präsidentin, Institut f. Meteorologie und Physik,
Universität für Bodenkultur, Türkenschanzstr. 18, 1180 Wien, Österreich, Tel.: +43 1 470
58 20 / 17, Fax.: +43 1 470 58 20 / 60
e-mail: helga.kromp-kolb@boku.ac.at

Für die Schweizerische Gesellschaft für Meteorologie:

Prof. Dr. Hans Richner, Atmospheric Science, ETH Honggerberg, 8093 Zürich, Schweiz
Tel.: +41 1 633 27 55 / 59, Fax: +41 1 633 10 58e
e-mail: richner@atmos.umnw.ethz.ch