

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

<http://wkserv.met.fu-berlin.de>

29/03

SO 10/ 03

ISSN 0177-3984

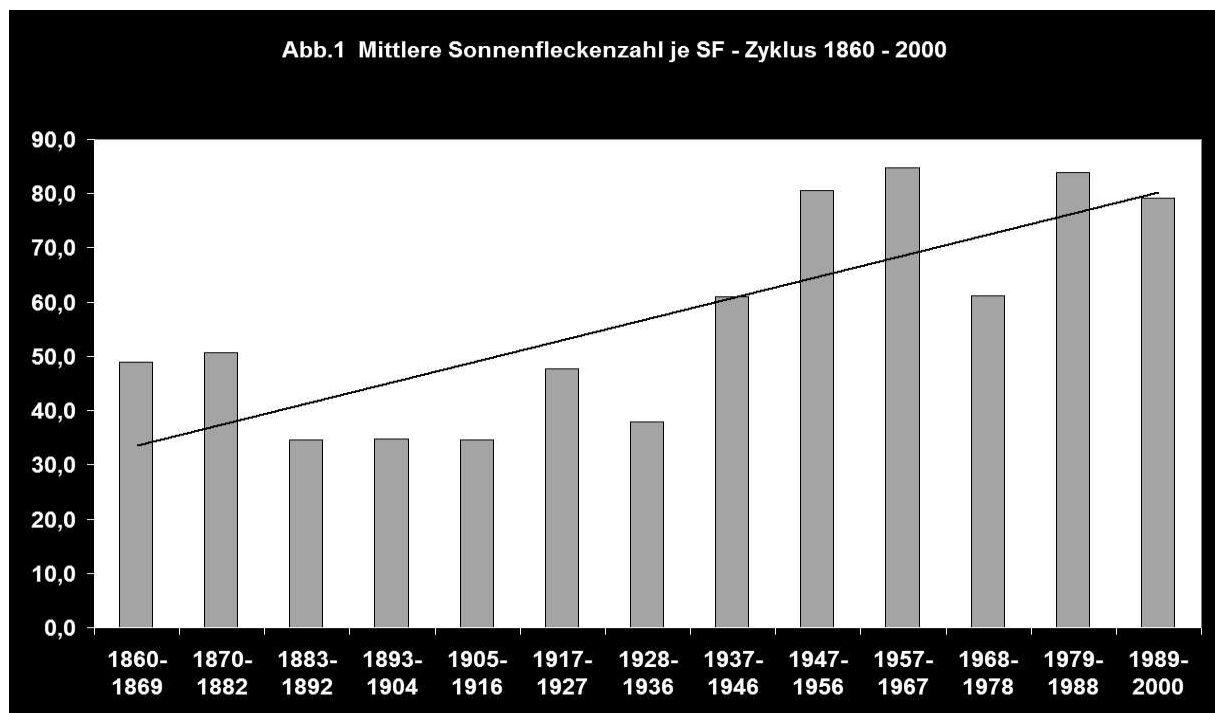
16.4.2003

Die nord- und südhemisphärische Erwärmung seit 1860 und ihr Zusammenhang mit der Sonnenaktivität

Horst Malberg

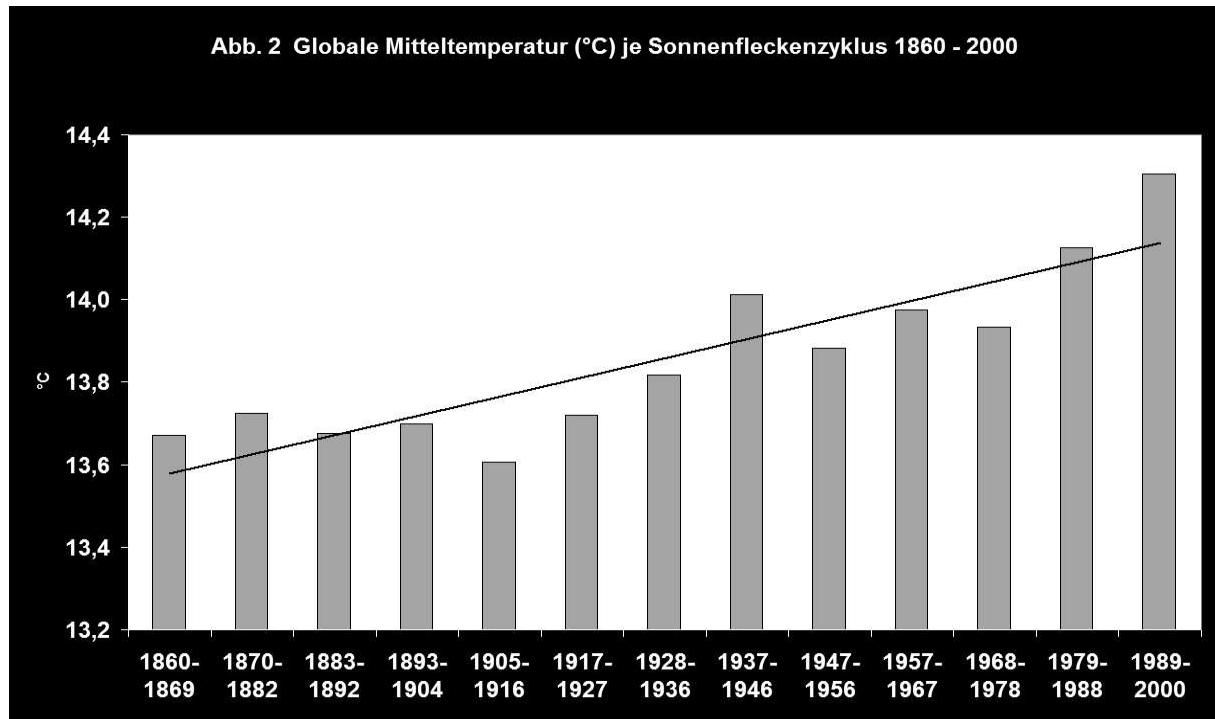
In den Beiträgen des Instituts für Meteorologie SO 17/02 und SO 27/02 war die Frage beantwortet worden, welcher Zusammenhang zwischen dem regionalen Klimawandel in Mitteleuropa, Japan und Nordamerika bzw. der globalen Erwärmung und der veränderten Sonnenaktivität der vergangenen 100-150 Jahre besteht. Als Indikator für die Sonnenaktivität wurde die mittlere Sonnenfleckenanzahl pro 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus herangezogen. Die 11-jährige Zykluslänge ist jedoch der vieljährige Mittelwert, de facto schwankten die Sonnenfleckenperioden seit 1860 zwischen 9 und 13 Jahren. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die früheren Ergebnisse mit den tatsächlich aufgetretenen Zykluslängen zu überprüfen. Gleichzeitig wird der Untersuchungszeitraum um einen weiteren Zyklus bis zum Jahr 2000 ausgedehnt und neben der globalen auch die hemisphärischen Erwärmungen analysiert. Außerdem soll durch die Berücksichtigung der Autokorrelation die statistische Aussagekraft der Ergebnisse abgesichert werden.

In Abb.1 ist die mittlere Sonnenfleckenanzahl für jeden individuellen Zyklus seit 1860 wiedergegeben. Als linearer Trend folgt eine Zunahme von 3,9 Flecken pro Zyklus, d.h. die mittlere Sonnenfleckenanzahl hat sich seit 1860 praktisch verdoppelt.

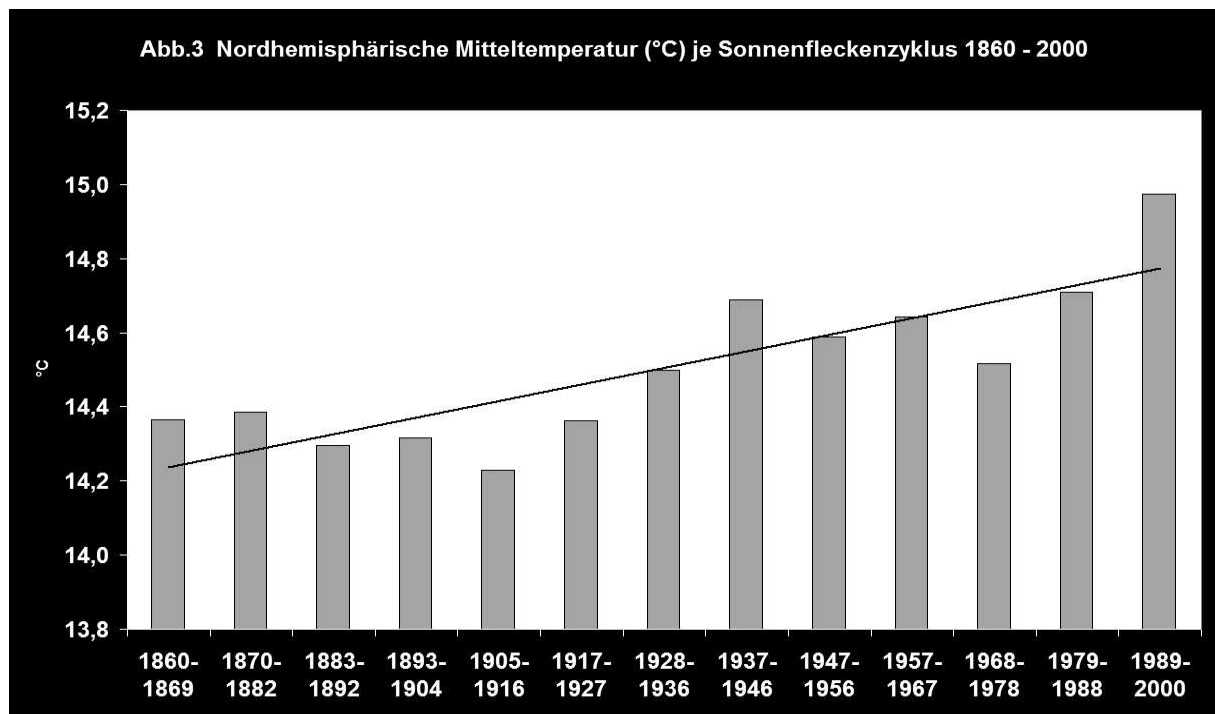


Zwar führen die Sonnenflecken selber zu einer verringerten Ausstrahlung, jedoch wird dieser Effekt durch die gleichzeitig erhöhte Zahl von strahlungsintensiven Sonnenfackeln überkompensiert, so daß im Endergebnis eine verstärkte solare Ausstrahlung erfolgt. Neben

dem grundsätzlichen Trend ist bei der Sonnenaktivität im Detail eine ausgeprägte Variabilität zwischen den Zyklen zu erkennen, z.B. das markante Minimum im Zeitraum 1905-1916.



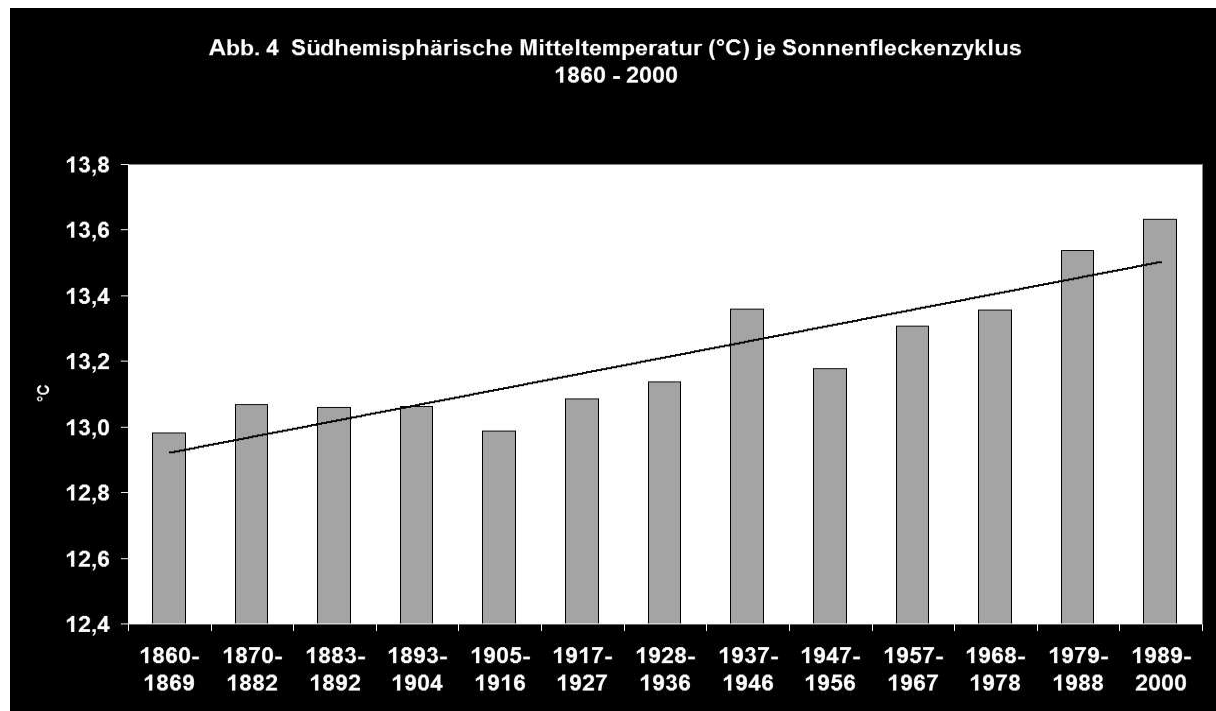
Die den Sonnenfleckenzyklen angepasste mittlere globale Erwärmung von 1860 bis 2000 ist in Abb.2 dargestellt. Der lineare Trend des 140-jährigen Zeitraums beträgt $+0,044^{\circ}\text{C}$ pro Jahrzehnt, was einer totalen globalen Erwärmung von $0,6^{\circ}\text{C}$ von 1860 bis heute entspricht.



Für den Zusammenhang zwischen der globalen Temperaturentwicklung und der verstärkten Sonnenaktivität errechnet sich für die Zeit 1860-2000 ein Korrelationskoeffizient von $+0,81$ und damit eine erklärte Varianz von 66%. Für Sommer- und Winterhalbjahr erhält man Korrelationskoeffizienten von $+0,80$ bzw. $+0,82$ und somit erklärte Varianzen von 64% bzw. 67%. Als linearer Temperaturtrend seit 1860 folgen pro Dekade Werte von $+0,05^{\circ}\text{C}$ je Winterhalbjahr und $+0,04^{\circ}\text{C}$ je Sommerhalbjahr.

Neben der Analyse der globalen Erwärmung ist es wegen ihrer unterschiedlichen Eigenschaften zweckmäßig, die Temperaturentwicklung der Nord- und Südhemisphäre getrennt zu betrachten. So beträgt auf der Südhalbkugel der Anteil Festland zu Ozean 19% zu 81%, auf der Nordhalbkugel dagegen 39% zu 61%. Die Südhemisphäre ist somit deutlich ozeanischer geprägt als die Nordhemisphäre mit ihrem hohen Kontinentanteil. Die Reaktionen auf veränderte Klimaantriebe sollten daher auf beiden Halbkugeln von Natur aus grundsätzlich unterschiedlich ablaufen.

In Abb.3 ist die Temperaturentwicklung der Nordhemisphäre seit 1860 entsprechend der Länge der aufgetretenen Sonnenfleckenzyklen dargestellt. Zugrunde liegen die jährlichen Temperaturabweichungen (nach Phil Jones) vom nordhemisphärischen Mittel (=14,6°C) der Klimaperiode 1961-1990.

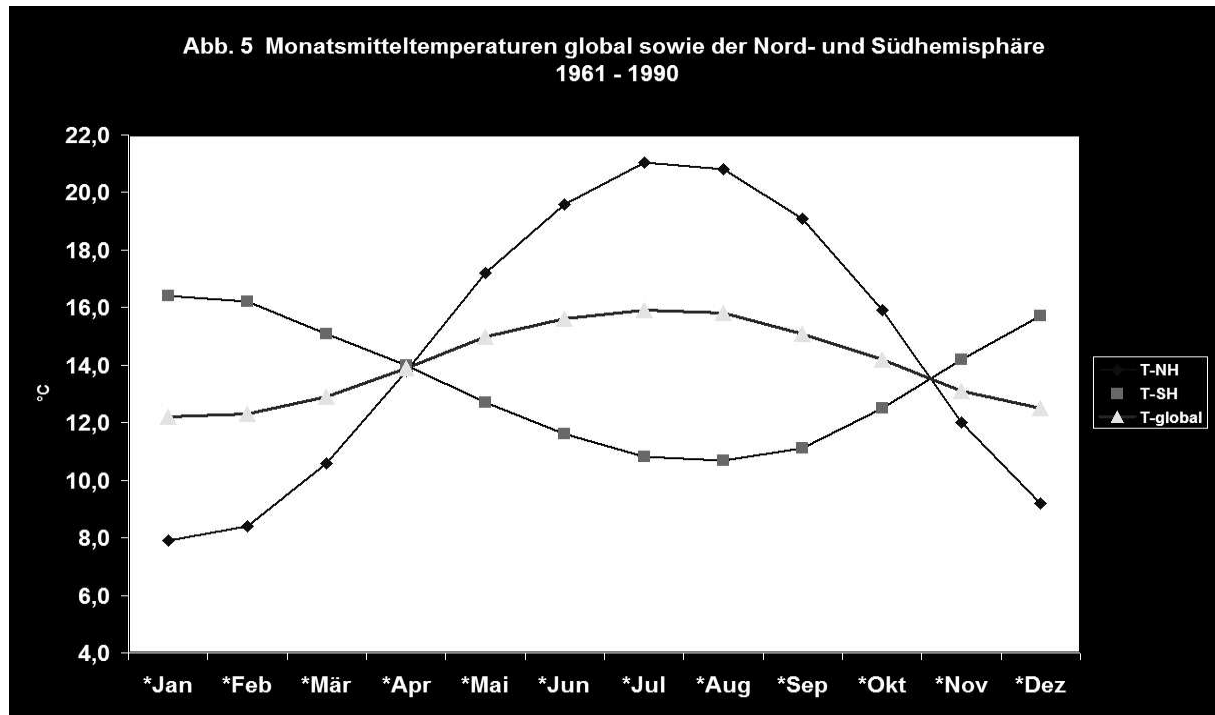


In Abb.4 ist analog die Temperaturentwicklung für die Südhalbkugel seit 1860 dargestellt. Der südhemisphärische Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990 beträgt 13,4°C, d.h. im Mittel ist die Nordhemisphäre 1,2°C wärmer als die Südhemisphäre.

Beide Hemisphären weisen zwischen 1860 und 2000 einen positiven Temperaturtrend von +0,045°C pro Jahrzehnt auf. Vergleicht man ihre Temperaturentwicklung mit der zeitgleichen Zunahme der Sonnenflecken (Abb.1), so ist der Zusammenhang wiederum unverkennbar. Auch die auffällig geringe Sonnenaktivität im Zeitraum 1905-16 spiegelt sich im Temperaturverlauf beider Hemisphären deutlich wider.

Dieser Sachverhalt wird durch die Korrelationsanalyse voll bestätigt. Für den Zusammenhang der südhemisphärischen Erwärmung zwischen 1860 und 2000 errechnet sich ein Korrelationskoeffizient von 0,77 und damit eine erklärte Varianz von 59%. Für den Zusammenhang zwischen der nordhemisphärischen Erwärmung und der Sonnenaktivität ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von +0,82, was einer erklärten Varianz von 67% entspricht. Damit folgt: Die veränderte Sonnenaktivität vermag im Zeitraum 1860-2000 zwischen 59 und 67% der süd- bzw. nordhemisphärischen Temperaturvariabilität zu erklären. Der unterschiedliche Land-Meer-Anteil der beiden Halbkugeln spiegelt sich erwartungsgemäß im Jahresgang der Temperatur wider. In Abb.5 ist dieser für die globalen Verhältnisse sowie für beide Hemisphären für die Klimanormalperiode 1961-1990 dargestellt. Durch den starken ozeanischen Einfluß weist die Südhalbkugel nur eine Amplitude von rund 6°C auf, während diese auf der Nordhalbkugel mehr als doppelt so groß ist, d.h. auf der Nordhemisphäre sind die Sommer deutlich wärmer und die Winter deutlich kälter als auf der Südhemisphäre. Welche Bedeutung

hat dieser Sachverhalt auf den Zusammenhang zwischen der Temperaturentwicklung der Sommer- bzw. der Winterhalbjahre und der veränderten Sonnenaktivität?



Auf der Südhalbkugel weist der lineare Erwärmungstrend zwischen 1860 und 2000 im Sommer- bzw. Winterhalbjahr mit $+0,044^{\circ}\text{C}$ bzw. $+0,047^{\circ}\text{C}$ pro Jahrzehnt praktisch den gleichen Wert auf. Der sommerliche Korrelationskoeffizient über den Zusammenhang mit der Sonnenaktivität beträgt $+0,78$, der winterliche $+0,76$. Damit folgen für die erklärte Varianz 61% in der warmen und 58% in der kalten Jahreszeit.

Auf der Nordhalbkugel sind die Erwärmungstrends von Sommer- und Winterhalbjahr deutlich verschieden. Im Sommerhalbjahr ergibt sich ein Trend von $+0,032^{\circ}\text{C}$, im Winterhalbjahr dagegen von $+0,053^{\circ}\text{C}$ pro Jahrzehnt im Zeitraum 1860-2000. In den 140 Jahren haben sich die Winter auf der Nordhemisphäre somit um rund $0,3^{\circ}\text{C}$ stärker erwärmt als die Sommer. Der Korrelationskoeffizient über den Zusammenhang mit der Sonnenaktivität beträgt im Sommerhalbjahr $+0,80$ und im Winterhalbjahr $+0,82$, die erklärte Varianz 64% bzw. 67% .

Alle Ergebnisse wurden einem Signifikanztest unterworfen. Im Gegensatz zu den früheren Analysen wurde dabei die statistische Autokorrelation berücksichtigt. Zur Ermittlung der effektiv voneinander unabhängigen Messwerte $N(\text{eff})$ wurde die Autokorrelationsfunktion nach dem Verfahren von BARTELS gelöst. Danach ergibt sich folgendes Bild: Trotz der verschärften Bedingungen und obwohl der Untersuchungszeitraum um die warmen 1990er Jahre erweitert worden ist, bleiben alle Ergebnisse oberhalb der 95% -Signifikanzschwelle, d.h. sind zwischen dem 95% - und 99% -Niveau signifikant.

Faßt man alle Untersuchungen zusammen, so kann es m.E. keinen Zweifel geben, daß die veränderte Sonnenaktivität einen dominierenden Einfluß auf die globale, die hemisphärische und die jahreszeitliche Erwärmung seit 1860 ausgeübt hat. Alle mit der mittleren 11-jährigen Periode sowie mit den individuellen Zykluslängen durchgeführten Analysen kommen zu dem Ergebnis: Die Temperaturvariabilität der vergangenen 140 Jahre kann zu rund $60\text{--}65\%$ statistisch signifikant durch eine verstärkte Sonnenaktivität erklärt werden. Die „Solarkonstante“ ist nur im Mittel eine Konstante; sie wird von periodischen wie aperiodischen Vorgängen auf der Sonne fortlaufend moduliert. Wie das nichtlineare Klimasystem auf derartige, u.U. kleine Antriebsänderungen physikalisch reagiert, wird erst die zukünftige Klimaforschung zeigen. Was wir als globale Erwärmung beobachten, ist nur das Endergebnis einer komplexen Reaktionskette. Dabei ist die Sonne zwar nicht alles, aber ohne die Sonne ist alles nichts.