

Forschung

Hintergrundwissen

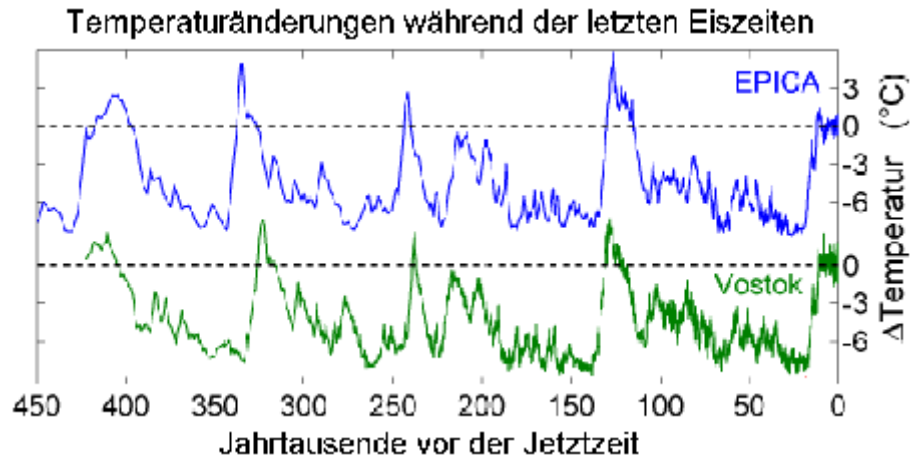
## Die Variabilität der Sonnenkonstante

### Temperatursprünge in der Klimageschichte

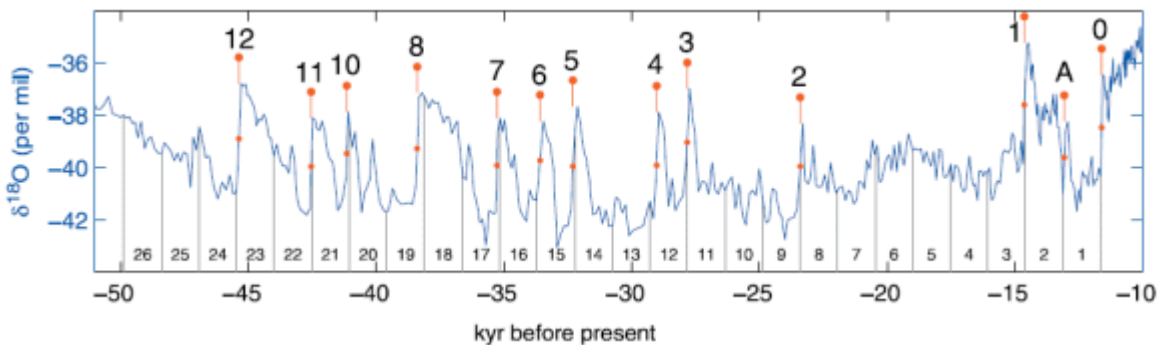
In der Geschichte des Planeten Erde hat es immer wieder Veränderungen gegeben, die zu einem globalen Klima geführt haben, das deutlich von dem heutigen abwich.

Solche Änderungen vollzogen sich in der Regel über Jahrtausende. Der Wechsel von Warm- und Eiszeiten ist uns bekannt.

1. Temperaturänderungen während der Abfolge der Eis- und Warmzeiten in den letzten 400.000 Jahren. Bild angepasst nach Global Warming Art (Robert A. Rohde)



In manchen Fällen gab es aber auch regelrechte Klimaschocks, in denen es zu rapiden Veränderungen in Zeiträumen von Jahrzehnten bis Jahrhunderten kam. Während der so genannten Dansgaard-Oeschger-Ereignisse z.B. stieg die Mitteltemperatur in Grönland innerhalb von wenigen Jahrzehnten um 8-16°C.



2. Abfolge der Dansgaard Oeschger Ereignisse über 40.000 Jahre während der letzten Eiszeit. Der Anteil der <sup>18</sup>O Isotope, der je nach Temperatur im Niederschlag variiert, kann als Indikator für die Temperatur genutzt werden.

Derartige Entwicklungen markieren in der Regel das Ende einer eiszeitlichen Zwischenperiode, in der auf eine lange stetige Abkühlung eine sprunghafte Erwärmung folgt. Zuletzt fand eine solche sprunghafte Erwärmung vor etwa 11.600 Jahren zum Ende der letzten Eiszeit statt.

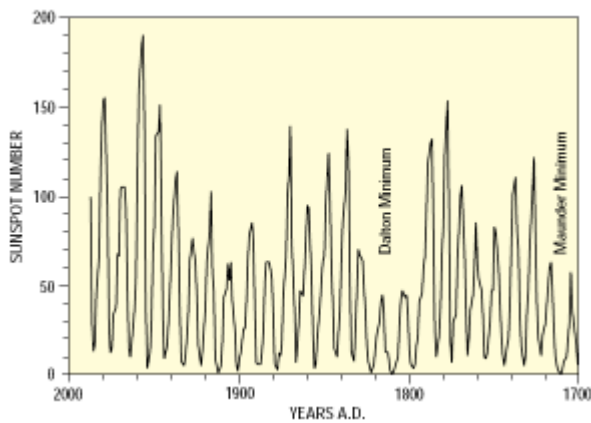
Solche dramatischen lokalen Änderungen werden heute als Folge von Änderungen in der globalen Ozeanströmung angenommen. Der derzeitige rasche Temperaturanstieg von ca. 0,7°C in den letzten 100 Jahren vollzieht sich global und findet nicht innerhalb einer Eiszeit statt.

### Temperaturänderungen während der letzten 1000 Jahre

Seit mehr als 11.000 Jahren befinden wir uns in einer recht stabilen Warmzeit, dem so genannten Holozän. Auch in dieser Zeit, die mit der Geschichte des modernen Menschen zusammenfällt, hat es Temperaturänderungen gegeben. Während der kleinen Eiszeit, die ihr Temperaturminimum in den Jahrzehnten von 1645 bis 1715 hatte, war es regional bis zu 1°C kälter als in einer wärmeren Periode um 800 bis 900, in der die Wikinger Grönland besiedelten.



3. Wikingerschiff, Photo: Marcin Dmoch

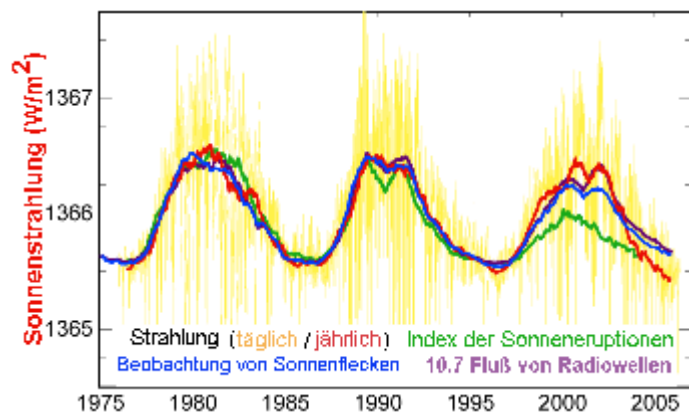


### Sonnenflecken und Schwabe-Zyklus

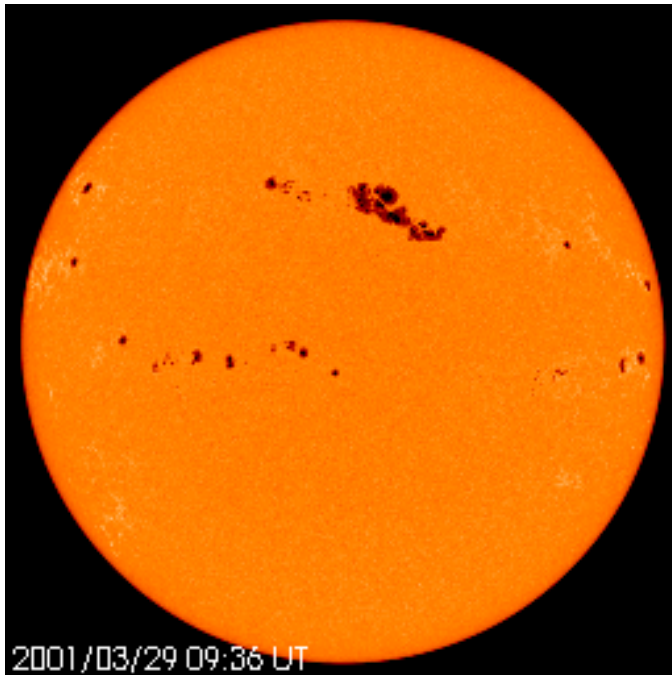
Solche Änderungen werden in Zusammenhang mit Veränderungen in der Stärke der Sonnenintensität gebracht. Denn die Sonnenkonstante ist nicht wirklich ganz konstant. Sie verändert sich im Rahmen verschiedener Sonnenzyklen. Am besten beobachtet ist der sogenannte „Schwabe Zyklus“.

4. Abb. links: Der 11jährige Schwabe-Zyklus. Quelle: USGS

Mit einer Priode von 11 Jahren nimmt die Anzahl der Sonnenflecken auf der Sonne zu und ihre Strahlung wird stärker. Dieser Zyklus allein, der Anfang 2008 ein Minimum hat, führt zu einer Schwankung der Sonnenkonstante um 0,1%. Die hieraus resultierende Temperaturänderung läge, wenn sie nicht durch andere Faktoren beeinflusst würde, zwischen 0,5 und 1°C.



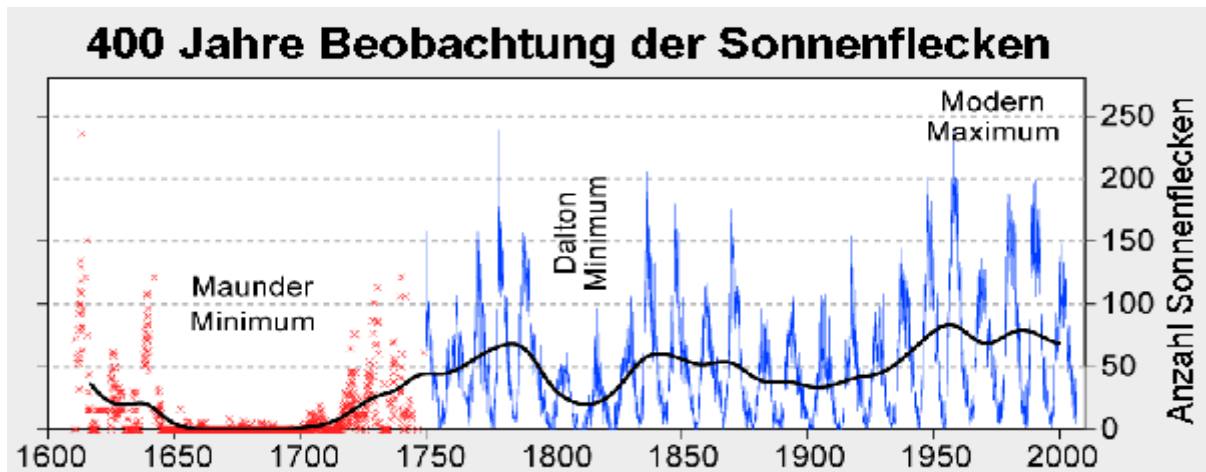
5. Schwankung des absoluten Wertes der Sonnenkonstante über die letzten Jahrzehnte. Grafik: Robert A. Rode für Global Warming Art.



Der Zyklus kann jedoch die heutigen längerfristigen Klimatrends nicht erklären. In der Zeit von 1645 bis 1715 war die Anzahl der Sonnenflecken allgemein sehr niedrig. Man spricht vom Maunder Minimum. Der Wert der Sonnenkonstante nahm um ca. 0,2% ab.

7. Abb. links: Sonnenflecken von ungewöhnlicher Größe. Es scheint widersprüchlich, dass die Sonnenaktivität durch die dunklen Sonnenflecken steigt. Um die Flecken herum ist aber die Strahlungsintensität höher als normal. Quelle: SOHO Projekt / NASA

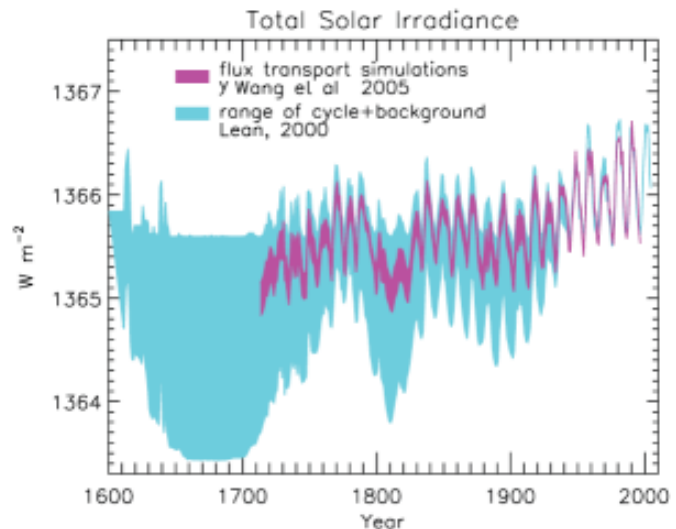
Solche Minima treten in größeren Zeitabständen auf, die wahrscheinlich durch die Wirkung über dem Schwabe-Zyklus liegender 200 jähriger (Suess-Zyklus) und 88-jähriger (Gleissberg-Zyklus) Varianzen in der Sonnenintensität ausgelöst werden. Derzeit befinden wir uns in einem längerfristigen Maximum.



8. Beobachtung bzw. Abschätzung der Zahl der Sonnenflecken über die letzten 400 Jahre. Grafik: Robert A. Rohde für Global Warming Art

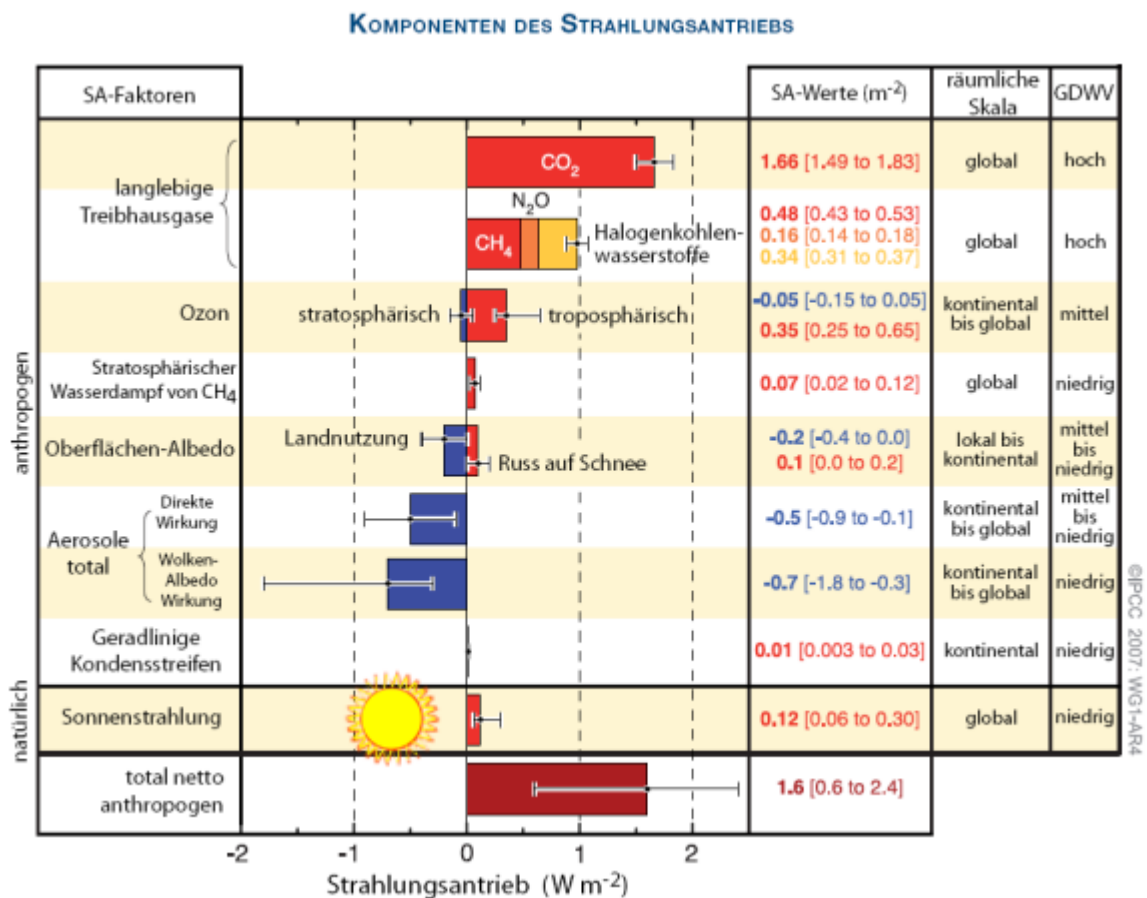
### Die Klimawirkung der Sonne.

In der Klimaforschung wird allgemein der Strahlungsantrieb als Maß für den Beitrag eines Klimafaktors zum Klimawandel angesehen. Etwas ältere Abschätzungen nahmen noch an, dass die Zunahmen der Sonnaktivität zwischen dem Maunder-Minimum und heutigen Minima einem Strahlungsantrieb von 0,38-0,68 W/m<sup>2</sup> entspricht. Diese Annahmen basierten auf der beobachteten Aktivität sonnenähnlicher Sterne (Grafik rechts in hellblau). Neuere Berechnungen (violett) ausschließlich für die Sonne gehen nun von nur 0,12 W/m<sup>2</sup> aus. (IPCC AR4, Grafik mit original Bildunterschrift rechts)



**Figure 2.17.** Reconstructions of the total solar irradiance time series starting as early as 1600. The upper envelope of the shaded regions shows irradiance variations arising from the 11-year activity cycle. The lower envelope is the total irradiance reconstructed by Lean (2000), in which the long-term trend was inferred from brightness changes in Sun-like stars. In comparison, the recent reconstruction of Y. Wang et al. (2005) is based on solar considerations alone, using a flux transport model to simulate the long-term evolution of the closed flux that generates bright faculae.

Zum Vergleich: Der Beitrag von Kohlendioxid zur Erderwärmung der letzten 100 Jahre beträgt 1,66 W/m<sup>2</sup>. (Grafik unten)

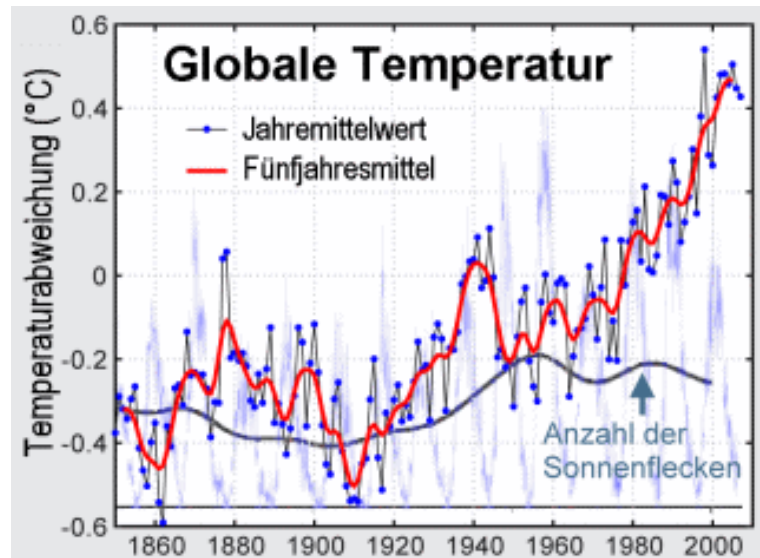


10. Beiträge zur Erderwärmung, oder zur Abkühlung, gemessen als Strahlungsantrieb (Leistung pro Quadratmeter Erdoberfläche), Quelle: IPCC AR4

## Fazit

Wenngleich die genaue Klimawirkung der Sonne mit hohen Unsicherheiten behaftet ist, lässt sich zweierlei ableiten:

- 1) Eine veränderte Sonnenintensität hat während der letzten 100 Jahr zur Erwärmung der Erde beigetragen.
- 2) Der Beitrag der Sonne liegt deutlich unter dem Beitrag der vom Menschen emittierten Treibhausgase.



11. Die Grafik zeigt die Entwicklung der globalen Temperaturmittelwerte und der Sonnenaktivität übereinandergelegt.  
Quelle: kombiniert aus Global Warming Art (Robert A. Rhode)