

Beiträge zur Berliner Wetterkarte

Herausgegeben vom Verein BERLINER WETTERKARTE e.V.
zur Förderung der meteorologischen Wissenschaft

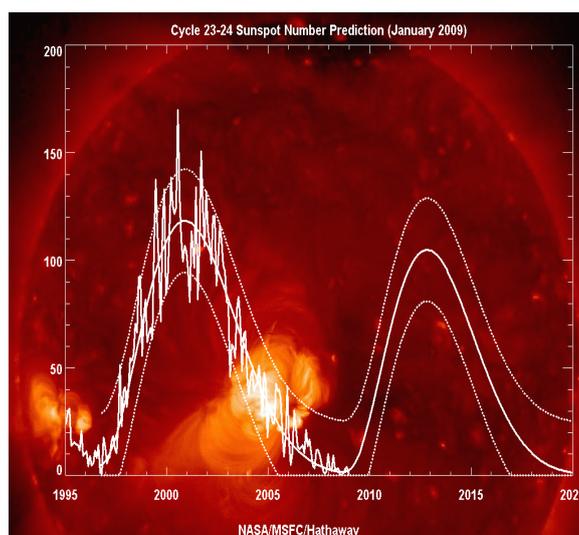
c/o Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin C.-H.-Becker-Weg 6-10165 Berlin
03/11 <http://www.Berliner-Wetterkarte.de> ISSN 0177-3984
SO 01/11 5.1.2011

Über den solaren Anteil am kurz- und langfristigen Temperaturverhalten nach 1880 auf der regionalen und globalen Klimaskala

Horst Malberg, Univ.Prof. (A.D.) für Meteorologie und Klimatologie

Wie in früheren Beiträgen zur BWK ausgeführt, wird das Klimasystem der Erde sowohl von kurz- als auch von langfristigen Prozessen permanent beeinflusst (angetrieben). Der resultierende Antriebsvektor bestimmt in jeder Klimaphase Richtung und Ausmaß des Klimaverhaltens. Zu den kurzzeitigen Einflussfaktoren zählen u. a. die Auswirkungen von Vulkanausbrüchen auf die solare Einstrahlung, die regelmäßigen atmosphärischen Auswirkungen der ENSO-Kaltphasen (La Niña) bzw. ENSO-Warmphasen (El Niño), aber auch Fluktuationen des solaren Energieflusses.

Zu den langfristigen Klimaprozessen zählte in allen Klimaepochen unseres Planeten der solare Klimaantrieb, d.h. die langfristige Änderung des solaren Energieflusses zur Erde. Der Wechsel von Warm- und Kalt-/Eiszeiten während der letzten rund 2 Mio. Jahre ist ein Beleg für den solaren Effekt. Auch wenn der solare Effekt im Glazial bzw. Interglazial andere zeitliche Dimensionen hatte, so ändert das nichts an der Tatsache, dass unser Klima auf allen Zeitskalen von der Sonne fortlaufend beeinflusst wird.



Solare Aktivität 1995-2009 und Prognose-Szenarien bis 2020 (NASA)

Bei der folgenden Analyse geht es zum einen um die Frage, welchen Anteil der integrale (direkte und indirekte) solare Effekt auf der kurzfristigen, quasi-dekadischen Klimasubskala hat, die durch Überlagerung vielfältiger Prozesse eine große Variabilität aufweist. Zum anderen gilt es zu untersuchen, wie hoch der Anteil des solaren Effekts am wahren, langfristigen Klimawandel ist. Die Antwort auf diese Frage wird zugleich klären, wie sicher die Behauptung von der Dominanz des menschlichen (CO₂-) Klimaeinflusses auf die Erwärmung im 20. Jahrhundert ist.

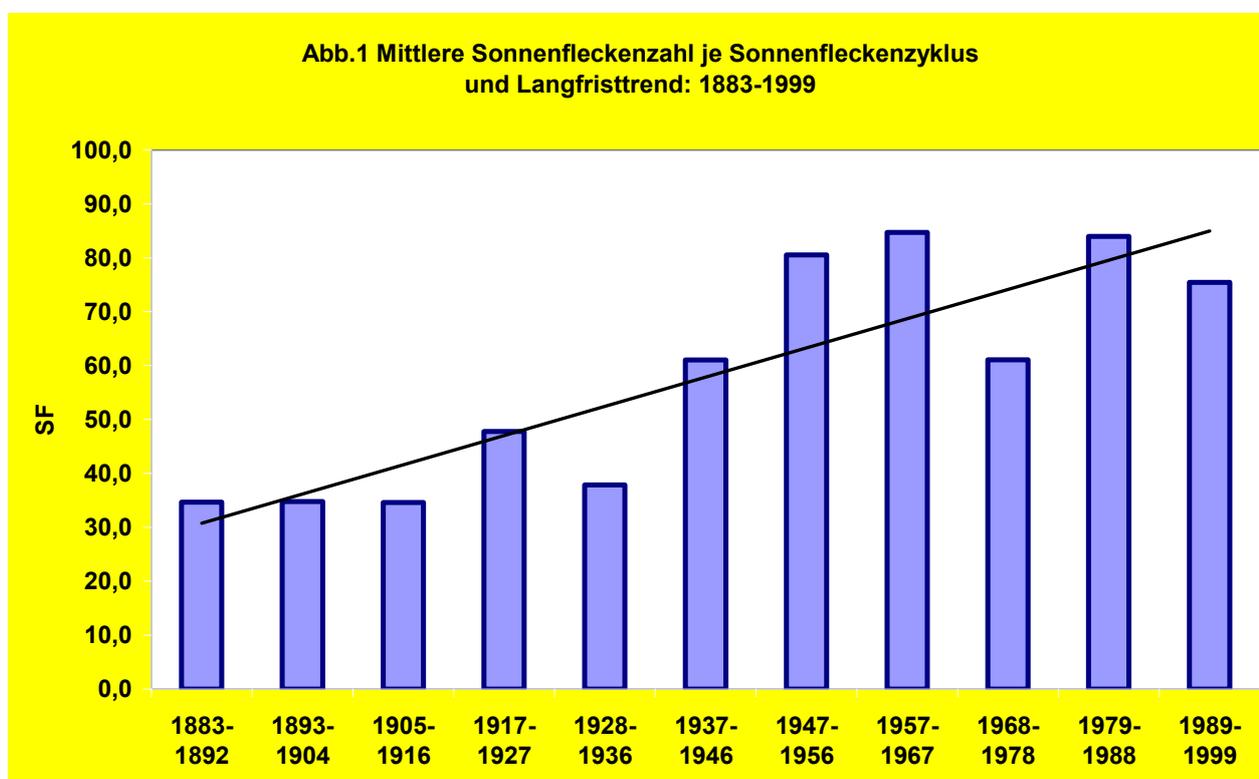
Das regionale Klimaverhalten

Lange und zuverlässige Klimareihen wie in Europa liegen außerhalb von Europa nur begrenzt vor. Viele Klimastationen sind erst im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts eingerichtet worden. Aus diesem Grund beginnt die vorliegende Analyse mit dem Sonnenfleckenzyklus ab 1883. Sie erfasst dabei den Zeitraum der globalen Erwärmung bis zum Ende des 20. Jahrhunderts. Seither fehlt nach den offiziellen Daten ein weiterer globaler Temperaturanstieg. Die Jahresmitteltemperaturen pendeln im letzten Jahrzehnt lediglich im El Niño-/La Niña-Rhythmus leicht auf und ab (Korrelation zu ENSO-Phasen: +0,95).

In der Untersuchung wurde zum einen das kurzzeitige und zum anderen das langfristige Temperaturverhalten analysiert, und zwar auf der regionalen Klimaskala für Japan, die USA, Mitteleuropa und Central England sowie auf der globalen/ hemisphärischen Klimaskala. Dem Flächenmittel „Japan“ liegen die Temperaturreihen von Tokyo, Akita und Kagoshima zu Grunde, dem Flächenmittel „USA“ die Klimareihen Boston, Chicago, New York und San Francisco. Die Mitteleuropareihe basiert, wie in früheren Untersuchungen, auf den Klima-beobachtungen von Berlin, Basel, Prag und Wien. Westeuropa wird durch die Klimareihe „Central England Temperatures“ (CET) erfasst.

Anhand dieser 7 Datensätze sowie der Sonnenfleckenzahlen wird zum einen untersucht, wie groß der solare Anteil am kurzfristigen, quasi-dekadischen Klimaverhalten mit seinen ausgeprägten Fluktuationen ist. Zum anderen wird untersucht, welchen Anteil der solare Effekt an der langfristigen Klimaentwicklung, dem regionalen und globalen Klimawandel hat.

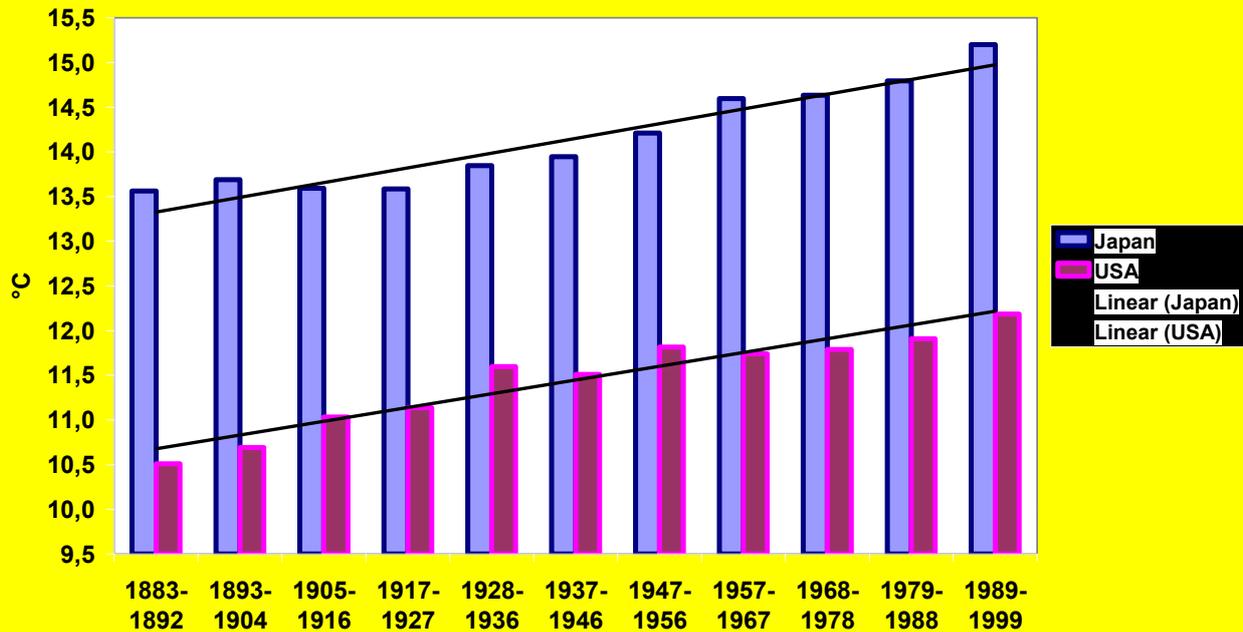
Betrachten wir als erstes das Verhalten der solaren Aktivität im Zeitraum 1883-1999. In **Abb. 1** ist zum einen die mittlere Sonnenfleckenzahl je Sonnenfleckenzyklus wiedergegeben. Zum anderen ist anhand der Regressionsgeraden die langfristige Änderung der solaren Aktivität zu erkennen. Wie die Regressionsanalyse zeigt, hat sich die mittlere Sonnenfleckenzahl pro Sonnenfleckenzyklus um 5,4 erhöht, d.h. vom Ende des 19. bis zum Ende des 20. Jahrhunderts hat die mittlere Sonnenfleckenzahl pro Zyklus um mehr als 100% zugenommen. Die solare Aktivität weist einen unverkennbaren langfristigen Anstieg auf. Entsprechend müssen die Auswirkungen des solaren Effekts im Klimasystem der Erde sein.



In **Abb.2 (folgende Seite)** sind die Mitteltemperaturen je Sonnenfleckenzyklus im Zeitraum 1883-1999 für Japan und die USA dargestellt. Eingezeichnet sind ferner die jeweiligen Regressionsgeraden. Diese geben die über 3 Sonnenfleckenzyklen (im Mittel 33 Jahre) gleitende langfristige Temperaturentwicklung wieder. Damit entsprechen sie der WMO-Definition, wonach Klima und Klimaänderungen durch Perioden von „mindestens 30 Jahren“ zu beschreiben sind.

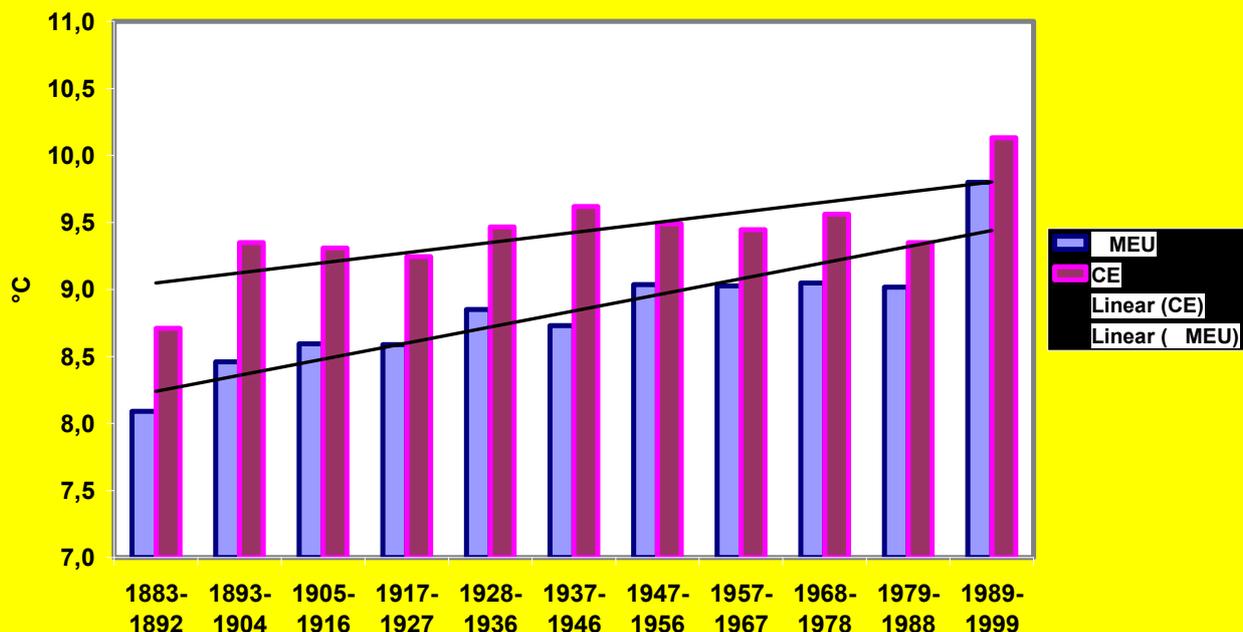
Sowohl in Japan als auch in den USA ist der Temperaturanstieg unverkennbar. Der Regressionsparameter zeigt eine Erwärmung von +0,15°C je Sonnenfleckenzyklus (inkl. Wärmeinseleffekt der Städte) an.

Abb.2 Mittlere Temperatur je Sonnenfleckenzyklus für Japan und die USA sowie langfristige Klimaentwicklung:1883-1999

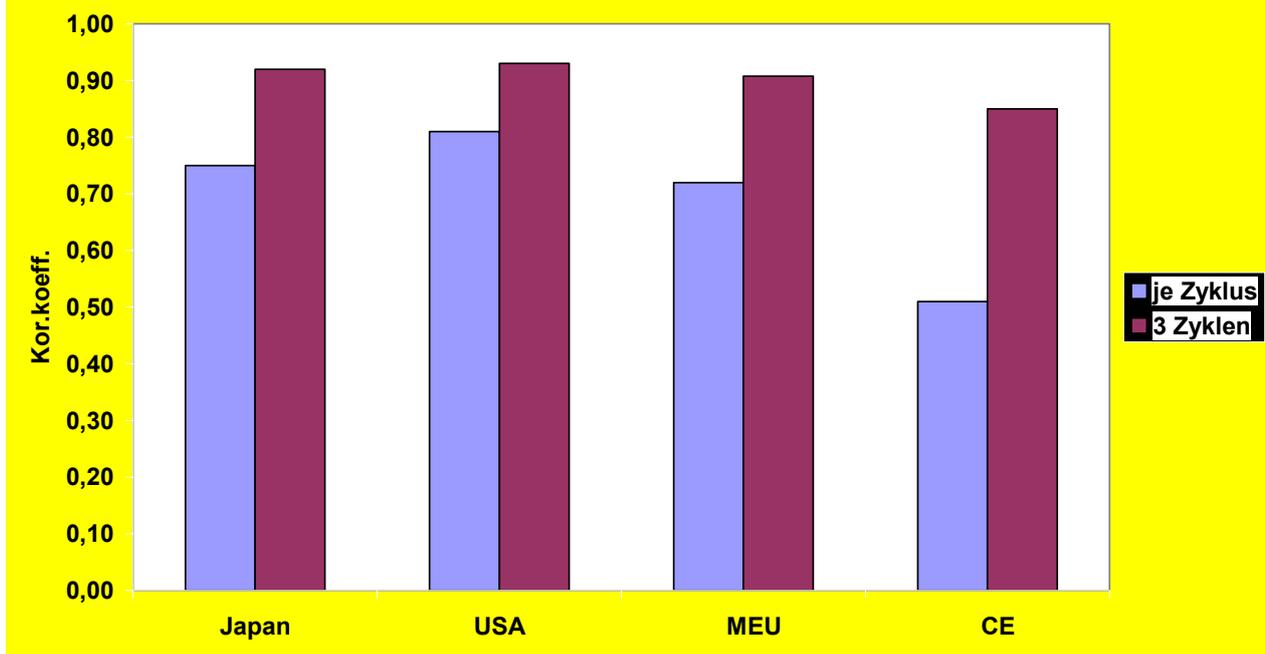


In **Abb.3** ist die mittlere Temperatur je Sonnenfleckenzyklus für Mitteleuropa und Zentral-England dargestellt. Die Regressionsgeraden zeigen wiederum die langfristige, über Klimaperioden von 3 Sonnenfleckenzyklen gleitende Temperaturentwicklung an, also den Klimawandel seit 1883. Für Mitteleuropa zeigt die Regressionsanalyse einen Anstieg von $+0,12^{\circ}\text{C}$ je Sonnenfleckenzyklus und für Zentral-England von rund $+0,08^{\circ}\text{C}$. In Anbetracht des in der Mitteleuropareihe latent enthaltenen Wärmeinseleffekts reduziert sich die Temperaturzunahme Mitteleuropas von $+1,2^{\circ}\text{C}$ auf effektiv $+0,73^{\circ}\text{C}$ (s. Beiträge zur BWK SO 26/10). Mit $+0,75^{\circ}\text{C}$ weist Westeuropa im Zeitraum 1883-1999 die gleiche Erwärmung auf wie Mitteleuropa.

Abb.3 Mittlere Temperatur je Sonnenfleckenzyklus für Mitteleuropa und Central England sowie langfristige Klimaentwicklung: 1883-1999



**Abb.4 Korrelation von regionaler Mitteltemperatur und mittlere Sonnenfleckenanzahl
1883-1999**



Zur Bestimmung des solaren Anteils am kurzzeitigen Temperaturverhalten sowie an der langfristigen Klimaentwicklung wurden zwei Korrelationsanalysen für Perioden je Sonnenfleckenzyklus (im Mittel 11 Jahre = quasi-dekadisch) durchgeführt und zum anderen für Perioden von 3 Sonnenfleckenzyklen (gleitend). Die Ergebnisse für die vier Klimaregionen sind in **Abb.4** wiedergegeben. Für die Korrelation von Mitteltemperatur und mittlerer Sonnenfleckenanzahl je Sonnenfleckenzyklus folgt für Japan und Mitteleuropa ein Korrelationskoeffizient von rund +0,75, für die USA von +0,81 und für Zentral-England von +0,51. Damit vermag der solare Einfluss an den quasi-dekadischen Temperaturfluktuationen, also beim Zusammenwirken vielfältiger kurzzeitiger Einflüsse, in Japan, Mitteleuropa und den USA rund 50% -60% der Klimavariabilität zu erklären. Die geringe erklärte Varianz von 25% in Zentral-England ist eine Folge des Golfstrom-Einflusses, dessen thermische Trägheit auf der kurzen Zeitskala eine wesentliche Rolle spielt.

Um die Auswirkungen von solaren Antriebsänderungen auf die nachhaltige langfristige Klimaentwicklung zu untersuchen, wurden die kurzzeitigen Schwankungen entsprechend der WMO-Klimadefinition durch eine Mittelbildung über 3 Sonnenfleckenzyklen herausgefiltert. Da der solare Antrieb ein kontinuierlicher Energiefluss ist, wurde die Korrelationsanalyse für gleitende Klimaperioden durchgeführt.

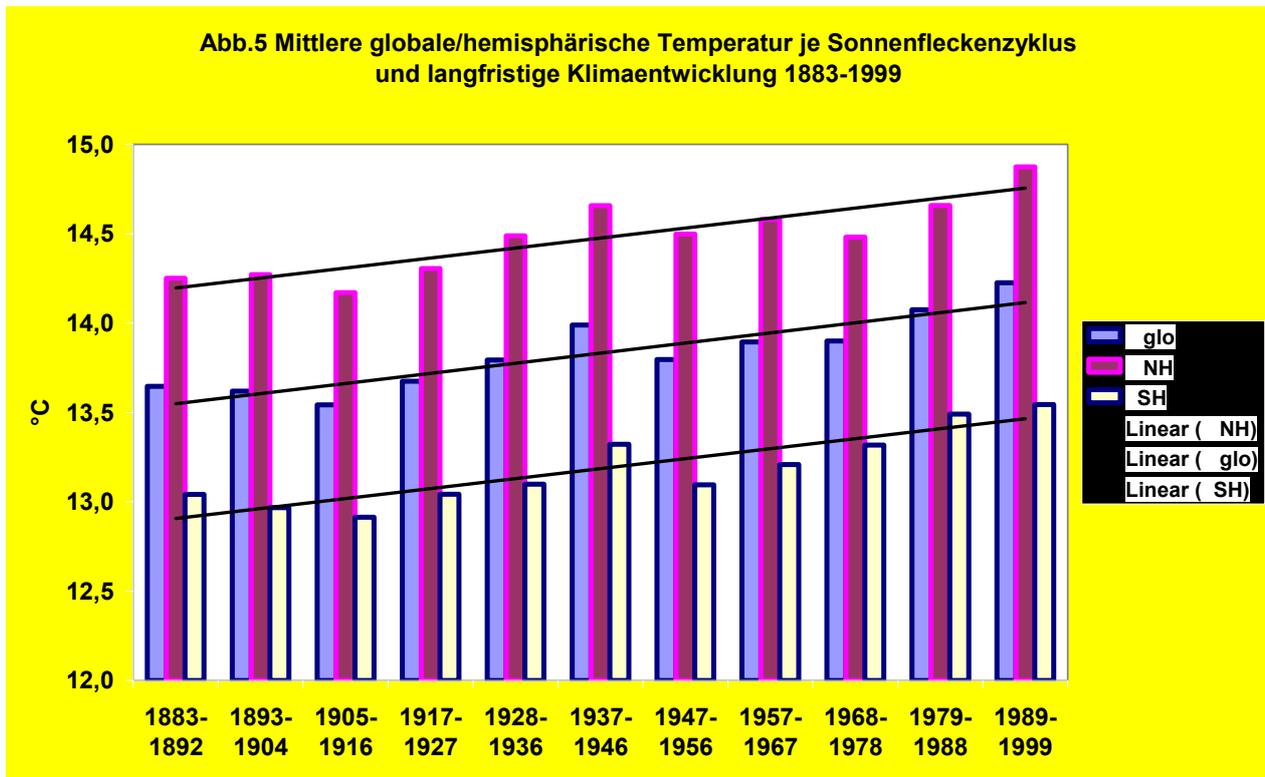
Die ebenfalls in **Abb.4** dargestellten Ergebnisse sprechen eine eindeutige Sprache. Für die Erwärmung im Zeitraum 1883-1999 folgen über den Zusammenhang von Klimatemperatur und gesteigerter Sonnenfleckenanzahl/Sonnenaktivität Korrelationskoeffizienten für Japan von +0,92, die USA von +0,93, für Mitteleuropa von +0,91 und für Zentral-England von +0,85. Das bedeutet: Der solare Effekt vermag in Japan, USA und Mitteleuropa mehr als 80% und im ozeanischen Westeuropa rund 75% des Temperaturverhaltens zwischen 1883 und 1999 zu erklären.

Das globale/hemisphärische Klimaverhalten

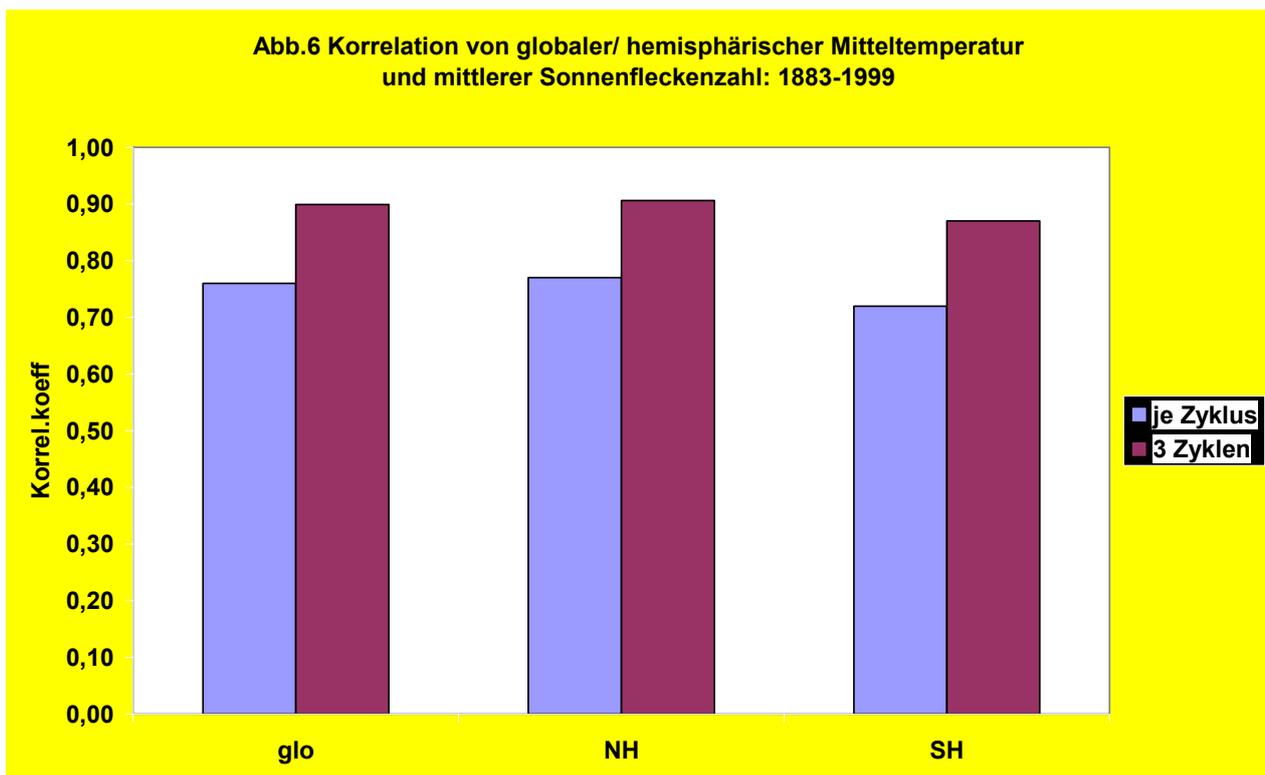
Das „globale“ Klima ist das Mittel über alle Klimaregionen der Erde. Im Grunde ist es nur eine vereinfachte Maßzahl, um die allgemeine Klimaentwicklung der Erde zu beschreiben und um grundlegende Ursachenanalysen zum Klimawandel durchzuführen. Bei einem Ozean-Land-Verhältnis von rund 70:30 wird die globale Mitteltemperatur von den Temperaturverhältnissen über den Ozeanen dominiert. Am stärksten ist dieses auf der Südhalbkugel der Fall, wo das Ozean-Land-Verhältnis 80:20 beträgt, während die Relation auf der Nordhalbkugel 60:40 ist.

Die Folge ist, dass auf der Nordhalbkugel nicht nur die Mitteltemperatur höher liegt, sondern sie auch spontaner auf veränderte Klimaerregungen reagiert als die Südhalbkugel mit ihren größeren thermisch trägen Ozeanmassen.

In **Abb.5** sind die globalen und die hemisphärischen Mitteltemperaturen je Sonnenfleckenzyklus im Zeitraum 1883-1999 dargestellt. Die Regressionsgeraden belegen die langfristige Temperaturzunahme. Sie beträgt (nach CRU-Daten) $+0,06^{\circ}\text{C}$ je Sonnenfleckenzyklus bzw. $+0,6^{\circ}\text{C}$ global und hemisphärisch im 120-jährigen Gesamtzeitraum.



Vergleicht man das Temperaturverhalten in **Abb.5** mit dem Verlauf der solaren Aktivität in **Abb.1**, so ist das synchrone Verhalten beider Größen unverkennbar. Über den Grad des Zusammenhangs soll wiederum die Korrelationsanalyse Aufschluss geben. Die Ergebnisse sind in **Abb.6** wiedergegeben.



Bei der Berechnung des Zusammenhangs von Mitteltemperatur und mittlerer Sonnenfleckenanzahl je Sonnenfleckenzyklus ergeben sich Korrelationskoeffizienten von +0,76 global, +0,77 für die Nordhalbkugel und +0,72 für die Südhalbkugel. Damit vermag die solare Aktivität rund 50% (Südhalbkugel) bis 60% (Nordhalbkugel) der quasi-dekadischen Temperaturschwankungen zu erklären.

Filtert man die kurzzeitigen Temperaturfluktuationen heraus, indem man das langfristige, über 3 Sonnenfleckenzyklen gleitende Temperaturverhalten mit der mittleren Sonnenfleckenanzahl dieser Perioden korreliert, so erhält man folgendes Ergebnis: Der Korrelationskoeffizient zwischen globaler/ hemisphärischer Erwärmung im Zeitraum 1883-1999 beträgt für die globale Klimaskala +0,90, für die Nordhalbkugel +0,91 und für die Südhalbkugel +0,87.

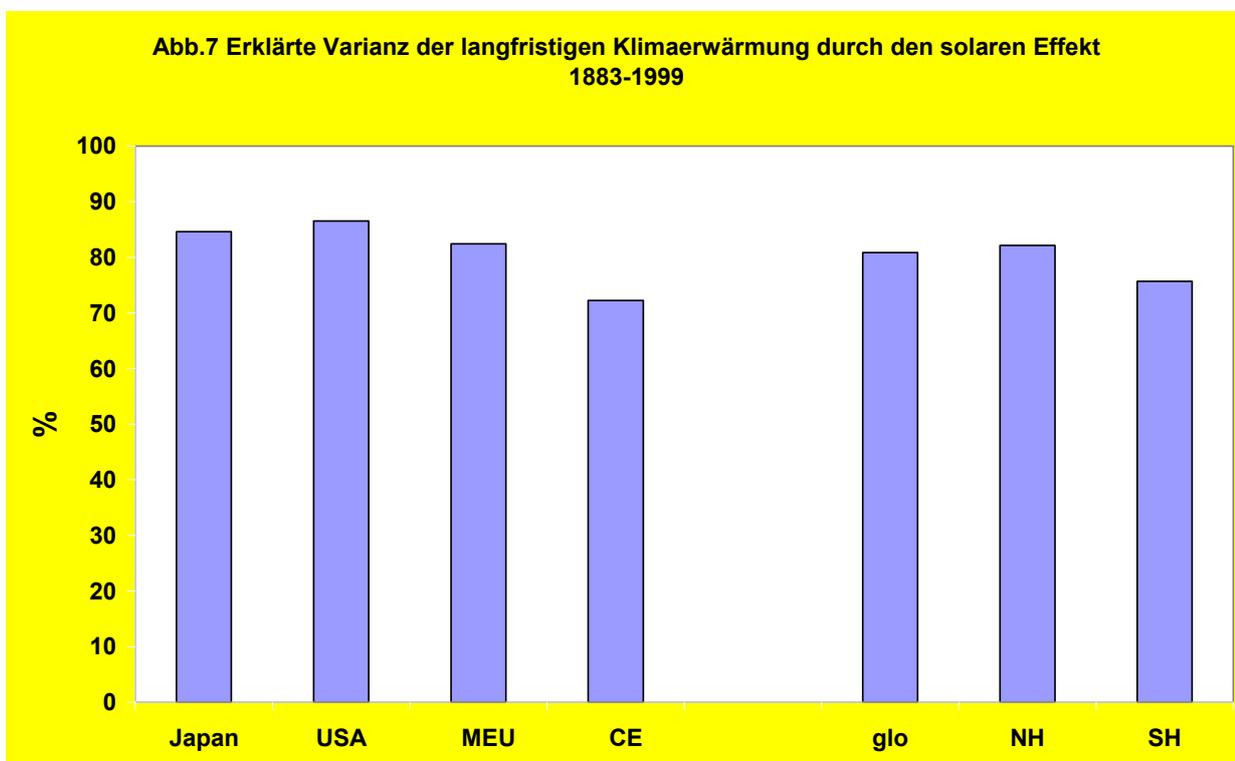
Damit folgt: Bei der langfristigen Temperaturentwicklung, also dem Klimawandel zwischen 1883 und 1999, vermag der solare Effekt rund 80% der Klimavarianz zu erklären.

Zusammenfassende Schlussbetrachtung

Die durchgeführte Untersuchung hatte zum Ziel, den solaren Anteil am regionalen sowie am globalen/hemisphärischen Klimaverhalten zu bestimmen, und zwar zum einen bei kurzfristigen, quasi-dekadischen Perioden und zum anderen bei der langfristigen Klimaentwicklung. Dazu wurden für den Zeitraum der globalen Erwärmung zwischen 1880 und dem Ende des 20. Jahrhunderts die regionalen Klimaentwicklungen von Japan, den USA, Mitteleuropa und Zentral-England sowie das globale/ hemisphärische Temperaturverhalten im Zusammenhang mit den Änderungen der solaren Aktivität analysiert.

Als kurzfristig wurden dabei die zeitlichen Schwankungen der Mitteltemperatur für Perioden je Sonnenfleckenzyklus (im Mittel 11 Jahre = quasi-dekadisch) definiert. Um von diesen die wahre, langfristige Klimaentwicklung zu unterscheiden, wurden im Sinne der WMO-Definition (mindestens 30 Jahre) Klimaperioden von 3 Sonnenfleckenzyklen (im Mittel 33 Jahre) gewählt.

Entsprechend dieser Unterscheidung wurden die Korrelationsanalysen zwischen dem regionalen, globalen, hemisphärischen Temperaturverhalten und der mittleren Sonnenfleckenanzahl durchgeführt.



Die Ergebnisse sind eindeutig. Auf der kurzfristigen Klimaskala ergeben sich Korrelationskoeffizienten global wie regional um +0,75. Damit vermag der solare Effekt einen Anteil von rund 55% an den dekadischen Temperaturschwankungen regional wie global empirisch gesichert zu erklären.

Entscheidend in Bezug auf den nachhaltigen Klimawandel sind jedoch Temperatur- und solares Verhalten auf der langfristigen Klimaskala. Für die über 3 Sonnenfleckenzyklen gleitende Korrelation von mittlerer Tempe-

ratur und Sonnenfleckenanzahl berechnen sich regional wie global/ hemisphärisch Korrelationskoeffizienten um +0,90. Die statistische Irrtumswahrscheinlichkeit über den langfristigen Zusammenhang von Temperatur und Sonnenaktivität liegt nach dem zweiseitigen t-Test bei 0,1%, d.h. die Ergebnisse sind auf dem 99,9%-Niveau abgesichert.

Eng gekoppelt mit dem Korrelationskoeffizienten ist die „erklärte Varianz“. Sie beschreibt im vorliegenden Fall, wie groß der Anteil am langfristigen Temperaturverhalten ist, der durch den integralen (direkten und indirekten) solaren Effekt erklärt werden kann. Die regionalen und global-hemisphärischen Ergebnisse sind in **Abb.7 (vorherige Seite)** zusammenfassend dargestellt.

Auf der Südhalbkugel und in Zentral-England, wo der Ozeaneinfluss eine besondere Rolle spielt, lassen sich rund 75% des langfristigen Temperaturanstiegs nach 1880 mit dem klimawirksamen Einfluss der Sonne erklären. In den anderen Regionen sowie global und auf der Nordhalbkugel können über 80% des Temperaturverhaltens im Zeitraum 1883-1999 statistisch hoch signifikant durch den solaren Effekt erklärt werden.

Vor diesem Hintergrund kann die Aussage des IPCC, wonach dem solaren Effekt ein „sehr geringer“ (3. IPCC-Bericht, 2001) bzw. „geringer“ (4. IPCC-Bericht, 2007) Einfluss auf den Klimawandel zukommen soll, nur als realitätsfern und als „klimakatastrophale“ Fehlleinschätzung bezeichnet werden.

Für den anthropogenen Klimaeinfluss bleibt nach der Residuum-Methode nur ein durch die Sonne nicht erklärter Bereich von maximal 20% am globalen/regionalen Temperaturverhalten im Zeitraum 1883-1999 übrig. Der von der Politik auf den CO₂-Effekt reduzierte anthropogene Klimaeinfluss wird nach den obigen Ergebnissen weit überschätzt. Wer dennoch glaubt, anhand von warmen Einzeljahren einen wesentlichen anthropogenen Klimaeinfluss belegen zu müssen, der muss sich den Vorwurf gefallen lassen, vom Inhalt des Klimabegriffs nichts verstanden zu haben.

Fazit

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse sollte an die Stelle eines wissenschaftlich nicht konsensfähigen globalen Klimaschutzes die oberste Priorität auf einen weltweiten Umweltschutz gelegt werden. Saubere Luft zu atmen, sauberes Wasser zu trinken, unbelastete Seen, Flüsse, Ozeane und Erdböden sowie ein intaktes Ökosystem gehören zu den Grundrechten des Menschen. Ein stabiles Klima gehört, wie die Klimageschichte lehrt, nicht dazu. So sollte man bei der Suche nach den Ursachen des Artensterbens die Umweltsünden im Fokus haben, anstatt eine Temperaturschwankung von +0,6°C dafür verantwortlich zu machen, die in der jüngeren Klimageschichte (Erwärmung nach der Kleinen Eiszeit) von Natur aus völlig normal ist.

Literatur

- Brohan, P., J.J. Kennedy, I. Haris, S.F.B. Tett and P.D. Jones: Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *J. Geophysical Research*, 111, D12106, doi:10.1029/2005JD006548 -- pdf
- BMBF Herausforderung Klimawandel“. 2004: <http://www.bmbf.de/pub/klimawandel.pdf>
- Claußnitzer, A. Das Maunder-Minimum. Eine Modellstudie mit dem „Freie Universität Berlin Climate Middle Atmosphere Model“ (FUB-CMAM). Diplomarbeit. 2003
- Cubasch, U. Variabilität der Sonne und Klimaschwankungen. *Max-Planck-Forschung. Das Wissenschaftsmagazin der Max-Planck-Gesellschaft* (2001)
- Eddy, J.A. „The Maunder Minimum“. *Science* 192. 1976
- EIKE: www.eike-klima-energie.eu
- Hennig, R. Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse –von den alten Zeiten bis zum Jahre 1800. *Abh. Kgl. Preuß. Met.Inst.Bd.II/4* .1904
- Hoyt, D. V. and Schatten, K. H.: *The role of the sun in climate change*. New York-Oxford, Oxford University Press. 1997
- Jones, P.D., New, M., Parker, D.E., Martin, S. and Rigor, I.G., 1999: Surface air temperature and its variations over the last 150 years. *Reviews of Geophysics* 37, 173-199.
- Labitzke, K. and H. van Loon: The signal of the 11-years sunspot cycle in the upper troposphere-lower Stratosphere. 1997
- Labitzke, K. On the solar cycle – QBO – relationship. *J.A.A., special issue* 67, 45-54. 2005
- Landscheidt, T. Solar oscillations, sunspot cycles, and climatic change. In: McCormac, B. M., Hsg.: *Weather and climate responses to solar variations*. Boulder, Ass. Univ. Press (1983)
- Malberg, H. und G. Bökens: Änderungen im im Druck-/Geopotential- und Temperaturgefälle zwischen Subtropen und Subpolarregion im atlantischen Bereich im Zeitraum 1960-90. *Z.f.Meteor. N.F.* (1993)
- **Malberg, H.** Beiträge des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin/Berliner Wetterkarte:
 - Über den Klimawandel in Mitteleuropa seit 1850 und sein Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. SO 17/02
 - Die globale Erwärmung seit 1860 und ihr Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. SO 27/02

- Die nord- und südhemisphärische Erwärmung seit 1860 und ihr Zusammenhang mit der Sonnenaktivität. SO 10/03
- Der solare Einfluss auf das mitteleuropäische und globale Klima seit 1778 bzw. 1850. SO 01/07 (2007) – In Memoriam Prof. Richard Scherhag.
- Über den dominierenden solaren Einfluss auf den Klimawandel seit 1701. SO 27/07
- El Niño, Vulkane und die globale Erwärmung seit 1980. SO 34/07
- El Niño und der CO₂-Anstieg sowie die globale Erwärmung bei C11/09O₂-Verdopplung. SO 02/08
- Die unruhige Sonne und der Klimawandel. SO 20/08
- Über die kritische Grenze zwischen unruhiger und ruhiger Sonne und ihre Bedeutung für den Klimawandel. SO 03/09
- La Nina - El Niño und der solare Einfluss – Der Klimawandel 1950-2008. SO 11/09
- Über das Stadtklima und den Klimawandel in Deutschland seit 1780. SO 18/09
- Langfristiger Klimawandel auf der globalen, lokalen und regionalen Klimaskala und seine primäre Ursache: Zukunft braucht Herkunft. SO 29/09 (2009)
- Der solare Einfluss auf den Klimawandel in Westeuropa seit 1672. SO 37/09 (2009)
- Rekonstruktion des Klimawandels seit 1860 bzw. 1672 aufgrund solarer Aktivitätsänderungen, SO 11/10 (2010)
- Kurzperiodische und dekadische Klimavariabilität im Zeitraum 1980-2009. SO18/10 (2010)
- Über scheinbare und tatsächliche Klimaerwärmung seit 1850. SO26/10 (2010)
- Malberg, H. Klimawandel und Klimadiskussion unter der Lupe. Z. f. Nachhaltigkeit 5. 2007
- Malberg, H. Klimawandel und Klimadebatte auf dem Prüfstand. Verh. Ges.Erdkunde zu Berlin. 2007
- Malberg, H. Der solare Einfluss auf den Klimawandel. Jahrbuch der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg, 2010
- Matthes, K., Y. Kuroda, K. Kodera, U. Langematz: Transfer of the solar signal from the stratosphere to the troposphere: Northern winter. J. Geophys. Res., 111.2005
- Matthes, K., U. Langematz, L. L. Gray, K. Kodera Improved 11- year solar signal in the Freie Universität Berlin climate middle atmosphere model. J. Geophys. Res., 109. 2003
- Negendank, J.W. Gehen wir einer neuen Kaltzeit entgegen? Klimaänderungen und Klimaschutz.TU-Cottbus.2007
- Pelz, J. Die Berliner Jahresmitteltemperaturen von 1701 bis 1996, Beilage Berl. Wetterkarte, 06/1997
- Scafetta; N. and B.J. West: Is Climate Sensitive to Solar Variability. Physics today. (2008)
- Scherhag, R. Die gegenwärtige Abkühlung der Arktis. Beilage Berliner Wetterkarte SO31/1970
- Svensmark, H. Cosmic rays and earth's climate. Space Science Rev. 93 (2000)
- Svensmark, H. Cosmic Climatlogy – A new theory emerges. A&G, Vol. 48 (2007)
- Svensmark, H., Friis-Christensen, E. Reply to Lockwood and Fröhlich – The persistent role of the Sun in Climate forcing. Danish Nat.Space Center. Scientific Report 3/07 (2007)
- Wehry, W. Einige Anmerkungen zu meteorologischen Messungen und Datenreihen. Beiträge BWK SO 22/09
- Winkler, P. Revision and necessary correction of the long-term temperature series of Hohenpeissenberg, 1781–2006- Theor. Appl. Climatol. 75 (2009)

Daten:

Den Temperaturdaten von Basel und Wien liegen die Klimareihen von F. Baur zugrunde, die im Rahmen der „Berliner Wetterkarte“ fortgeführt wurden.

Die Temperaturdaten von Prag wurden der Internet-Veröffentlichung www.wetterzentrale.de/Klima/ entnommen, erweitert durch Werte, die von der Station Prag direkt zur Verfügung gestellt wurden.

Die Temperaturreihe von Berlin entspricht den von J. Pelz auf Berlin-Dahlem reduzierten Werten ab 1701.

Die globalen Temperaturreihen basieren auf den Werten des Climatic Research Unit, UK. (www.cru.uea.ac.uk/cru/data)

Die Sonnenfleckenzahlen entstammen den Veröffentlichungen von NOAA (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_Data/Sunspot_Numbers/Monthly/)

Die Sonnenfleckenzahlen vor 1749 wurden aus verschiedenen Quellen ermittelt.