

# Beiträge des Instituts für Meteorologie

der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.

c/o Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin

<http://www.Berliner-Wetterkarte.de>

73/07

SO 34/07

ISSN 0177-3984

6.11.2007

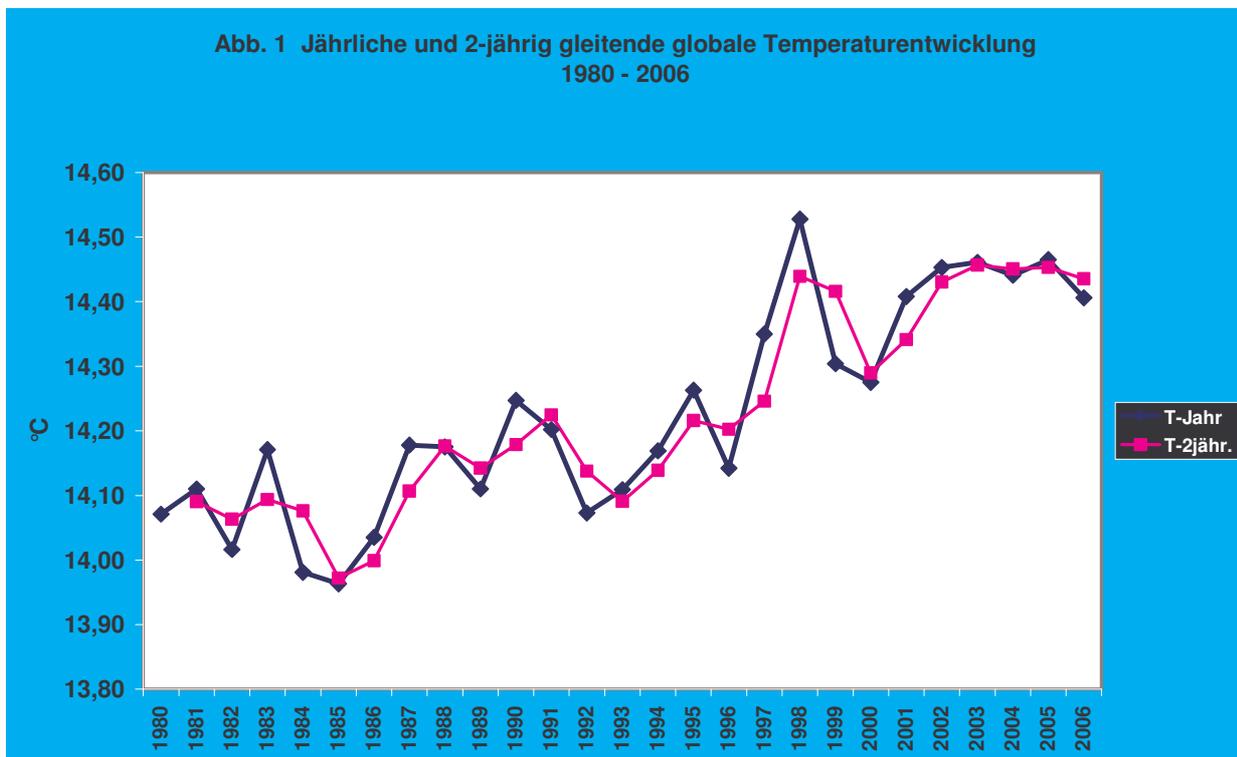
## El Niño, Vulkane und die globale Erwärmung seit 1980

Horst Malberg, Univ.-Prof. (a.D.) für Meteorologie, FU Berlin

In dem Beitrag zur Berliner Wetterkarte SO 28/07 war unter dem Titel „Über den dominierenden solaren Einfluss auf den Klimawandel seit 1701“ eine klimadiagnostische Untersuchung über die primäre Ursache des langfristigen globalen und mitteleuropäischen Klimawandels vorgestellt worden. Die Klimaanalyse führte dabei zu folgenden Ergebnissen:

Unter Berücksichtigung der gesamten klimarelevanten Antriebe (Sonne, Atmosphäre, Ozean, Vulkanismus, Biosphäre, Kryosphäre, Erdoberfläche) und deren Wechselwirkungen vermag die veränderte Sonnenaktivität der letzten 300 Jahre rund 80% der starken Abkühlung Mitteleuropas zwischen 1778 und 1837 (Dalton – Minimum der solaren Aktivität) sowie rund 55 – 60% der allmählichen globalen und mitteleuropäischen Erwärmung seit 1850 zu erklären.

Filtert man die kurzfristigen/kurzperiodischen, unsystematischen Einflüsse, z.B. von Ozean oder Vulkanismus, auf die Klimavariabilität heraus, so folgt für die beiden permanenten Klimaantriebe: Die Zunahme der solaren Aktivität vermag gut zwei Drittel des globalen und mitteleuropäischen Temperaturverhaltens der letzten 150 Jahre signifikant zu erklären. Auf den anthropogenen Treibhauseffekt kann nur maximal ein Drittel der Erwärmung seit 1850 zurückgeführt werden.



Zu einem vergleichbaren Ergebnis ist auch eine Gruppe von Wissenschaftlern deutscher Forschungsinstitute in einer Modellstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung gekommen. In der BMBF-Veröffentlichung „Herausforderung Klimawandel“ (2004) heißt es (S. 8/9) unter: „Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse“ wörtlich:

„Die globale Jahresmitteltemperatur der bodennahen Luft ist seit 1860 um 0,6 +/- 0,2 K angestiegen. Dieser Anstieg hatte sowohl natürliche als auch anthropogene Ursachen.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft kann man davon ausgehen, dass die Erwärmung in den letzten drei Dekaden wesentlich durch die Zunahme anthropogener Treibhausgase, insbesondere Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) verursacht worden ist.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dagegen haben vor allem natürliche Faktoren wie die Zunahme des solaren Energieflusses und der Rückgang der Vulkanaktivität zur Erwärmung beigetragen.“

Auf S. 29/30 ist ferner zu lesen: „Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand müssen wir davon ausgehen, dass die Klimaänderung des letzten Jahrhunderts sowohl durch natürliche Faktoren als auch durch den Menschen verursacht worden ist. Während der letzten drei Jahrzehnte wird vermutlich der Beitrag des Menschen sogar dominant gewesen sein.“

Das bedeutet: Der hohe, durch die Klimadiagnose gefundene, solare Einfluss auf den Klimawandel ist auch nach der Modellstudie unstrittig. Bis auf die letzten Jahrzehnte sind die Modellergebnisse mit meiner statistischen Klimadiagnose deckungsgleich. Ob der anthropogene Einfluss auf den Klimawandel der letzten drei Dekaden dominant geworden ist, wird in der BMBF-Studie als Vermutung, also als unbewiesen, bezeichnet.

In den Medien wird jüngst ein Klimawissenschaftler mit den Worten zitiert:“ Der größte Teil der globalen Erwärmung – 0,5 Grad Celsius – hat seit 1980 stattgefunden, während die Sonnenaktivität abgenommen hat.“

Auch wenn der Temperaturanstieg um rund 0,5 K von 1980 bis 1998 beachtlich ist, stellt er dennoch kein Unikat dar, denn auch zwischen 1917-1937 ist bereits ein gleich großer Anstieg beobachtet worden, und zwar auf einem wesentlich niedrigeren CO<sub>2</sub>-Niveau.

Die o.g. Zitate zeigen jedoch, dass der Frage nach den Ursachen des globalen Temperaturverhaltens seit 1980 von den Treibhausbefürwortern offensichtlich eine Schlüsselrolle beigemessen wird, d.h. ob den anthropogenen oder den natürlichen Klimaantrieben die entscheidende Rolle zukommt. Somit stellt sich die Aufgabe, die globale Temperaturentwicklung seit 1980 und ihre möglichen Ursachen genauer unter die Lupe zu nehmen.

In **Abb. 1** sind die globalen Jahresmitteltemperaturen für die Zeit 1980–2006 wiedergegeben. Der Temperaturanstieg von 0,46 K zwischen 1980 und 1998 ist dabei unverkennbar. Allerdings ist ebenso unverkennbar, dass bezogen auf die Jahre 1998 bis 2006, eine nicht unerhebliche globale Abkühlung von 0,12 K stattgefunden hat. Auf der Südhalbkugel erreichte die Abkühlung sogar rund 0,2 K.

Ferner wird in **Abb. 1** deutlich, dass die globale Temperatur in den letzten Jahren auf einem konstanten Niveau verharrt. Augenfällig ist auch die sonderbare Form des Temperaturanstiegs zwischen 1980 und 1998. Die Erwärmung vollzog sich sägezahn-/stufenartig, d.h. sie weist eindeutig Temperatursprünge durch kurzperiodische Einflüsse auf.

## **Der solare Einfluss**

Wie im Beitrag SO 28/07 zur Berliner Wetterkarte ausgeführt, handelt es sich bei dem solaren Strahlungsfluss um einen permanenten Klimaantrieb auf das Trägheitssystem Erde–Ozean–Atmosphäre. Dieser permanent wirkende Einfluss bestimmt seit Jahrtausenden und, wie anhand direkter Messdaten gezeigt, auch in den letzten 300 Jahren das grundsätzliche Klimaverhalten auf unserem Planeten.

Gemessen an der Zahl der Sonnenflecken hat sich die Sonnenaktivität im Verlauf des 20. Jahrhunderts wesentlich erhöht. Die mittlere Sonnenfleckenanzahl je Sonnenfleckenzyklus stieg von 35 im Zyklus 1905 – 1916 auf 84 im Zyklus 1957-1967, ging im Zyklus 1968-1978 auf 61 zurück, stieg im Folgezyklus 1979–1988 wieder auf 84 an und ging in den 1990er Jahren auf 75-76 leicht zurück. Da heißt: Die mittlere Zahl der Sonnenflecken je Zyklus ist im letzten Jahrhundert um mehr als 100 % angestiegen.

Ob sich der leichte Rückgang der Sonnenfleckenanzahl im Zyklus 1989-1999 bereits auf die globale Temperatur auswirkt, kann wegen der Trägheit des Klimasystems und der kurzperiodischen Klimaprozesse noch nicht abschließend gesagt werden. Auch wenn die Stagnation der globalen Temperatur in den letzten Jahren in dieses Bild passen würde. Als Faktum bleibt jedoch, dass sich die solare Aktivität der letzten Jahrzehnte auf dem höchsten Niveau der vergangenen 300 bis 400 Jahre befindet, also seit der mittelalterlichen Kleinen Eiszeit im 17. Jahrhundert und entsprechend unser gegenwärtiges Klima beeinflusst.

### **Der anthropogene Treibhauseinfluss**

Nach den in der BMBF-Studie „Herausforderung Klimawandel“ gemachten Aussagen könnte der anthropogene Treibhauseinfluss wesentlich zum Temperaturanstieg in den letzten drei Jahrzehnten beigetragen haben. Die Gretchenfrage ist also, ob der CO<sub>2</sub>-Effekt das Temperaturverhalten im Zeitraum 1980-2006 widerspruchsfrei erklären kann.

Der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre ist von 280 ppm (Parts per million = Teile pro Million der Luftbestandteile) um 1850 auf 340 ppm um 1980, auf 365-370 ppm um 1998 und auf rund 380 ppm im Jahre 2006 gestiegen. Dieser monoton ansteigende CO<sub>2</sub>-Gehalt kann weder das sägezahn-/stufenartige Verhalten der globalen Erwärmung von 1980 bis 1998 erklären, noch korrespondiert er mit dem globalen Temperaturrückgang zwischen 1998 und 2006. Trotz eines beschleunigt weiter fortschreitenden CO<sub>2</sub>-Anstiegs seit 1998 ist es zu einem Rückgang der globalen Temperatur seit 1998 bzw. zu einer Stagnation in den letzten Jahren gekommen. Somit lässt sich kein schlüssiger Beweis für einen dominierenden anthropogenen Einfluss auf das Temperaturverhalten der letzten Jahrzehnte erkennen.

Aber es gibt inzwischen von Seiten der Strahlungsphysik auch ganz grundlegende Einwände gegen einen hohen CO<sub>2</sub>-Einfluss auf die globale Temperatur. Der Diplom-Chemiker Dr. Siegfried Dittrich (Hamm/Westf.) hat Strahlungsberechnungen vorgelegt, deren Ergebnisse sich wie folgt zusammenfassen lassen:

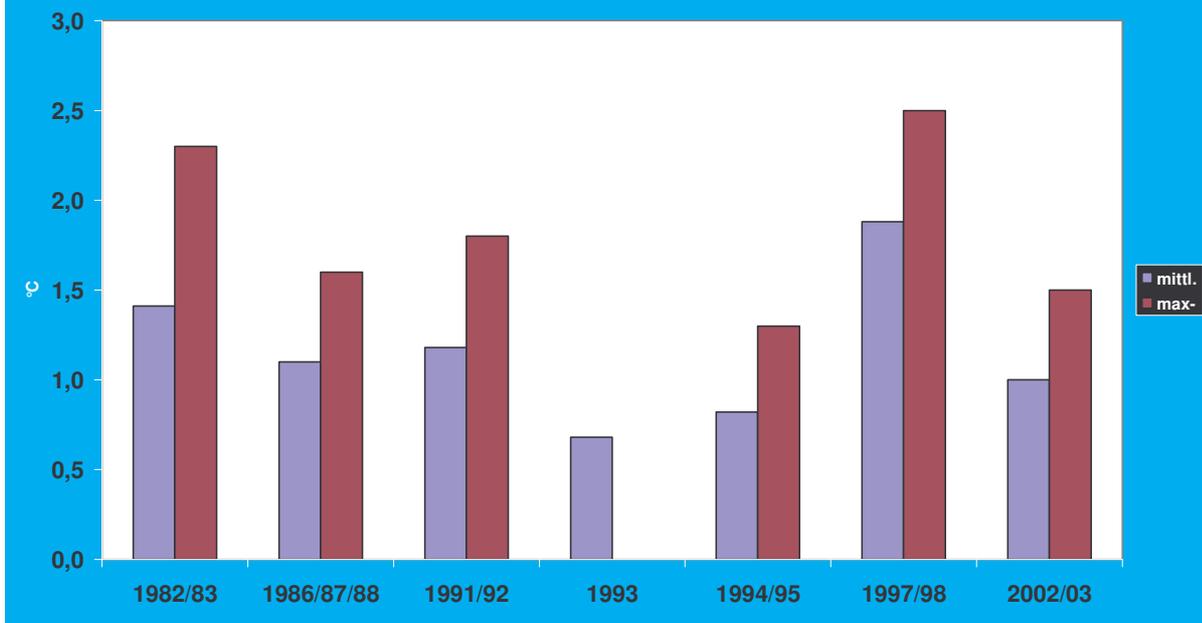
Bereits bei der heutigen CO<sub>2</sub>-Konzentration sind die CO<sub>2</sub>-Absorptionsbanden weitgehend gesättigt. Ein weiterer Konzentrationsanstieg würde die Absorption nur marginal erhöhen, da die Strahlungsabsorption einer logarithmischen Funktion gehorcht und der zugehörige Effekt keinesfalls linear extrapoliert werden darf. Selbst bei einer Verdopplung der heutigen CO<sub>2</sub>-Konzentration läge die damit korrespondierende Erderwärmung im tolerierbaren Bereich von 0,5 bis 0,7 K, d.h. alle von den Klimamodellen berechneten weitergehenden Erwärmungen beruhen auf Annahmen über den Grad von Rückkopplungen, (z.B. bezüglich des globalen Wasserdampfgehalts und Wolkenbedeckung) im System Erde-Atmosphäre, die mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind.

### **Der ozeanische und vulkanische Einfluss**

71% der Erdoberfläche sind von Meeren bedeckt. Aufgrund ihres hohen Absorptionsvermögens, ihrer großen Wärmekapazität, ihrer Strömungen und ihrer Tiefenzirkulation kommt den Ozeanen eine bedeutende Rolle in unserem Klimasystem zu. Dabei zeigt es sich, dass die Meeresoberflächentemperatur keineswegs konstant ist. So hat sich z.B. der Nordatlantik zwischen den 1970er und den 1990er Jahren in seinem grönländisch - isländischen Bereich bis zu 1,0 K abgekühlt, in seinem subtropischen Bereich aber z.T. um mehr als 1,0 K erwärmt (H. Malberg et al., 1995). Jede Änderung der Ozeantemperatur hat über seine veränderte Wärmeabgabe wesentliche Auswirkungen auf die Atmosphäre bzw. die atmosphärische Zirkulation, was wiederum Auswirkungen auf regionale Witterungserscheinungen hat.

Ein quasi-regelmäßiger Wechsel der Meeresoberflächentemperatur vollzieht sich im mittleren und östlichen tropischen Pazifik. Dabei werden die Warmphasen des Ozeans als „El Niño“ und seine Kaltphasen als „La Niña“ bezeichnet. Die zeitlichen Abstände wie die Dauer der El Niño-Ereignisse variieren, und auch ihre Intensität ist teils stärker und teils schwächer ausgeprägt.

**Abb. 2 Mittlere und maximale monatliche Temperaturabweichung der El Niño- Ereignisse: 1980 - 2006**

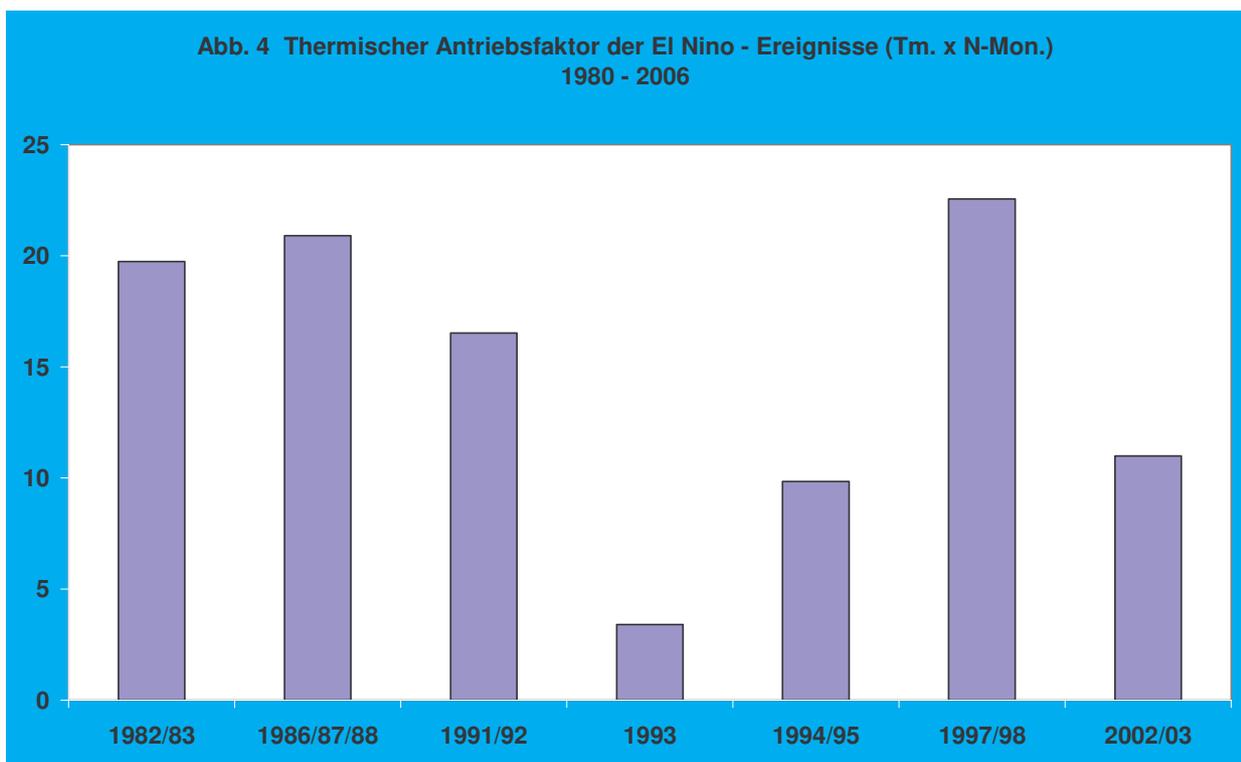
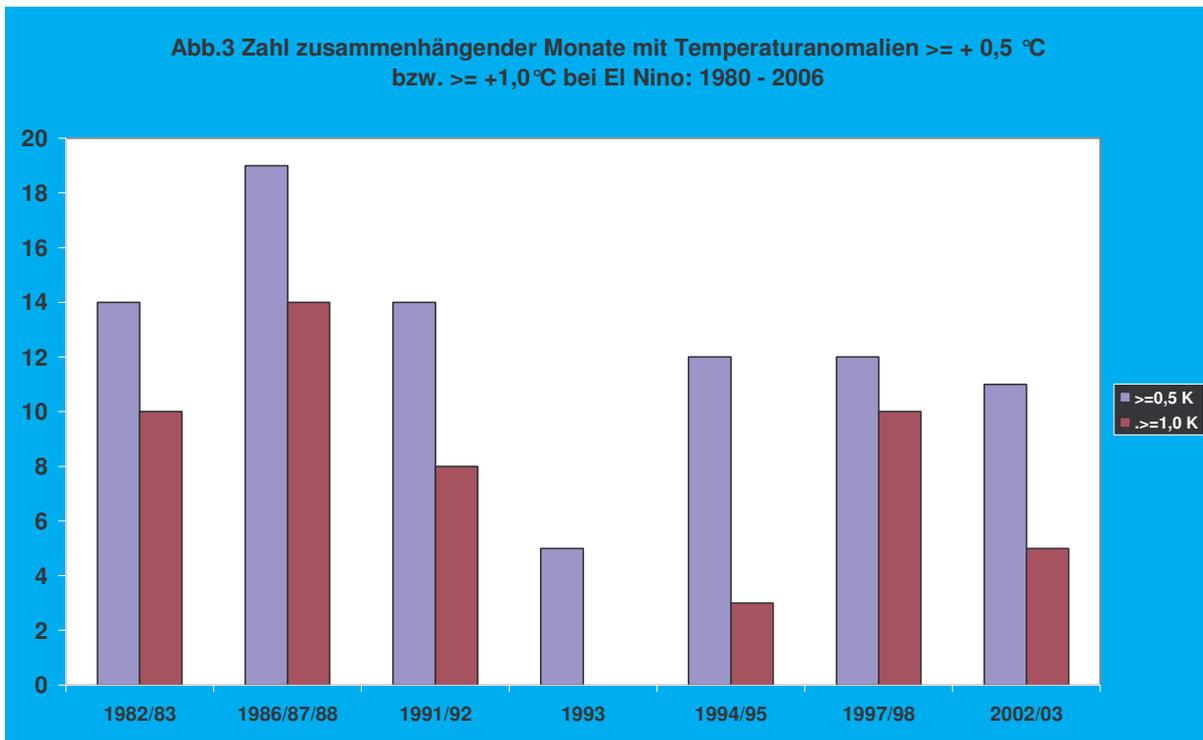


Zur Erfassung der El Niño–Perioden hat der US-amerikanische Wetterdienst NOAA den „Oceanic Niño Index (ONI) definiert. Ein Warmereignis liegt dann vor, wenn die Ozeantemperatur in einem repräsentativen Teil des Pazifiks in mindestens fünf aufeinander folgenden Monaten 0,5 K oder mehr über dem Durchschnitt liegt. Den monatlichen Mitteltemperaturen liegt dabei eine über drei Monate gleitende Mittelwertbildung zugrunde.

Wie man in **Abb. 2 und Abb. 3** erkennt, hat es im Zeitraum 1980 bis 2006 folgende Warmphasen, also El Niño–Ereignisse, gegeben: 1982/83, 1986/87/88, 1991/92, 1993, 1994/95, 1997/98 und 2002/03. In **Abb. 2** ist die mittlere sowie die maximale Temperaturabweichung während der pazifischen El Niño-Phasen wiedergegeben. Dabei ragen besonders die Warmphasen von 1982/83 sowie 1997/98 heraus, bei denen maximale Übertemperaturen von 2,3 bzw. 2,5 K aufgetreten sind. Die El Niño-Periode von 1997/98 weist auch mit 1,9 K eine außergewöhnlich hohe mittlere Temperaturabweichung auf.

Um eine Vorstellung von der Gesamtwirkung eines El Niño–Ereignisses auf die Atmosphäre zu bekommen, wurde das Produkt aus mittlerer Temperaturüberhöhung und Dauer der El Niño-Phase gebildet. Das Ergebnis dieser thermischen Antriebsgröße ist in **Abb. 4** dargestellt. Wie man erkennt, war der Wärmetransport Ozean-Atmosphäre besonders ausgeprägt bei den El Niño–Ereignissen 1982/83, 1986/87/88 und 1997/98. Von mittlerer Wirkung waren die El Niños 1991/92, 1994/95 und 2002/03. Als wenig bedeutend ist das El Niño-Ereignis von 1993 einzustufen.

Für die Wärmeabgabe des Ozeans an die Atmosphäre ist neben der jeweiligen Temperaturabweichung auch die Dauer des El Niño–Phänomens bedeutsam. In **Abb. 3** ist daher die Zahl der zusammenhängenden Monate mit positiven Temperaturabweichungen von 0,5 K und mehr bzw. von 1,0 K und mehr aufgeführt. Von besonders langer Dauer war die Warmphase 1986/87/88, während das El Niño von 1993 nur kurz und schwach war.



Grundsätzlich lässt sich beim zeitlichen Ablauf der El Niño-Ereignisse folgende Regel erkennen: Der Anstieg der Ozeantemperatur beginnt im allgemeinen im Laufe eines Jahres im späten Frühjahr/Sommer, erreicht in den Monaten um Weihnachten (daher der Name El Niño = der Christknabe/das Christkind) seinen Höhepunkt und klingt im Folgejahr ab Februar/März bis zum Sommer wieder ab. Manche zeichnen sich jedoch auch durch eine längere Dauer aus, wie z.B. das von 1986/87/88. Die El Niño-Ereignisse wirken sich somit auf die Temperatur und Zirkulation der Atmosphäre jahresübergreifend aus.

Eine Besonderheit findet sich im Temperaturverhalten 1990–1992. So wird nach **Abb. 1** die höchste globale Jahrestemperatur bereits 1990, also vor der El Niño-Warmphase, erreicht. Wäh-

rend des El Niño-Ereignisses 1991/92 kommt es zu einem Rückgang der globalen Temperatur statt des zu erwartenden Temperaturanstiegs.

Die Erklärung für dieses ungewöhnliche Verhalten liegt im Pinatubo-Ausbruch vom Juni 1991 begründet. Nach einer 611-jährigen Ruhepause schleuderte der philippinische Vulkan gewaltige Massen in die Atmosphäre. Während bei Vulkaneruptionen die größeren, festen Partikel bald wieder aus der Atmosphäre verschwinden, können die Sulfat-Aerosole, die zu 75% aus Schwefelsäure bestehen, längere Zeit in der Stratosphäre verweilen und durch ihre Trübung den Strahlungshaushalt der Erde mehrere Jahre beeinflussen. Die verstärkte Absorption der Solarstrahlung in den höheren Schichten führte nach dem Pinatubo-Ausbruch in der tropischen Stratosphäre zu einer Erwärmung mit Abweichungen vom Mittelwert bis zu 5 K (K. Labitzke, 1998). In den bodennahen Luftschichten führte die stratosphärische Schwächung des solaren Energieflusses zu einem Rückgang der globalen Temperatur trotz der El Niño-Warmphase 1991/92.

Dieser Sachverhalt ist auch die Erklärung dafür, warum das starke El Niño-Ereignis von 1982/83 nur mit einer schwachen Erhöhung der globalen Temperatur 1983 bzw. sogar mit einem markanten Temperaturrückgang in den Folgejahren verbunden war. Als Folge des Ausbruchs des mexikanischen El Chichon im März/April 1982 war die Strahlungsabsorption in der Stratosphäre so groß, dass es in den Tropen in rund 20 km Höhe zu einer Erwärmung mit einer Temperaturanomalie bis zu +10 K (K. Labitzke, 1998) kam. Entsprechend reduziert war der solare Energiefluss in Bodennähe.

Dieser (zeitlich begrenzte) Einfluss der vulkanischen Sulfat-Aerosole belegt in aller Deutlichkeit, wie sich Änderungen der solaren Einstrahlung auf das bodennahe Klima auswirken. Der Prozess ist der Beweis dafür, wie hoch sensibel unser Klimasystem auf veränderte Strahlungsbedingungen reagiert. Jede länger anhaltende Änderung der solaren Aktivität, und sei die Energieflussänderung auch gering, muss mittel- bis langfristig zwangsläufig zu einem Klimawandel führen.

### **Zusammenfassende Schlussbetrachtung**

„Niemand hat die Wahrheit, wir alle suchen sie“, hat Karl Jaspers einmal gesagt. In diesem Sinne verstehe ich die aktuelle wissenschaftliche Klimadiskussion. Niemand hat das Recht, jemanden, der einen gegenteiligen Standpunkt vertritt, persönlich zu diskreditieren, ihm die „rote Karte“ zu zeigen und sich so zum Oberschiedsrichter zu erheben. Die Ursachen des Klimawandels sind vielschichtig. Langperiodische Klimaantriebe werden von kurzperiodischen überlagert und ergeben ein komplexes Bild.

Entsprechend zeigt die durchgeführte hoch auflösende Analyse des globalen Temperaturverhaltens der letzten Jahrzehnte deutlich, wie die Auswirkungen der permanenten Antriebe (solarer Energiefluss und Treibhauseffekt) stark von kurzperiodischen klimarelevanten Prozessen überlagert sind. Die solare Aktivität befindet sich trotz eines leichten Rückgangs der mittleren Sonnenfleckenanzahl des Zyklus 1989-1999 weiterhin auf dem höchsten Niveau der letzten 300-400 Jahre, d.h. seit der letzten Phase der mittelalterlichen Kleinen Eiszeit im 17. Jahrhundert. Seine kontinuierliche Antriebskraft bestimmt nach wie vor primär den langfristigen Klimaverlauf und das derzeitige hohe Temperaturniveau. Direkte oder indirekte Änderungen des solaren Energieflusses haben unverändert Auswirkungen auf unser Klima.

Der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre ist in den letzten Jahrzehnten beschleunigt angestiegen. Er wird in absehbarer Zeit aufgrund der stetig wachsenden Weltbevölkerung und eines zunehmenden Energiebedarfs – vor allem infolge der rasch wachsenden Industrialisierung in den bevölkerungsreichen Schwellenländern - auch weiterhin stark ansteigen. Sowohl nach der Klimadiagnose über die Ursachen der globalen Erwärmung seit 1850 als auch nach aktuellen strahlungsphysikalischen Berechnungen wird der CO<sub>2</sub>-Effekt in den Klimamodellen überschätzt, d.h. seine Auswirkungen auf das langfristige Klimaverhalten in den Szenarienrechnungen sind von großen Unsicherheiten behaftet.

Auch in Bezug auf das Temperaturverhalten der letzten Jahrzehnte kann der anthropogene Einfluss als primäre treibende Kraft nicht nachgewiesen werden. So vermag der gleichförmige CO<sub>2</sub>-

Anstieg weder das stufenartige Temperaturverhalten von 1980 bis 1998 zu erklären, noch ist er die Ursache für den hohen Temperaturwert von 1998. Aber selbst wenn man vermuten würde, wie es in der BMBF-Studie zum Ausdruck gebracht wird, er könne den generellen Temperaturverlauf nach 1980 begründen, so steht die globale Abkühlung bzw. die Stagnation der Temperatur nach 1998 sogar im Widerspruch zum beschleunigten CO<sub>2</sub>-Anstieg der letzten Jahre.

Nachweisbar sind im Zeitraum 1980-2006 dagegen die kurzperiodischen ozeanischen und vulkanischen Einflüsse auf die Temperatur. Eine klare Tendenz zur Erwärmung der Atmosphäre weisen die zahlreichen El Niño-Ereignisse seit 1980 auf. Sie korrespondieren eindeutig mit dem stufenartigen Temperaturverhalten und erklären auch den hohen Temperaturanstieg von 1998.

Sehr aufschlussreich ist der Vergleich der El Niño-Ereignisse vor und nach 1980. Im Zeitraum 1950-1980 sind acht El Niño-Warmphasen aufgetreten. Fünf davon waren so kurz und schwach, dass die thermische Antriebsgröße (mittlere Temperaturanomalie x El Niño-Monate) unter 6,0 lag. In einem Fall lag der Wert bei 12 und nur 1957/58 und 1972/73 wurden 13,7 bzw. 14,6 erreicht. Die El Niño-Ereignisse 1982/83, 1986/87/88, 1991/92 und vor allem 1997/98 waren somit erheblich stärkerer ausgeprägt als jene in den Jahrzehnten vor 1980.

Starke El Niño-Ereignisse haben intensive und anhaltende thermische Auswirkungen auf Ozean und Atmosphäre. Es wäre interessant zu untersuchen, ob ein direkter oder indirekter Zusammenhang der pazifischen Warmphasen mit dem derzeit beobachteten- und für die Klimamodelle überraschenden - starken Meereisrückgang in der Nordpolarregion besteht.

Das El Niño von 1982/83 ist dabei die erste starke Warmphase nach der Abkühlung der 1960er/1970er Jahre. Dieser mit einem markanten Rückgang der Sonnenaktivität korrespondierende Temperatureinbruch, insbesondere in der Nordpolarregion, war es, der Anfang der 1970er Jahre die Diskussion auslöste, ob wir einer neuen Kleinen Eiszeit entgegen gehen. Aus der Tatsache, dass die Abkühlung in dieser Periode trotz eines steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalts stattgefunden hat, ist ein Beweis für die primäre Abhängigkeit unseres Klimas von der solaren Aktivität.

Der kurzperiodische vulkanische Einfluss auf das globale Temperaturverhalten beweist mit großer Deutlichkeit, wie sensibel das bodennahe Klima auf Änderungen des solaren Strahlungsflusses reagiert. Dieses zeigt sich am globalen Temperaturverhalten nach dem Ausbruch des mexikanischen Vulkans El Chichon im Jahre 1982 und des philippinischen Vulkans Pinatubo von 1991. Die Auswirkungen des vulkanischen Sulfat-Aerosols auf den Strahlungshaushalt der Erde führen in der Stratosphäre zu einer Erwärmung, während es infolge des verringerten solaren Energieflusses in Bodennähe zu einer Abkühlung des globalen Klimas kommt. Die Temperaturdämpfung im Zusammenhang mit dem El Chichon-Ausbruch wird für 1983 auf 0,2 K geschätzt.

Abschließend stellt sich noch die Frage nach der möglichen Ursache der globalen Abkühlung von 0,12 K nach 1998 (Südhälfte -0,17 K) bzw. der derzeitigen Stagnation der globalen Temperatur. Sieht man den hohen El Niño-bedingten Temperaturwert von 1998 als singulären Ausreißer an, indem man die 2-jährig gleitenden Mittelwerte in Abb. 1 betrachtet, so ist die globale Temperatur in den letzten 10 Jahren nicht mehr angestiegen, und zwar trotz der El Niño-Warmphase von 2002/03.

Ein dämpfender vulkanischer Einfluss wie beim El Chichon oder Pinatubo scheidet aus. Der beschleunigt ansteigende CO<sub>2</sub>-Gehalt steht im Widerspruch zu der konstanten bis zurück gehenden globalen Temperatur der letzten Jahre. Eine mögliche Ursache wäre, dass sich der moderate Rückgang der solaren Aktivität des Sonnenfleckenzyklus 1989-1999 auswirkt. Allerdings steht diese Möglichkeit noch unter Vorbehalt, denn Klimawandel lässt sich nur langfristig beurteilen.

Sollte sich die bisher moderate Abnahme der solaren Aktivität nicht nur als kurzfristige Schwankung erweisen, sondern der Beginn eines längerfristigen Rückgangs sein, so wird die vom IPCC (UN-Klimabericht 2007) berechnete fortschreitende globale Erwärmung unwahrscheinlich. Die Verringerung des solaren Energieflusses würde dem CO<sub>2</sub>-Effekt entgegenwirken und damit den anthropogen bedingten Temperaturanstieg zum Stillstand bringen oder überkompensieren, so dass

es zu einer globalen Abkühlung statt einer weiteren Erwärmung kommen würde. Nach dem rund 210-jährigen De-Vries-Zyklus der solaren Aktivität (s. Beilage SO 29/07) ist das sogar in den nächsten Jahrzehnten wahrscheinlich.

Die zu erwartenden zukünftigen Veränderungen des solaren Antriebs werden in den IPCC-Szenarien wesentlich unterschätzt, während gleichzeitig der CO<sub>2</sub>-Effekt überschätzt wird. Dieser Sachverhalt wird sehr deutlich in der deutschen „Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger“, wo unter „Wissenschaftliche Grundlagen“ sehr ausführlich über Treibhausgase und ihre Auswirkungen berichtet wird, während sich die sehr pauschalen Ausführungen über den solaren Einfluss auf wenige Zeilen beschränken. Die Vorgaben in den Modellrechnungen basieren auf der Prämisse: „Der größte Teil des beobachteten Anstiegs der mittleren globalen Temperatur seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist sehr wahrscheinlich durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentration verursacht.“ Dieser Schlussfolgerung vermag ich aufgrund meiner klimadiagnostischen Untersuchungen nicht zu folgen.

In 10 oder 20 Jahren werden wir mehr darüber wissen, wohin sich unser Klima weiterentwickelt hat und wo heute die Defizite im Verständnis unseres Klimasystems gelegen haben.

Um mit den Worten des brasilianischen Schriftstellers Paulo Coelho in seiner Erzählung „Der Alchimist“ zu schließen: „Auf die Launen des Wetters (und ich füge hinzu: und des Klimas) müssen wir immer vorbereitet sein.“

## **Literatur**

BMBF (2004): „Herausforderung Klimawandel“. <http://www.bmbf.de/pub/klimawandel.pdf>

Labitzke, K. (1998) Die Stratosphäre. Springer Verlag, Heidelberg

Latif, M. et al. (1998): A review of predictability and prediction of ENSO. J. Geophys. Res. 103

Malberg, H. und F. Frattesi (1995): Change of the North Atlantic sea surface temperature related to the atmospheric circulation in the period 1972-1993. Z. Meteor. NF 4 (1995)

Malberg, H. (2006): Meteorologie und Klimatologie – Eine Einführung. 5. Auflage, Springer Verlag, Heidelberg

Malberg, H. (2007): Über den dominierenden solaren Einfluss auf den Klimawandel seit 1701. Beiträge des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin. SO 29/07

UN-Klimabericht 2007 (vollständig): IPCC Fourth Assessment Report, hier: Ar4WG1, Chapter 3, p. 277 -280; [http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1\\_Print\\_Ch03.pdf](http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch03.pdf)  
Auf Deutsch: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger als PDF:  
<http://www.geo.fu-berlin.de/met/ag/klimod/forschung/index.html>

## **Daten**

Die globalen Temperaturwerte basieren auf der Internet-Veröffentlichung des Climatic Research Unit, UK. ([www.cru.uea.ac.uk/cru/data](http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data))

Die Angaben über die Sonnenfleckenzahlen entstammen der Internet-Veröffentlichung von NOAA ([ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_Data/Sunspot\\_Numbers/Monthly/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_Data/Sunspot_Numbers/Monthly/))

Die Daten (Anomalien der Meeresoberflächentemperatur im tropischen Pazifik) zum Oceanic Niño Index (ONI) basieren auf der Internet-Veröffentlichung von NOAA ([http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml))