

Beiträge des Instituts für Meteorologie

der Freien Universität Berlin zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.

zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft

c/o Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin, C.-H.-Becker-Weg 6-10, D - 12165 Berlin

04/08

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

ISSN 0177-3984

SO 02/08

11.1.2008

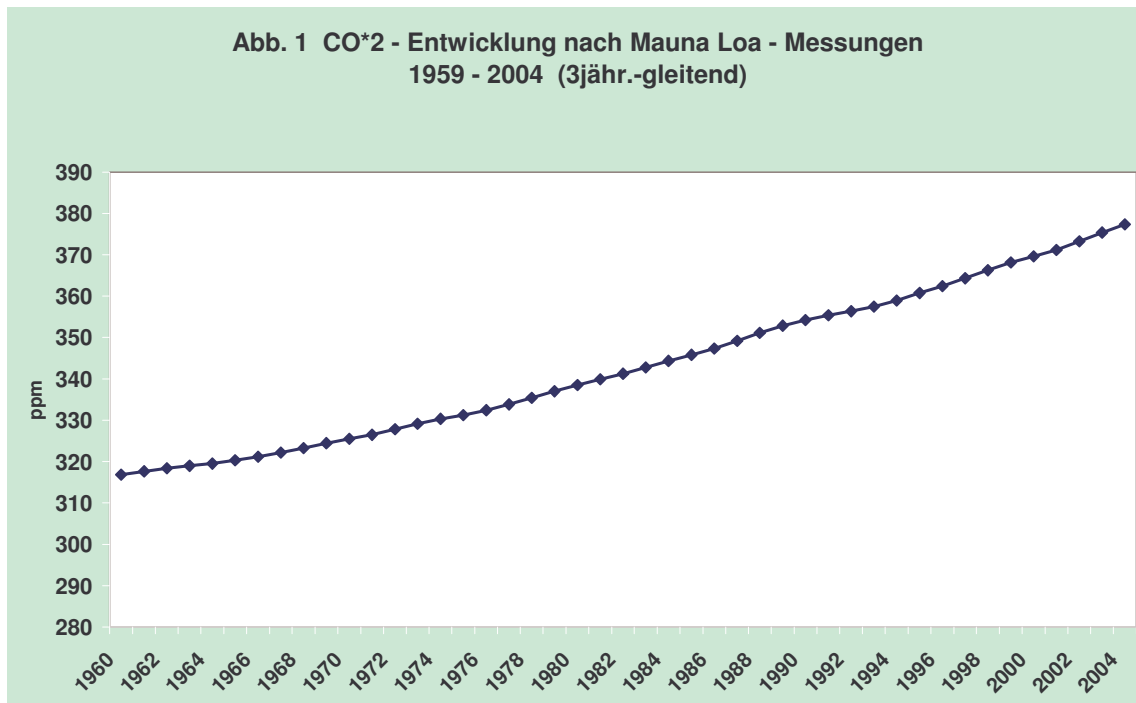
El Niño und der CO₂-Anstieg sowie die globale Erwärmung bei CO₂-Verdopplung

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

Die Diskussion über den anthropogenen CO₂-Einfluss auf den Klimawandel ist nach der Klimakonferenz auf Bali (Dezember 2007), wo über 10.000 Vertreter von Regierungen und NGOs (Non Governmental Organizations) hingeflogen sind, in die nächste Phase getreten. Obwohl die Auswirkungen des CO₂-Anstiegs in der Wissenschaft weiterhin umstritten sind, glaubt die Mehrheit der Konferenzteilnehmer scheinbar unverändert an die Unfehlbarkeit der Klimamodelle. Doch Klimamodelle sind nur Abbildungen der Realität und allein vom aktuellen Wissensstand abhängig. Es käme einem Wunder gleich, wenn das, was wir heute von unserem Klimasystem wissen, bereits der Weisheit letzter Schluss wäre. Nicht ohne Grund wird weltweit intensiv an der Verbesserung der Klimamodelle gearbeitet.

1. El Niño und der globale CO₂-Anstieg

Wie sich der CO₂-Gehalt im Zeitraum 1959–2004 entwickelt hat, ist in Abb. 1 wiedergegeben. Da die Werte (Mauna Loa-Daten: <http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/CO2/maunaloa.co2>) von Jahr zu Jahr unsystematisch angestiegen sind, wurde ein 3jährig gleitendes Mittel gebildet. Der CO₂-Anstieg ist unverkennbar. Die mittlere jährliche Zunahme betrug im Zeitraum 1959-1979: 1,0 ppm (= parts per million), im Intervall 1980-1994: 1,4 ppm und im Zeitraum 1995-2004: 1,9 ppm. Der CO₂-Anstieg hat sich somit seit der Klimakonferenz in Berlin (1995) weiter beschleunigt.

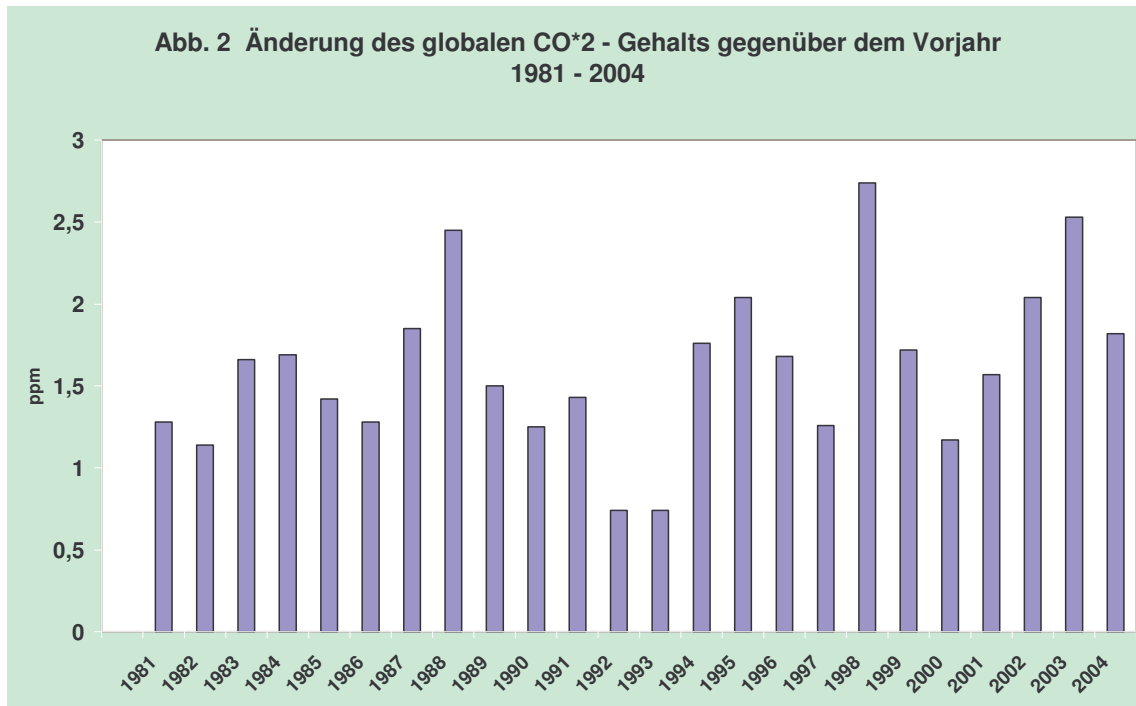


Betrachtet man die CO₂-Entwicklung der letzten Jahrzehnte detaillierter (Abb. 2), so wird deutlich, dass die Änderungen von Jahr zu Jahr unsystematisch waren. Dabei fällt auf, dass der höchste Wert von 2,7 ppm im Jahr 1998 aufgetreten ist, also von 1997 zu 1998.

Wie in der Beilage SO 34/07 gezeigt, war 1998 das Jahr mit einem außergewöhnlich starken El Niño. Auch die El Niño-Ereignisse 1994/95 sowie 2002/03 waren mit überdurchschnittlichem CO₂-Anstieg von 2,0 bis 2,5 ppm verbunden. Analoges gilt, bezogen auf das vor Jahrzehnten noch niedrigere CO₂-Niveau, für die El Niños 1982/83

und 1987/88, bei denen CO₂-Anstiege von einem Jahr zum nächsten von 1,7 ppm bzw. 2,4 ppm aufgetreten sind. Was hier sichtbar wird, ist offenbar der CO₂-Austausch zwischen Ozean und Atmosphäre.

Der Zusammenhang zwischen der Warmphase El Niño bzw. der Kaltphase La Niña des tropischen Pazifik und dem globalen CO₂-Anstieg erklärt sich aus der Löslichkeit von CO₂ in Wasser, die wesentlich von der Wassertemperatur abhängig ist. Bei 0°C vermag Wasser pro kg rund 3,3 g CO₂ aufzunehmen, bei 10°C rund 2,3 g, bei 20°C noch 1,7 g und bei 30°C nur noch 1,3 g. Je wärmer der Ozean während einer El Niño-Phase ist, desto mehr gelöstes CO₂ wird oberflächennah wieder frei gesetzt bzw. desto weniger nimmt der Ozean auf. Entsprechend größer ist für die Dauer der El Niño-Phase der atmosphärische CO₂-Gehalt.



Lässt man einmal die große Bedeutung des CO₂ für die Photosynthese im Ozean außer Betracht, so kommt man zu dem Schluss, dass durch eine langfristige globale Erwärmung, auch durch eine solar verursachte, die CO₂-Aufnahme des Ozeans zurückgeht. Entsprechend mehr emittiertes CO₂ wird in der Atmosphäre bleiben.

2. Abschätzung der globalen Erwärmung bei CO₂-Verdopplung

In der Beilage zur Berliner Wetterkarte SO 29/07 wurde auf Grund empirischer Untersuchungen über den globalen Klimawandel seit 1850 sowie den Mitteleuropas seit 1701 gezeigt, dass der solare Einfluss von den permanent wirkenden Klimaantrieben (Sonne und CO₂) der dominierende ist, d.h. dass der anthropogene CO₂-Effekt in den Klimamodellen überschätzt wird. Dieses Ergebnis der Klimaanalyse soll durch eine physikalische Abschätzung über die Größenordnung der Temperaturerhöhung bei einer Verdopplung des atmosphärischen CO₂-Gehalts ergänzt werden.

Die Änderung der globalen Klimatemperatur T_0 lässt sich allgemein erfassen durch die Beziehung

$$\Delta H/\Delta t = \Delta E - \alpha \cdot \Delta T_0 \quad (\text{Gl. 1})$$

Da der relativ geringe Wärmegehalt der Atmosphäre vernachlässigbar ist, beschreibt H den Wärmeinhalt des Ozeans mit seinem großen Speichervermögen. Gl. 1 besagt: Bei einer Änderung der globalen Strahlungsbilanz ΔE (im vorliegenden Fall durch CO₂-Verdopplung: $\Delta E=3,7 \text{ W/m}^2$) verändert sich der Wärmeinhalt ($\Delta H/\Delta t$) im Zusammenhang mit der Änderung der Klimatemperatur ΔT_0 . Dabei ist α der Sensitivitätsparameter der Atmosphäre. Die thermische Reaktion auf eine Änderung der Strahlungsbilanz vollzieht sich, bis ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht wird, d.h. bis die zeitliche Änderung des Wärmeinhalts $\Delta H/\Delta t = 0$ wird. Für den neuen Klimagleichgewichtszustand nach der Temperaturänderung ΔT_0^* gilt dann

$$0 = \Delta E - \alpha \cdot \Delta T_0^* \quad (\text{Gl. 2})$$

Im neuen Klimagleichgewicht wird somit die erhöhte Strahlungsbilanz ΔE durch eine Erhöhung der Temperatur ΔT_0^* kompensiert. Verbunden mit dem Prozess ist eine erhöhte langwellige Ausstrahlung in den Weltraum.

Bei einer Strahlungsänderung ΔE hängt das Ausmaß der Temperaturänderung ΔT_0^* nur noch von α , der Sensitivität der Atmosphäre, ab. Je größer α ist, umso geringer fällt die Erwärmung aus.

Ohne Berücksichtigung von Rückkopplungen, also sekundärer Prozesse, gilt für den Sensitivitätsparameter

$$\alpha = \partial E/\partial T_0 \quad (\text{Gl. 3})$$

Dabei wird durch $\partial E/\partial T_0$ die Änderung der langwelligen Ausstrahlung mit der Temperatur beschrieben. Nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz gilt für die thermische Emission E eines Körpers bzw. für das System Erde-Atmosphäre

$$E = a \cdot \sigma \cdot T_0^4. \quad (\text{Gl. 4})$$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}^2\text{K}^4$ ist die Boltzmann Konstante und a der Emissionsfaktor ($J = \text{Joule}$, $K = \text{Kelvin}$). Dabei gilt für schwarze Körper $a = 1$ und für alle anderen $a < 1$. Nach Differentiation von Gl. 4, Erweiterung des differenzierten Terms mit T_0 und Substitution von Gl. 4 folgt schließlich für den Sensitivitätsparameter

$$\alpha = \partial E/\partial T_0 = 4 a \sigma T_0^3 = 4 E/T_0. \quad (\text{Gl. 5})$$

Von der räumlich-zeitlich gemittelten globalen Solarkonstanten von 342 W/m^2 verbleiben 70% im System Erde – Atmosphäre, also 240 W/m^2 . Im Klimagleichgewicht werden diese grundsätzlich auch wieder abgestrahlt. Mit $E = 240 \text{ W/m}^2$ und der globalen Normaltemperatur T_0 für die Klimaperiode 1961–1990 von $14^\circ\text{C} = 287 \text{ K}$ wird

$$\alpha = 4 E/T_0 = 960/287 = 3,35.$$

Nach Gl. 2 folgt bei CO_2 -Verdopplung eine Änderung der Klimagleichgewichtstemperatur in der Größenordnung $\Delta T_0^* = \Delta E/\alpha = 3,7/3,35 \approx 1 \text{ K}$.

Das bedeutet: Eine Verdopplung des atmosphärischen CO_2 -Gehalts von derzeit 380 ppm auf 760 ppm hat eine unmittelbare globale Erwärmung nur etwa 1°C zur Folge!

Da sich der atmosphärische CO_2 -Gehalt nicht schlagartig verdoppelt, sondern allmählich ansteigt, erhöht sich die Temperatur wegen der Trägheit des Klimasystems, vor allem des Ozeans, in diesem Zeitraum nur um etwa 70% des obigen Wertes, d.h. um rund $0,7^\circ\text{C}$!

3. Das Problem der Rückkopplungen

Wenn eine CO_2 -Verdopplung nur unmittelbar eine globale Erwärmung von etwa 1°C verursacht, wie kommt es dann, dass im UN-Klimabericht 2007 von Temperaturerhöhungen in 100 Jahren von $2,5^\circ\text{C}$ bis über 6°C die Rede ist? An dieser Spanne über der durch CO_2 verursachten Erwärmung zeigt sich das fundamentale Problem der Klimamodelle. Nicht das CO_2 treibt die Temperatur in diese Höhen, sondern die unverifizierten Annahmen über Sekundäreffekte.

Unser Klimasystem ist bekanntlich hochkomplex und weist eine Vielzahl von Wechselwirkungen auf. Dabei können die Reaktionen auf einen veränderten Klimaantrieb, die Rückkopplungen, eine angestoßene Klimaänderung verstärken oder abschwächen.

A. Eine Erhöhung der globalen Temperatur wird in den höheren Breiten der Erde zu einer Verringerung der schnee- und eisbedeckten Fläche führen. Damit verringert sich die Reflexion der Solarstrahlung und damit die globale Albedo. Dieses hat eine weitere Erwärmungstendenz zur Folge. Umgekehrt führt eine globale Abkühlung zu einer Ausdehnung der Schnee- und Eisflächen und damit zu einer verstärkten Reflexion der Sonnenstrahlung, also zu einer erhöhten Albedo. Im ersten und derzeit aktuellen Fall wird dadurch die Erwärmung verstärkt. In den 1960/70er Jahren hingegen, als ein markanter Rückgang der Sonnenaktivität zu einer nordhemisphärischen Abkühlung führte, hatte sich das nordpolare Meereis so weit ausgedehnt, dass die Eisbären zu Fuß zwischen Grönland und Island hätten wandern können. Diese positive Schnee-/Eis-Rückkopplung ist eindeutig.

B. Eine weitere grundsätzlich positive Rückkopplung besteht zwischen der globalen Temperatur und dem Wasserdampf der Luft. So macht allein der atmosphärische Wasserdampf über 60% des natürlichen Treibhauseffekts aus.

Jede Temperaturzunahme führt nun zu einer erhöhten globalen Verdunstung und damit zu einem erhöhten Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre. Dieses könnte auf den ersten Blick eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts bedeuten und damit im Sinne einer positiven Rückkopplung einen weiteren Beitrag zur Temperaturerhöhung leisten. Allerdings sind die Wasserdampfbanden, also die Spektralbereiche, in denen der Wasserdampf die terrestrische Wärmeabstrahlung absorbiert, in der unteren, wasserdampfreichen Troposphäre bereits weitgehend gesättigt. Dort würde eine Wasserdampfzunahme keinen nennenswerten Temperatureffekt mehr haben.

In der oberen, wasserdampfarmen Troposphäre könnte das anders sein. Hier könnte bei einer Zunahme des Wasserdampfgehalts noch eine erhöhte Absorption der terrestrischen Wärmestrahlung erfolgen. Jedoch ist in der oberen kalten Troposphäre der maximal mögliche Wasserdampfgehalt um ein bis zwei Größenordnungen kleiner als in der unteren, warmen Troposphäre. So beträgt der Sättigungsdampfdruck $23,4 \text{ hPa}$ bei einer Temperatur von $+20^\circ\text{C}$, $1,25 \text{ hPa}$ bei -20°C und nur noch $0,19 \text{ hPa}$ bei -40°C bzw. $0,06 \text{ hPa}$ bei -50°C . Entsprechend müssen die Auswirkungen auf den Treibhauseffekt gesehen werden. Dazu kommt, dass aus synoptischen Gründen eine auf die oberen Luftschichten beschränkte Erwärmung eine atmosphärische Gegenreaktion auslösen würde. Die Temperaturzunahme in der Höhe würde zu einer stabiler geschichteten Atmosphäre führen und damit die konvektiven Wärme- und Feuchtetransporte in die obere Troposphäre abschwächen.

C. Eine große Unsicherheit in den Klimamodellen stellt auch das Rückkopplungsverhalten der Wolken dar. So führt eine Zunahme der globalen Wolkenbedeckung einerseits zu einer Verstärkung des Treibhauseffekts, indem sich die effektive langwellige Ausstrahlung der Erde und damit ihre Abkühlung verringert.

Dieser positiven Rückkopplung steht jedoch eine hohe negative Rückkopplung gegenüber, da eine größere Wolkenbedeckung auch eine erhöhte Reflexion der Einstrahlung und damit eine Zunahme der globalen Albedo zur Folge hat. Somit kommt in den Klimamodellen den Annahmen über die Auswirkungen der CO₂-bedingten Erwärmung von 0,7°C auf die globale Bewölkungsmenge eine elementare Bedeutung zu. Allein über die Vorgabe des Bewölkungseffekts lassen sich beliebig hohe globale Erwärmungen berechnen.

Wie ich in früheren Arbeiten dargelegt habe, ist bereits die exakte Bestimmung des Istzustands des großräumigen Bedeckungsgrads ein Problem, da sowohl die Satelliten- als auch die Bodenbeobachtungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Die Gründe sind vor allem begrenztes Auflösungsvermögen, Kulisseneffekt, Wolken unterschiedlicher Höhe und Dichte sowie der Tagesgang der Konvektionsbewölkung und Nachtbeobachtungen. Ist aber schon die Erstellung einer aktuellen Bewölkungsklimatologie mit großen Unsicherheiten behaftet, so gilt das in noch stärkerem Maß in den über die Feuchte parametrisierten Klimavorhersagen.

Fazit: Da der Einfluss der Wolken und der der Wasserdampfzunahme einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor in den Klimamodellen darstellen, gilt diese Unsicherheit zum einen auch für den berechneten Temperaturanstieg. Zum anderen ist es nicht nachvollziehbar, dass die berechneten Erwärmungen bis zu 6°C über der strahlungsbedingten primären Erwärmung von unter 1°C bei CO₂-Verdopplung liegen soll. Angemerkt sei, dass die dargelegte Abschätzung des globalen Temperatureffekts gut übereinstimmt mit den detaillierten Strahlungsrechnungen des Chemikers Dr. S. Dittrich (Hamm), der (wegen der logarithmischen Vorgänge) eine primäre Erwärmung von 0,5-0,7°C „je CO₂-Verdopplung“ berechnet hat, also auch bei einem weiteren CO₂-Anstieg von 760 ppm auf 1520 ppm.

4. Schlussbetrachtungen

Nach den empirischen Untersuchungen (Beilagen SO 29/07 und SO 34/07) und der obigen Abschätzung wird der anthropogene CO₂-Effekt auf den Klimawandel von der heutigen Generation der Klimamodelle überschätzt und der sich langfristig ändernde solare Einfluss unterschätzt. Mit erheblichen Unsicherheiten behaftete Modellaussagen werden in der Politik, in vielen Medien und in der Öffentlichkeit unkritisch wie Fakten betrachtet, obwohl selbst die überzeugtesten Treibhausbefürworter ihre Aussagen nur im Konjunktiv machen. Der daraus resultierende unausgegorene CO₂-Aktivismus ist wissenschaftlich nicht begründbar. Nicht der Mensch, sondern die natürlichen Klimaprozesse sind auch in Zukunft die treibenden Kräfte beim Klimawandel.

Was aber sind die Konsequenzen der in drei Beilagen vorgestellten Ergebnisse der Klimaanalyse? Die Schlussfolgerungen bleiben auch nach der dritten Analyse unverändert:

Zum einen müssen wir uns, wie alle unsere Vorfahren, auf weitere naturgegebene Klimaänderungen, d.h. auf wärmere und kältere Perioden, einstellen. Mit entsprechenden Strategien gilt es, sich vorausschauend auf verändernde Lebensbedingungen einzustellen. Dabei ausschließlich von einer fortschreitenden Erwärmung auszugehen, ist einäugig. Wie die Geschichte lehrt, werden die Kälteperioden der Menschheit die größeren Probleme bereiten.

Die Anstrengungen zur globalen Reduzierung der CO₂-Emissionen sollten vor allem aus energiepolitischen Überlegungen abgeleitet werden. Vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit erscheint es dringend geboten, den Schutz der Ressourcen um der Ressourcen - und damit unserer Nachkommen - willen zu betreiben. Selbst wenn unsere fossilen Energiereserven noch 100-200 Jahre reichen, was ist, abgesehen von ihrer zunehmenden Verknappung/Verteuerung, diese Zeitspanne vor dem Hintergrund der Menschheitsentwicklung. Auch ist zu bedenken, dass in kälteren Zeiten der Energiebedarf höher sein wird als bei der „prognostizierten“ Erwärmung.

Vor diesem Hintergrund kommt dem Einsatz regenerativer Energien als Ergänzung zu den konventionellen Energieträgern eine wichtige Rolle zu. Allerdings sollte man auch die Grenzen beim Einsatz erneuerbarer Energien klar erkennen. So stehen uns in Mitteleuropa in der kalten und dunklen Jahreszeit, wenn der Energiebedarf besonders hoch ist, im Mittel nicht mehr als 10% der Sonnenenergie im Vergleich zu den Sommermonaten zur Verfügung. So weisen meine Solarröhren selbst an sonnigen Wintertagen mittags nur Temperaturwerte von 20°C auf.

Last but not least sollte dem regionalen und überregionalen Umweltschutz weltweit höchste Priorität eingeräumt werden. Die Reinhaltung von Luft, Wasser und Boden, der Erhalt der Wälder, von biologisch intakten Flüssen, Seen und Ozeanen usw. kommen den Menschen unmittelbar zu gute und stellen in der Summe einen effektiven und nachhaltigen Beitrag zum Klima und zur Lebensqualität auf unserem blauen Planeten dar.

P.S. Zu den Beilagen SO 29/07 und SO 34/07: In der 1. Pressemitteilung 2008 vom 2.1.08 kündigt das Space and Science Research Center in Orlando, USA, aufgrund von NASA-Feststellungen einen Rückgang der solaren Aktivität mit einer kommenden Kaltzeit in den nächsten Jahrzehnten an.

(<http://www.spaceandscience.net/id16.html>)