



Ozonbulletin des DWD

Nr. 123, Juni 2009



H. Claude, U. Köhler, W. Steinbrecht
Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg
hans.claude@dwd.de

Die Ozonschicht in Zeiten reduzierter Sonnenaktivität

Schwankungen der Sonnenintensität haben einen erheblichen Einfluss auf die Ozonschicht und auf unser Klima. Seit einigen Monaten verhält sich die Sonne aber untypisch. Eigentlich hätte das Minimum des elfjährigen Sonnenzyklus vor Monaten beendet sein sollen. Neue Sonnenflecken sollten auftauchen, die Sonnenaktivität sollte langsam wieder zunehmen. Im Mittel beträgt ein vollständiger Zyklus 11 Jahre. Es können aber nach Beobachtung von bisher 23 Zyklen auch einmal nur 9 oder gar etwas mehr als 13 Jahre sein. Das waren die bisherigen Extreme. Seit dem letzten Minimum sind nun annähernd 13 Jahre vergangen, derzeit sind aber noch keine Anzeichen einer durchgreifenden Wiederaktivierung erkennbar. Nimmt man als Maß für die Länge des Sonnenminimums zum Beispiel die Tage mit völlig fleckenloser Sonnenscheibe, so trat der erste einzelne fleckenlose Tag bereits 2004 auf. Bis zum 27. Mai 2009, mit immer noch fleckenloser Sonne, beläuft sich seitdem die Anzahl fleckenloser Tage auf 630. Zwischendurch treten durchaus aber immer wieder Tage mit ein paar wenigen Flecken auf. Als Mittel für die Dauer eines solaren Minimums gelten 485 Tage. Um das Jahr 1913 herum (14. Zyklus) gab es jedoch sogar 950 Tage (s. hierzu z.B. <http://www.spaceweather.com/>).

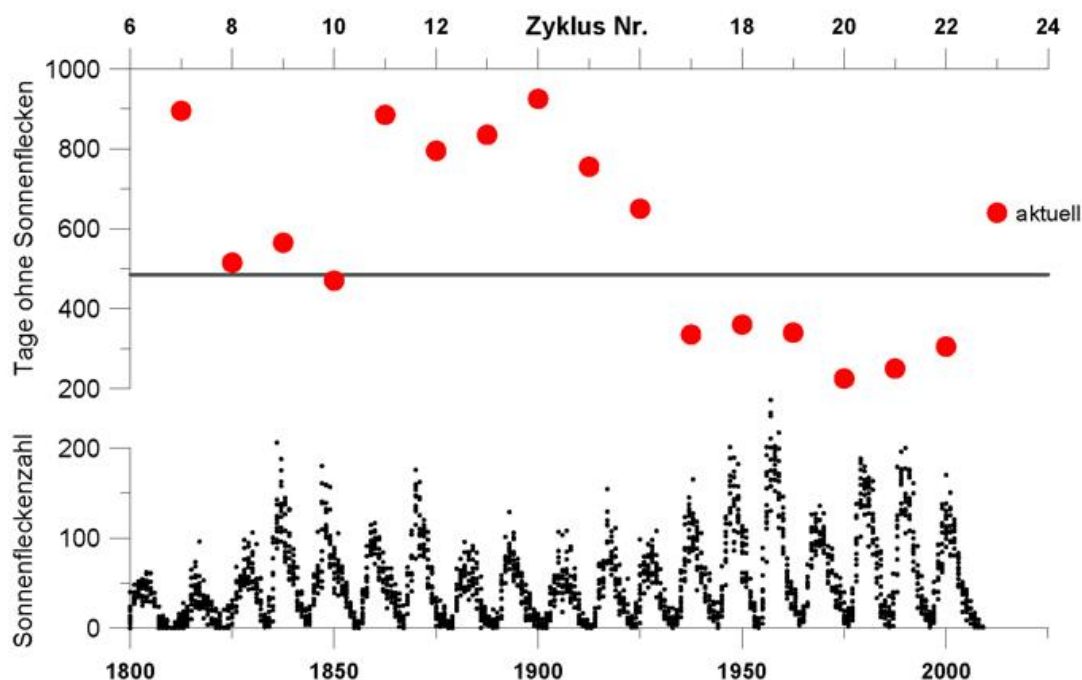


Abbildung 1: Die Sonnenflecken seit 1800. Oben dargestellt ist die Anzahl der Tage in den jeweiligen Zyklen, an denen überhaupt keine Sonnenflecken gezählt wurden. Die horizontale Linie zeigt das Mittel von 485 Tagen. Unten sind die Monatsmittel der Sonnenflecken-Relativzahlen dargestellt.

Auch wenn diese Extreme noch nicht erreicht wurden, zeigt Abb. 1, dass die Sonne im 20. Jahrhundert eher aktiver war, als im Jahrhundert davor. Lang anhaltende Phasen mit wenigen Sonnenflecken waren seit 1930 selten. In der Regel waren die Minima der letzten Sonnenzyklen kurz und neue Sonnenflecken traten bald wieder auf. Es gibt Vermutungen, dass diese Phase stärkerer Sonnenaktivität bereits 1985 ihr Ende fand und dass das derzeitige recht ausgeprägte Minimum möglicherweise Beginn einer längeren Phase mit inaktiverer Sonne sein könnte, so wie es schon in früheren Jahrhunderten der Fall war. Zwischen 1645 und 1715 kam es z.B. zu einer Folge recht

schwacher Zyklen, dem sogenannten Maunder Minimum: Dieses fiel mit der „Kleinen Eiszeit“ zusammen, als es in Europa, Nordamerika und China zu recht langen, kalten Wintern und kühlen Sommern mit Missernten kam. Während der „Kleinen Eiszeit“ waren die Temperaturen im Mittel um etwa 0.6 – 0.8 Grad kälter als heute und die Gletscher wuchsen. Inwieweit die damals inaktive Sonne daran beteiligt war, ist nicht eindeutig geklärt, da es in dieser Zeit auch heftige Vulkanausbrüche gab, die die Atmosphäre verdunkelten. Auch der Golfstrom war möglicherweise schwächer als heute. Was die gesamte Strahlungsleistung unserer Sonne betrifft, sind die Schwankungen im 11-jährigen Sonnenzyklus eher gering. Messungen zeigen, dass sich die extraterrestrische Strahlungsleistung von 1366 Watt/m² vom solaren Maximum zum solaren Minimum nur um etwa 0.1% ändert. Rein rechnerisch sollte sich damit die mittlere Temperatur der Erde nur um ca. 0.07 Grad verändern. Positive wie negative Rückkopplungen, nicht-lineare Effekte und regionale Unterschiede können aber im komplexen Klimasystem zu erheblich größeren Schwankungen führen, weswegen der genaue Einfluss des Sonnenzyklus schwer zu ermitteln ist. Zum Vergleich: Der anthropogene Treibhauseffekt ist laut IPCC-Bericht um mehr als einen Faktor 10 stärker.

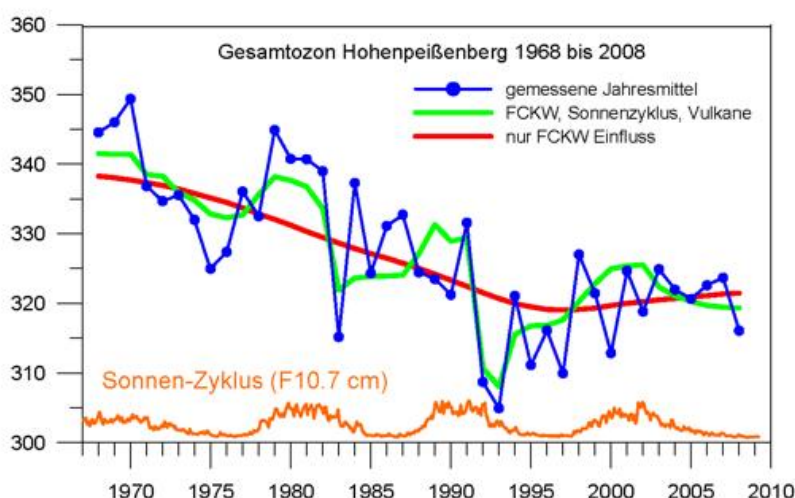


Abbildung 2: Blaue Kurve: Jahresmittel des Gesamtozons aus Hohenpeißenberger Messungen. Rote Linie: Langjähriger Gesamtozon-Verlauf durch anthropogenes Chlor (aus FCKWs). Grüne Linie: Langjähriger Verlauf durch Chlor, Vulkanausbrüche, und 11-jährigen Sonnenzyklus. Rote und grüne Linie sind Ergebnisse einer Schätzung von Einflussfaktoren mittels linearer Regression. Im unteren Bildteil ist der solare Strahlungs-Fluss bei 10.7cm als Maß für die Sonnenaktivität dargestellt.

Beim Ozon sind die Auswirkungen des 11-jährigen Sonnenzyklus besser zu überblicken. Im ultravioletten Teil des Spektrums ist die solare Schwankungamplitude viel größer als im sichtbaren Bereich. Je nach Wellenlänge werden 5% und mehr erreicht. Mehr UV-Strahlung verstärkt die photochemische Ozonbildung, was sich natürlich auf die Ozonschicht der Erde auswirkt. Lange Ozonmessreihen, die sich über mehrere Sonnenzyklen erstrecken müssen, zeigen deutliche Schwankungen mit dem 11-jährigen Zyklus. Für Hohenpeissenberg z.B., variiert das Gesamtozon um fast 10 Dobson-Einheiten (≈ 3%, Abb. 2). Auch die nach vielen Jahren tendenziell wieder dünnere Ozonschicht im Jahr 2008 ist unter anderem auf die geringere Sonnenaktivität der letzten Jahre zurück zu führen. Falls die reduzierte Sonnenaktivität so wie um 1900 über mehrere Zyklen anhält, kann die erwartete Erholung der Ozonschicht deutlich verzögert werden.

MONATSTATISTIK GESAMT-OZON FÜR JANUAR - APRIL 2009

Station	Gesamtozonmittel in D.U. und Abweichung vom langjährigen Mittel in %							
	Januar		Februar		März		April	
Hohenpeißenberg	338	+3.36	388	+8.99	364	-0.27	356	-4.56
Lindenberg	354	+6.95	399	+9.92	375	-1.32	344	-11.11
Arosa (CH)	328	-0.61	377	+5.90	349	-3.86	349	-5.42
Hradec Kralove (CZ)	344	+2.08	400	+7.82	390	+3.17	351	-8.12
Uccle (B)	359	+10.12	396	+12.82	369	+1.93	359	-3.75

Die Farben der Abweichungen des Gesamtozons spiegeln die Monatsmitteltemperaturen wider: Überwiegend positive Gesamtozon-Abweichungen von bis zu +12.8 % (Uccle) traten in den recht kalten Wintermonaten auf und stehen negativen Differenzen von bis zu -11 % in Lindenberg in einem der wärmsten Aprilmonate der letzten 120 Jahre gegenüber.