

# 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>

03/07

SO 01/07

ISSN 0177-3984

5.1.2007

## Der solare Einfluss auf das mitteleuropäische und globale Klima seit 1778 bzw. 1850

Horst Malberg

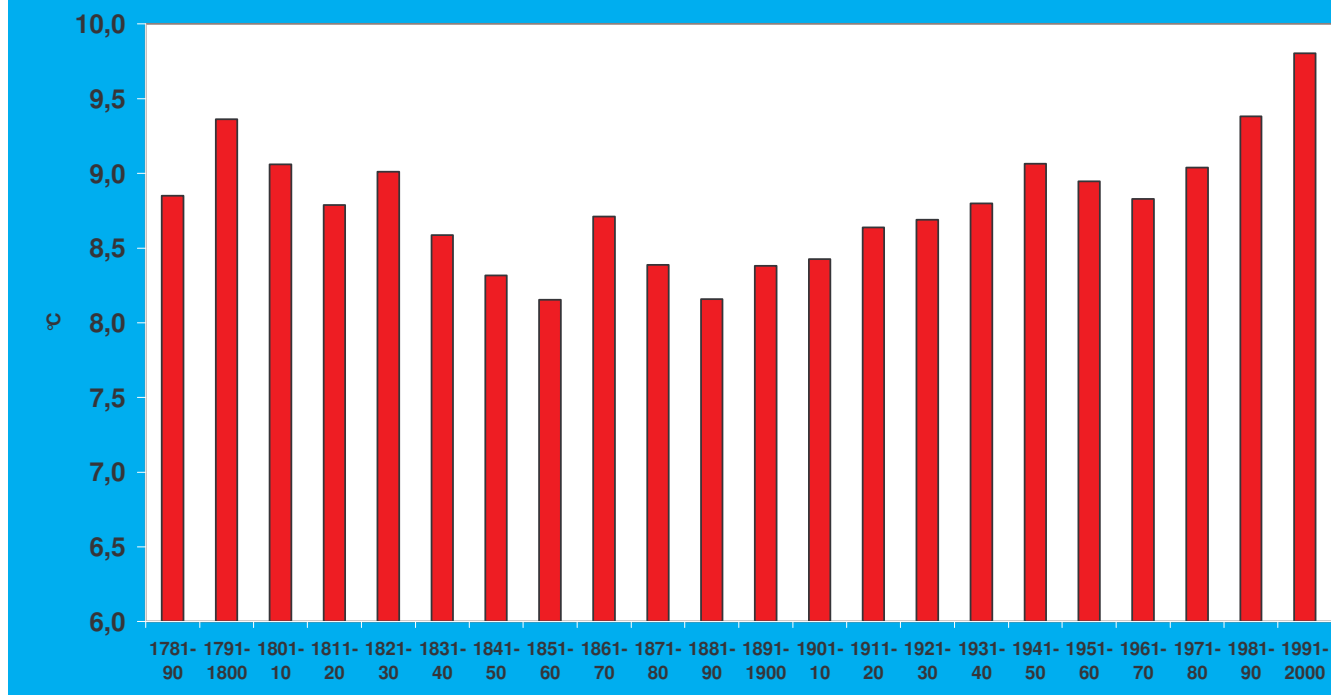
*In memoriam Prof. Dr. Richard Scherhag († 1970), der in diesem Jahr 100 Jahre geworden wäre*

In den Beiträgen des Instituts für Meteorologie SO 17/02, SO 27/02 und 29/03 ist der Frage nachgegangen worden, welche Auswirkungen die verstärkte Sonnenaktivität seit 1860 auf den globalen und regionalen Klimawandel hat. Der Grundansatz der Untersuchungen ist, dass ein Zusammenhang zwischen dem mittleren solaren Energiefluss in einem (Sonnenflecken-)SF-Zyklus und dem globalen/ regionalen Temperaturverhalten bestehen muss. Die integrale Betrachtung der durch die Länge der SF-Zyklen definierten Zeiträume erscheint sinnvoll, weil unser Klimasystem auf eine Veränderung der Antriebe träge reagiert, also Zeit benötigt, sich dem veränderten Antrieb über die Zirkulation anzupassen. Zur trägen Reaktion trägt nicht zuletzt der Wärmespeicher Ozean und seine Zirkulation bei.

Die Sonnenflecken sind ein Indikator für die jeweilige solare Aktivität. Sie haben den Vorteil, dass ihre Beobachtungen - im Gegensatz zu den Messungen des solaren Flusses - Jahrhunderte zurückreichen. So konnte J.A.EDDY (1976, „The Maunder Minimum“. Science 192 (1976), 1180) zeigen, dass im 17. Jahrhundert der letzte Höhepunkt der Kleinen Eiszeit mit den sehr geringen Sonnenfleckenzahlen im „Maunder-Minimum“ (1645-1715), also mit einer „ruhigen Sonne“ korrespondierte.

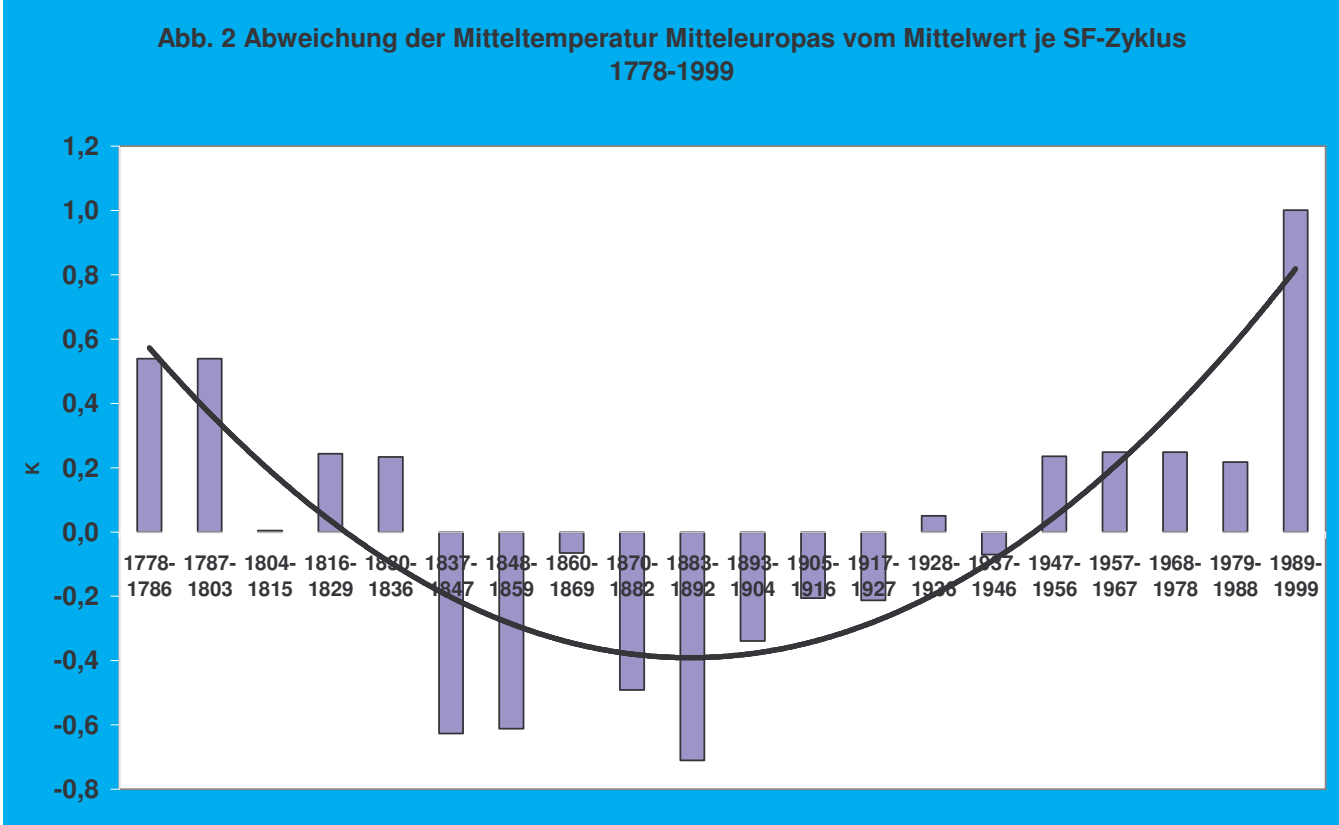
Der Anlass für diese Beilage ist einerseits, dass die Untersuchungen über den Zusammenhang von Klimawandel und solarer Aktivität für Mitteleuropa bis 1778 ausgedehnt wurden. Andererseits haben BOHAN et al. eine neue globale/hemisphärische Temperaturreihe ab 1850 vorgelegt, so dass die früheren Ergebnisse zu überprüfen waren.

**Abb. 1 10-jährige Mitteltemperaturen von Mitteleuropa  
1781 - 2000**

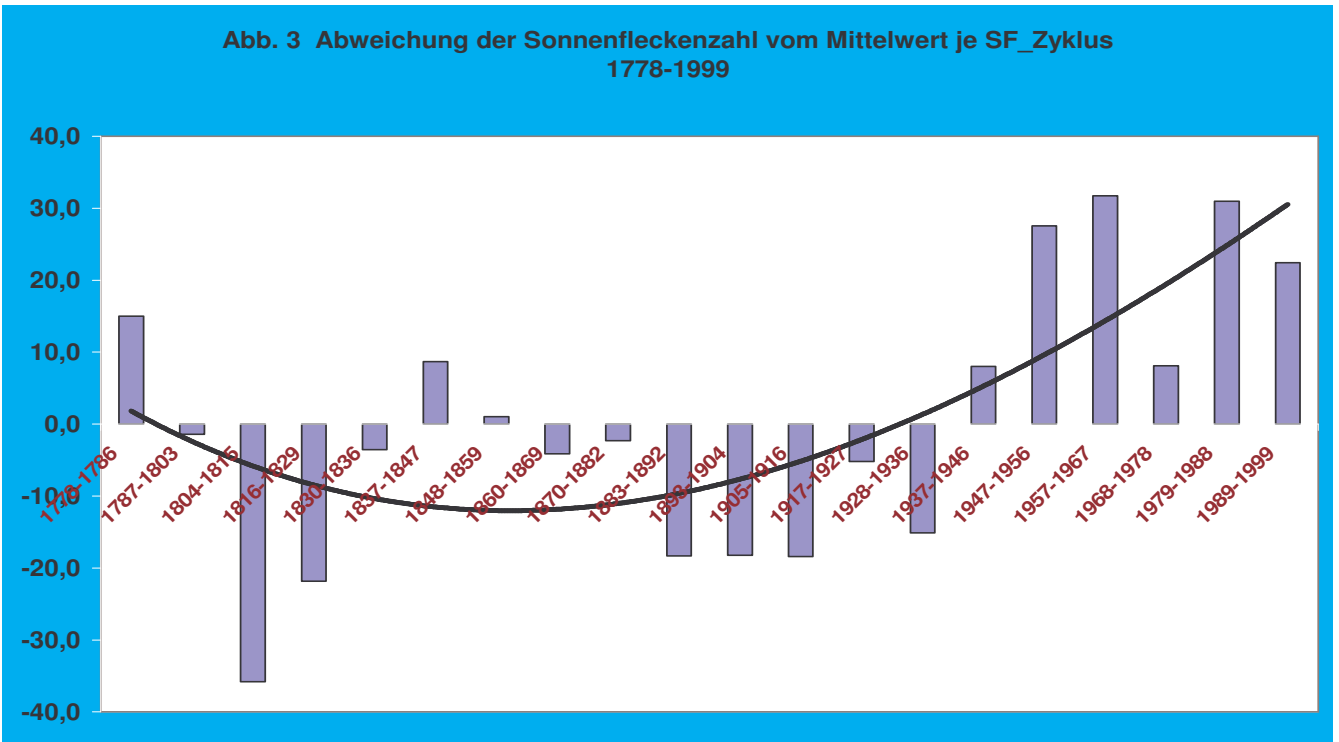


Zunächst soll der Klimawandel Mitteleuropas untersucht werden. Die Temperaturdaten der „Mitteleuropareihe“ basieren auf den Beobachtungen der Klimastationen Basel, Berlin, Prag und Wien. Abb. 1 gibt die 10-jährigen Mitteltemperaturen für den Zeitraum 1781-2000 wieder. Ende des 18. Jahrhunderts war es warm in Mitteleuropa. Die Temperatur der 1790er Jahre entsprach etwa den Werten der 1980er/1990er Jahre. Nach 1800 setzte, klimatologisch gesehen, eine dramatische Abkühlung um mehr als 1°C ein.

Nur langsam folgte ihr die zur Zeit diskutierte Erwärmung. Das Klima Mitteleuropas weist, wie man sieht, in den vergangenen 220 Jahren sowohl kurzfristige Temperatursprünge von einer Dekade zur nächsten auf als auch lange

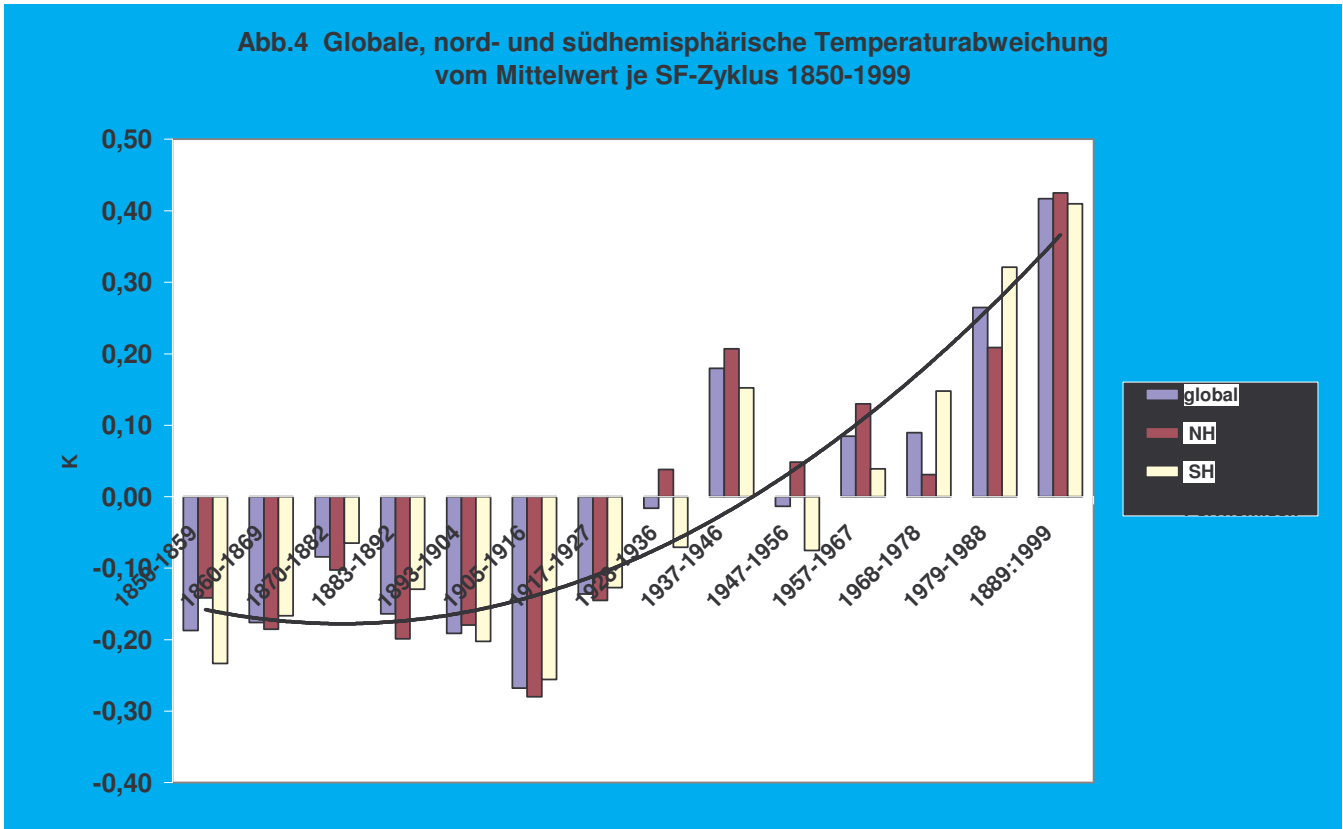


Abkühlungs- und Erwärmungsphasen. Beide Prozesse kommen in Abb. 2 besonders deutlich zum Ausdruck. Um den Zusammenhang von Temperaturentwicklung und Änderung der solaren Aktivität und damit den Grund für eine Korrelationsanalyse zu veranschaulichen, sind in Abb. 2 die Abweichungen der Temperatur vom vieljährigen Mittelwert (8,8°C), in Abb. 3 die Abweichungen der mittleren Sonnenfleckenanzahl vom Mittelwert (52,7) dargestellt, also ihre positiven bzw. negativen Anomalien. Die Zeitintervalle entsprechen der Länge der SF-Zyklen. Eingezeichnet sind ferner die Ausgleichskurven.



Aus Abb. 2 folgt, dass die Temperaturentwicklung in Mitteleuropa von 1778 bis 1999 wellenartig verlaufen ist. Der positiven Anomalie Ende des 18. Jahrhunderts folgte vom 19. bis ins 20. Jahrhundert ein ausgedehntes Wellental negativer Temperaturanomalien. Erst seit dem SF-Zyklus 1947-1956 hat sich das mitteleuropäische Klima von der ausgedehnten kalten Periode wieder erholt.

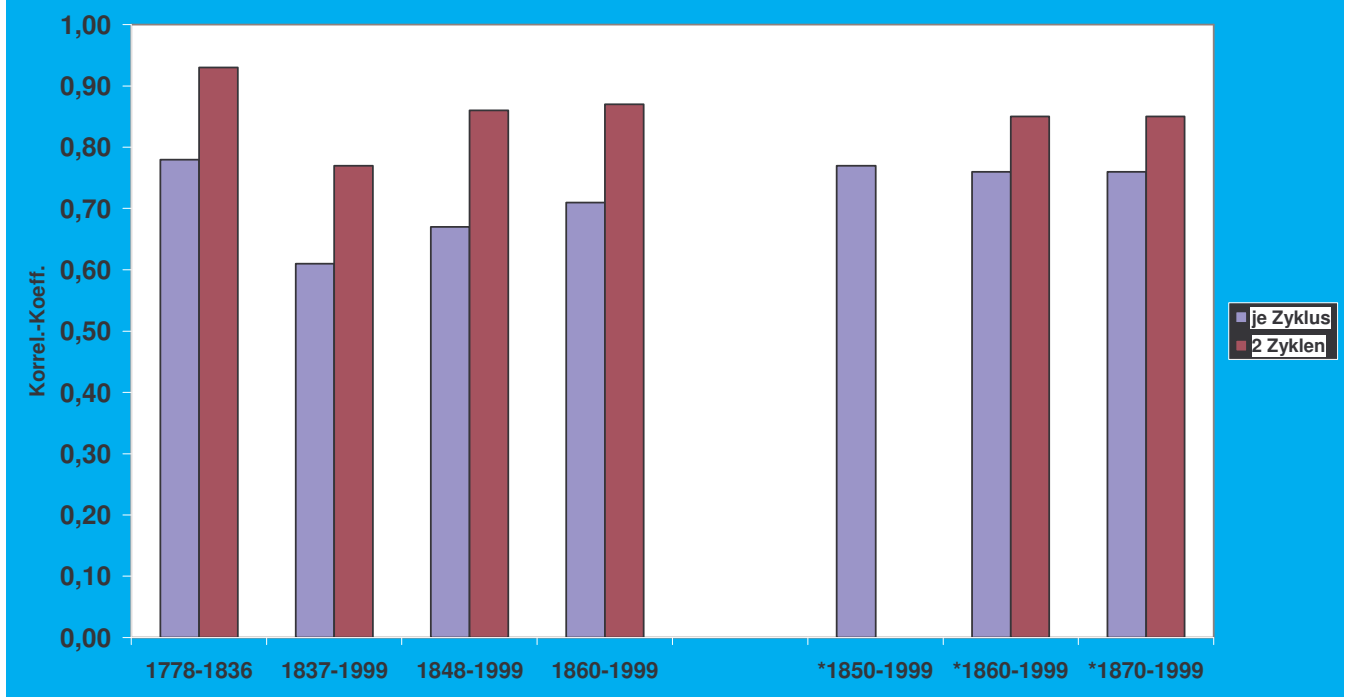
Wie Abb. 3 zeigt, weisen Anomalien und Ausgleichskurve der Sonnenflecken einen ähnlichen Verlauf wie die Temperatur auf. Den hohen/übernormalen Sonnenfleckenzahlen des SF-Zyklus 1778-1786 folgt ein starker Rückgang und eine lange Periode überwiegend negativer/unternormaler Werte; erst ab 1937-46, also einem SF-Zyklus vor der Temperatur, treten wieder übernormale/positive Werte auf.



In Abb. 4 sind auf der Grundlage der neuen Datensätze die Abweichungen vom Mittelwert der globalen/hemisphärischen Temperatur je SF-Zyklus dargestellt. Die Erwärmung der letzten 150 Jahre ist unverkennbar. Wie aber der Vergleich mit Abb. 2 zeigt, liegt der Beginn der globalen/hemisphärischen Temperaturreihen genau im Wellental der Klimaentwicklung der letzten 220 Jahre, d.h. die globalen/ hemisphärischen Reihen vermögen nicht den periodischen Klimawechsel widerzuspiegeln. Bei dem synchronen Verlauf von mitteleuropäischer und globaler Temperaturentwicklung seit 1850, d.h. bei einer Korrelation von +0,9 dürfte es außer Frage stehen, dass die höheren Temperaturen um 1800 und der nachfolgende Temperaturrückgang eine globale Dimension hatten. Zusammenfassend ergibt sich für die mitteleuropäische wie für die globale Klimaentwicklung der letzten 300 Jahre folgendes Bild: Die Temperatur stieg nach dem Ende der Kleinen Eiszeit - wie auch die Sonnenfleckenanzahl - im 18. Jahrhundert wieder an und erreichte um 1800 den Wärmehöhepunkt. Danach setzte mit dem Rückgang der Sonnenfleckenanzahl im „Dalton-Minimum“ (1786-1836) eine rapide Abkühlung ein; erst danach folgte allmählich die heute diskutierte Erwärmung.

Um den Zusammenhang von Temperaturentwicklung und Veränderungen des solaren Energieflusses (Abb. 2-4) quantitativ zu bestimmen, wurde eine Korrelationsanalyse durchgeführt. In Mitteleuropa folgt für den Temperaturrückgang von 1787 bis 1836 ein Korrelationskoeffizient von +0,78 und für die langsame Erwärmung bis 1999 von 0,7, und zwar unabhängig davon, ob man beim SF-Zyklus ab 1837, 1848, 1860, 1870 oder 1883 beginnt. Die Korrelation ist für die Abkühlungs- wie für die Erwärmungsperiode hochsignifikant (95-99%-Niveau). Die veränderte solare Aktivität vermag somit im Zeitraum 1787 bis 1836 rund 60%, und bei der allmählichen Erwärmung bis 1999 rund 50% der Temperaturschwankungen Mitteleuropas unmittelbar zu erklären (statistisch erklärte Varianz). Der bisherigen Auswertung liegt zugrunde, dass der solare Einfluss eines SF-Zyklus sich ausschließlich auf das Klimaverhalten in diesem Zyklus beschränkt. Dieses ist jedoch höchst unwahrscheinlich. Wie einleitend ausgeführt, muss man davon ausgehen, dass das Klimasystem auf veränderte Antriebe als hochkomplexes Trägheitssystem mit vielfachen Wechselwirkungen reagiert. Daraus resultiert, dass sich der veränderte solare Antrieb mindestens noch im Zeitraum des nächsten SF-Zyklus auswirkt. Aus diesem Grund wurden die mittleren Temperatur- und Sonnenfleckenverhältnisse über 2 SF-Zyklen gleitend gemittelt und miteinander korreliert. Die Ergebnisse für Mitteleuropa sind im linken Teil von Abb. 5 wiedergegeben. Unter der begründeten Voraussetzung, dass das Klimasystem ein zyklenübergreifendes „Gedächtnis“ hat, erhöht sich die Korrelation für den Abkühlungs- wie für den Erwärmungszeitraum auf +0,87 bis über +0,90. Der solare Effekt kann somit signifikant (95-99%-Niveau) ca. 75-80% des Klimawandels von Mitteleuropa zwischen 1778 und 1999 erklären. Auf der rechten Seite von Abb. 5 sind die Ergebnisse über den Zusammenhang von Sonnenaktivität und globaler/hemisphärischer Erwärmung von

**Abb. 5 Korrelation von mitteleuropäischer / globaler (\*) Mitteltemperatur und mittlerer Sonnenfleckenanzahl je SF-Zyklus bzw. über 2 SF-Zyklen gleitend**



1850-1999 dargestellt. Die Korrelation beträgt bei Betrachtung je SF-Zyklus +0,74.

Bei der Auswertung über 2 SF-Zyklen erhöht sich für die globale Erwärmung seit 1850 die Korrelation auf +0,85, für die Nordhalbkugel auf +0,86 und für die Südhalbkugel auf +0,81; die erklärte Varianz beträgt global 60 bzw. 72%. Alle Werte sind hochsignifikant.

Zusammenfassend führt die Untersuchung bei der durch die Plausibilität begründeten zyklenübergreifenden Auswertung zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Zunahme der solaren Aktivität vermag statistisch hochsignifikant rund 70% der globalen Erwärmung seit 1850 zu erklären. Die früheren Ergebnisse wurden in vollem Umfang bestätigt.
2. Für Mitteleuropa ergibt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem Temperaturanstieg seit 1850 und der Zunahme der Sonnenfleckenanzahl mit einer erklärten Varianz bis über 75%.
3. Die starke Abkühlung nach 1800 korrespondierte mit dem Rückgang der Sonnenaktivität im „Dalton-Minimum“ (1787-1836). Der solare Effekt erklärt rund 85% des Klimawandels in diesem Zeitraum.
4. Nach dem „Maunder-Minimum“/der Kleinen Eiszeit im 17. Jahrhundert ist es im 19. Jahrhundert im Zusammenhang mit dem „Dalton-Minimum“ zu einer erneuten Kälteperiode gekommen, d.h. nach der derzeitigen Wärmeperiode erscheint ein weiteres Minimum der solaren Aktivität und damit eine weitere (dem überschätzten Treibhauseffekt entgegen wirkende) Abkühlung im Laufe des 21. Jahrhunderts nicht ausgeschlossen, wenn nicht sogar vorprogrammiert. Nichts spricht für ein Ende der Periodizität.

Waren vor wenigen Jahren die empirischen Ergebnisse noch umstritten, so hat inzwischen eine Konvergenz der Klimamodelle an die statistische Auswertung stattgefunden. In einer Veröffentlichung des BMBF „Herausforderung Klimawandel“ (2004: <http://www.bmbf.de/pub/klimawandel.pdf>) ist zu lesen (S. 8/9): „Die globale Jahresmitteltemperatur der bodennahen Luft ist seit 1860 um  $0,6^{\circ} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  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 ( $\text{CO}_2$ ), 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.“ Und auf S. 29/30 heißt es: „Während der letzten drei Jahrzehnte wird vermutlich der Beitrag des Menschen sogar dominant gewesen sein.“ Die Vermutung muss allerdings noch bewiesen werden. Gegen sie spricht, dass es in den 1960/70er Jahren zu einem Rückgang der Sonnenfleckenanzahl (Abb. 3), verbunden mit einer - vor allem nordhemisphärischen - Abkühlung (Abb. 4) gekommen ist; der nachfolgende erneute Temperaturanstieg ist nach den obigen Ergebnissen daher primär als solarer Effekt zu interpretieren. Fazit: Wer heute außergewöhnliche Wettersituationen als Indiz für den regionalen/globalen Klimawandel ansieht, der sollte bedenken, dass die Erwärmung seit 1850 überwiegend auf den solaren Einfluss zurückzuführen ist, d.h. als naturgegeben hingenommen werden muss; und wer die Klimaentwicklung der nächsten 100 Jahre zuverlässig vorhersagen will, muss gleichzeitig das Verhalten der Sonne in den kommenden 100 Jahren kennen.