



Sonne oder Mensch – wodurch ändert sich das Klima?

Dokumentation zum Vortrag

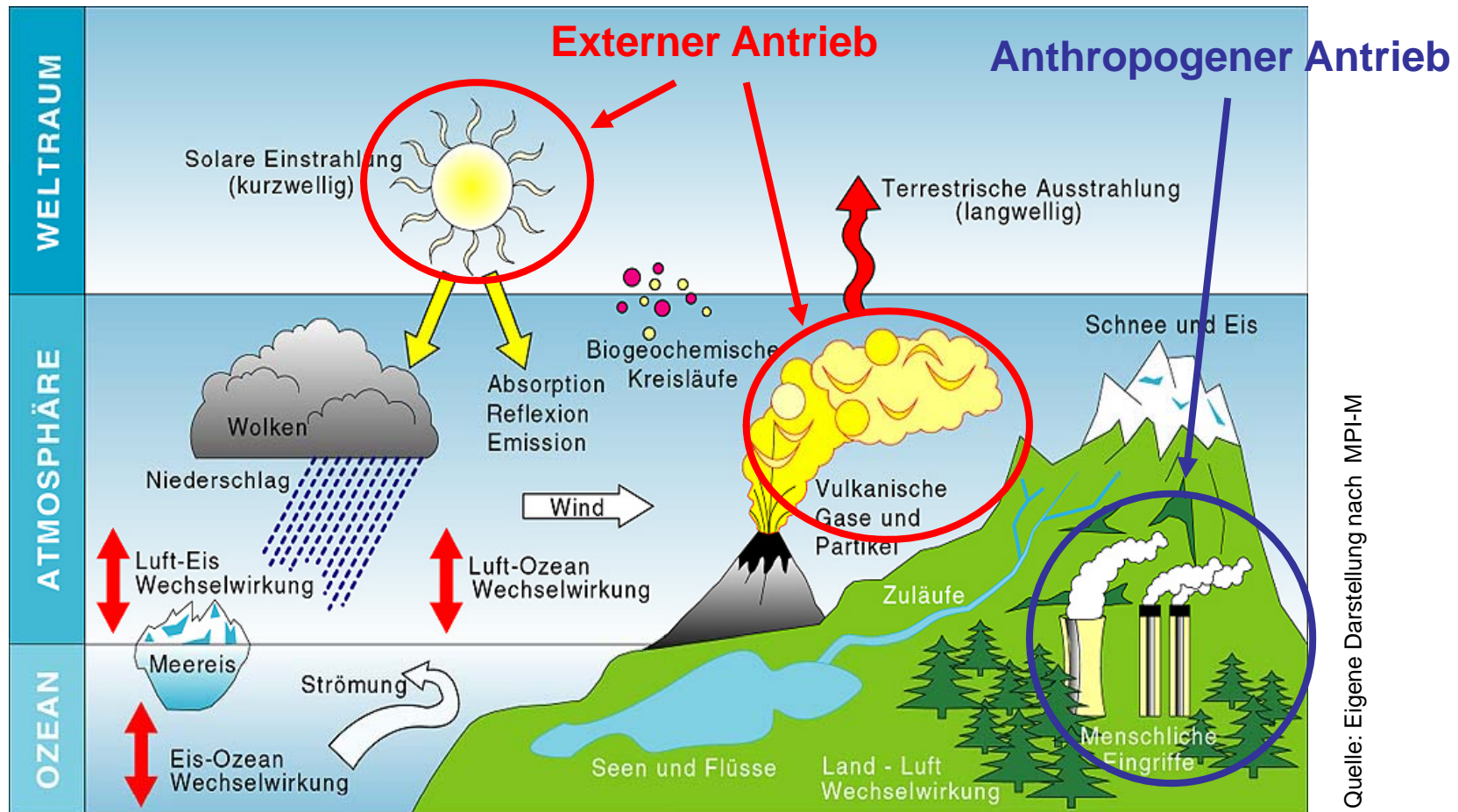
Referent: Prof. Dr. Ulrich Cubasch

Meteorologisches Institut

Freie Universität Berlin

09. Dezember 2009

Das Klimasystem



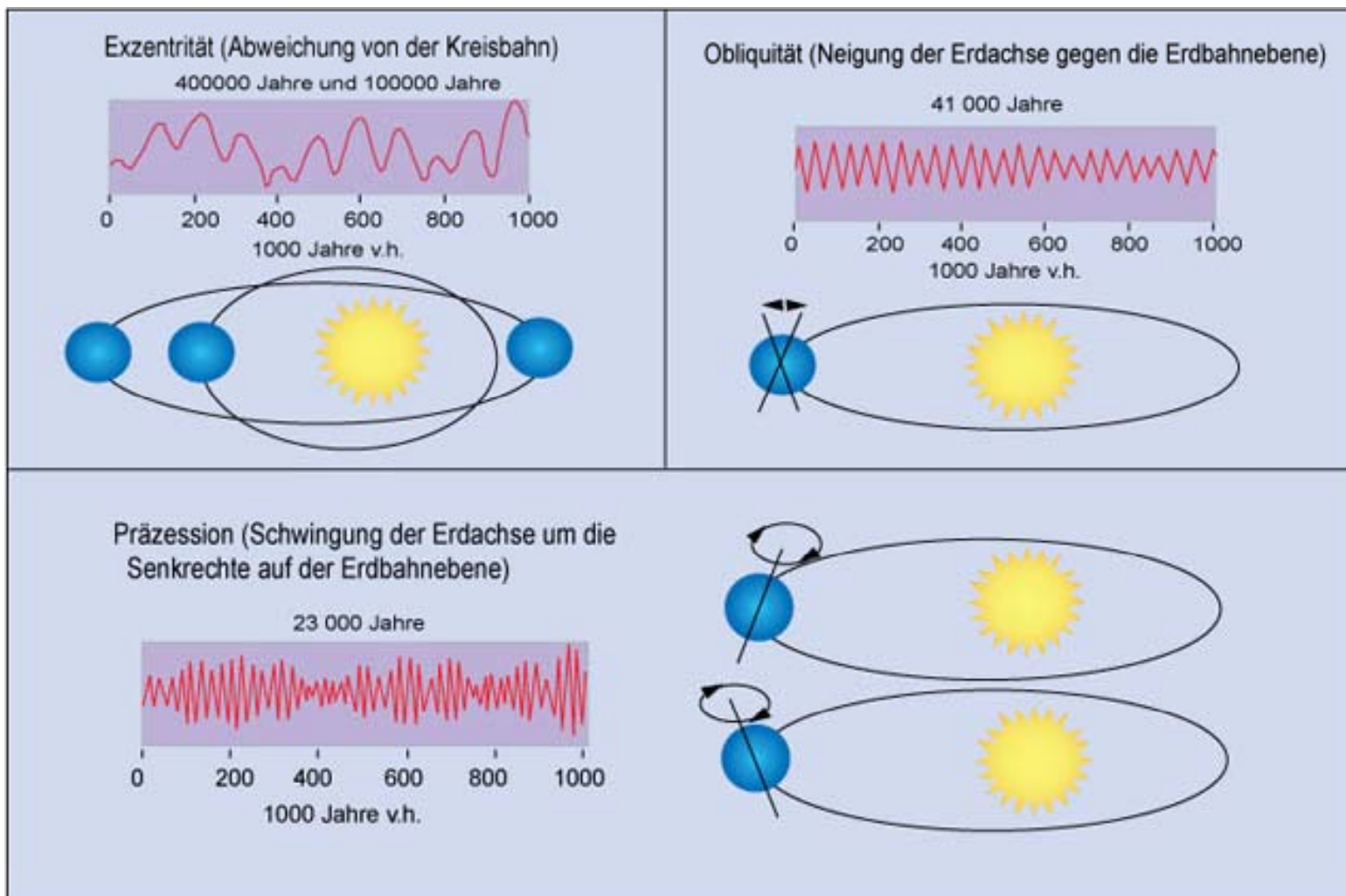
Quelle: Eigene Darstellung nach MPI-M

Das Klimasystem

Veränderungen des Klimasystems können durch verschiedene Antriebe verursacht werden:

- Es gibt externe Antriebe von außerhalb des Klimasystems wie die Sonnenstrahlung oder Vulkanausbrüche. Auch vom Menschen verursachte (anthropogene) Antriebe gelten als extern.
- Außerdem gibt es interne Antriebe durch die Wechselwirkung einzelner Teilbereiche des Klimasystems, vor allem zwischen Ozean und Atmosphäre.

Erdbahnparameter



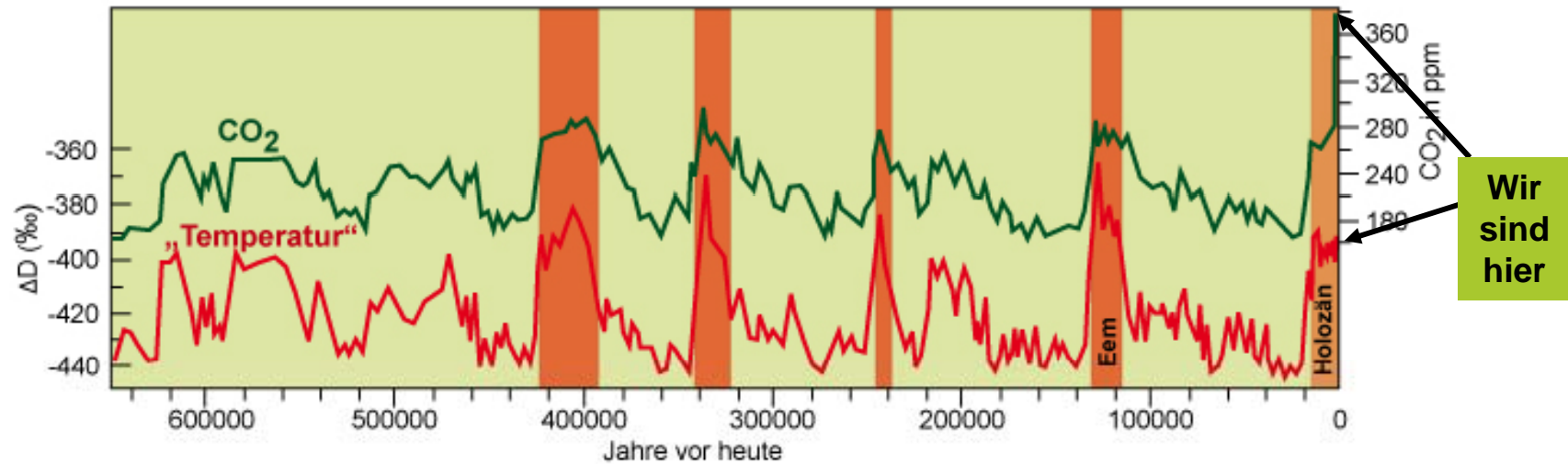
Quelle: Eigene Darstellung nach Zachos 2001

Erdbahnparameter

- Der Wechsel zwischen Warm- und Kaltzeiten im Eiszeitalter, zu dem auch die jetzige Warmzeit gehört, wird durch Unregelmäßigkeiten der Bewegung der Erde um die Sonne verursacht.
- Die Bahn der Erde um die Sonne wird auch durch die Anziehungskraft der anderen Planeten beeinflusst. Sie ist daher nicht gleichmäßig.
- Die Erde bewegt sich auf einer mal engeren, mal weiteren elliptischen Bahn um die Sonne (Exzentrizität).
- Ihre Achse ist mal mehr, mal weniger stark zur Sonne hin geneigt (Obliquität). Darüber hinaus schwingt ihre Achse wie die eines Kreisels mal mehr, mal weniger stark um die senkrechte Achse (Präzession). Je nach Ausprägung dieser Erdbahnparameter erhält die Erde mehr oder weniger Sonnenstrahlung.

CO₂ und Temperatur im Eiszeitalter

Delta D = Stellvertreterdaten für die Temperatur (D = Deuterium)

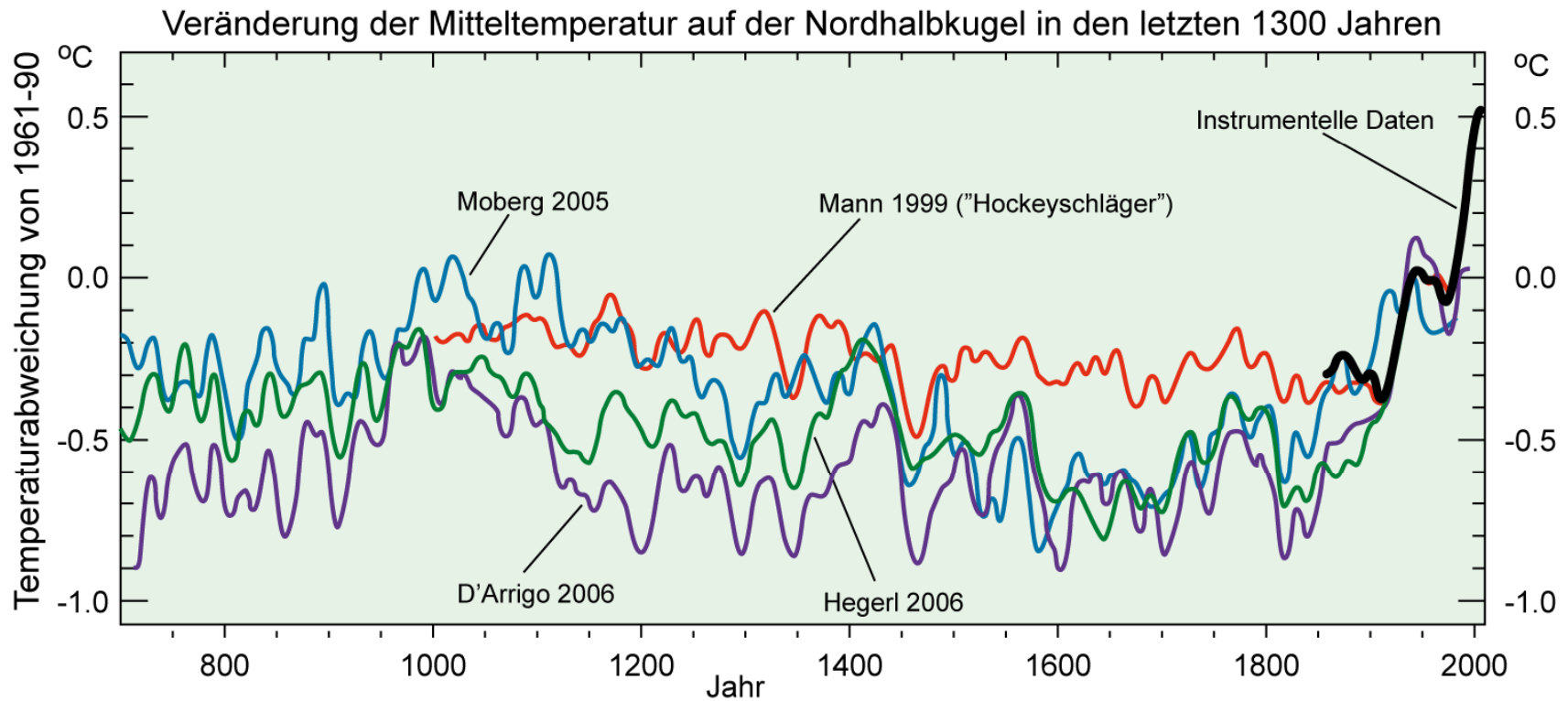


Quelle: Eigene Darstellung nach IPCC 2007

CO₂ und Temperatur im Eiszeitalter

- Temperatur und atmosphärische CO₂-Konzentration bewegen sich im Eiszeitalter nahezu gleichmäßig auf und ab. Die Temperatur beeinflusst über den Ozean die CO₂-Konzentration und diese wirkt auf die Temperatur zurück. Bei geringen Temperaturen nimmt der Ozean mehr CO₂ auf, bei höheren Temperaturen weniger. Die dadurch verursachten geringeren/höheren Konzentrationen von Kohlendioxid in der Atmosphäre senken/erhöhen die Temperatur.
- Auffällig ist, dass die CO₂-Konzentration der Atmosphäre auch in früheren Warmzeiten nie über 300 ppm lag. Durch die vom Menschen verursachten Emissionen beträgt sie heute 390 ppm.

Temperaturveränderung seit dem Mittelalter

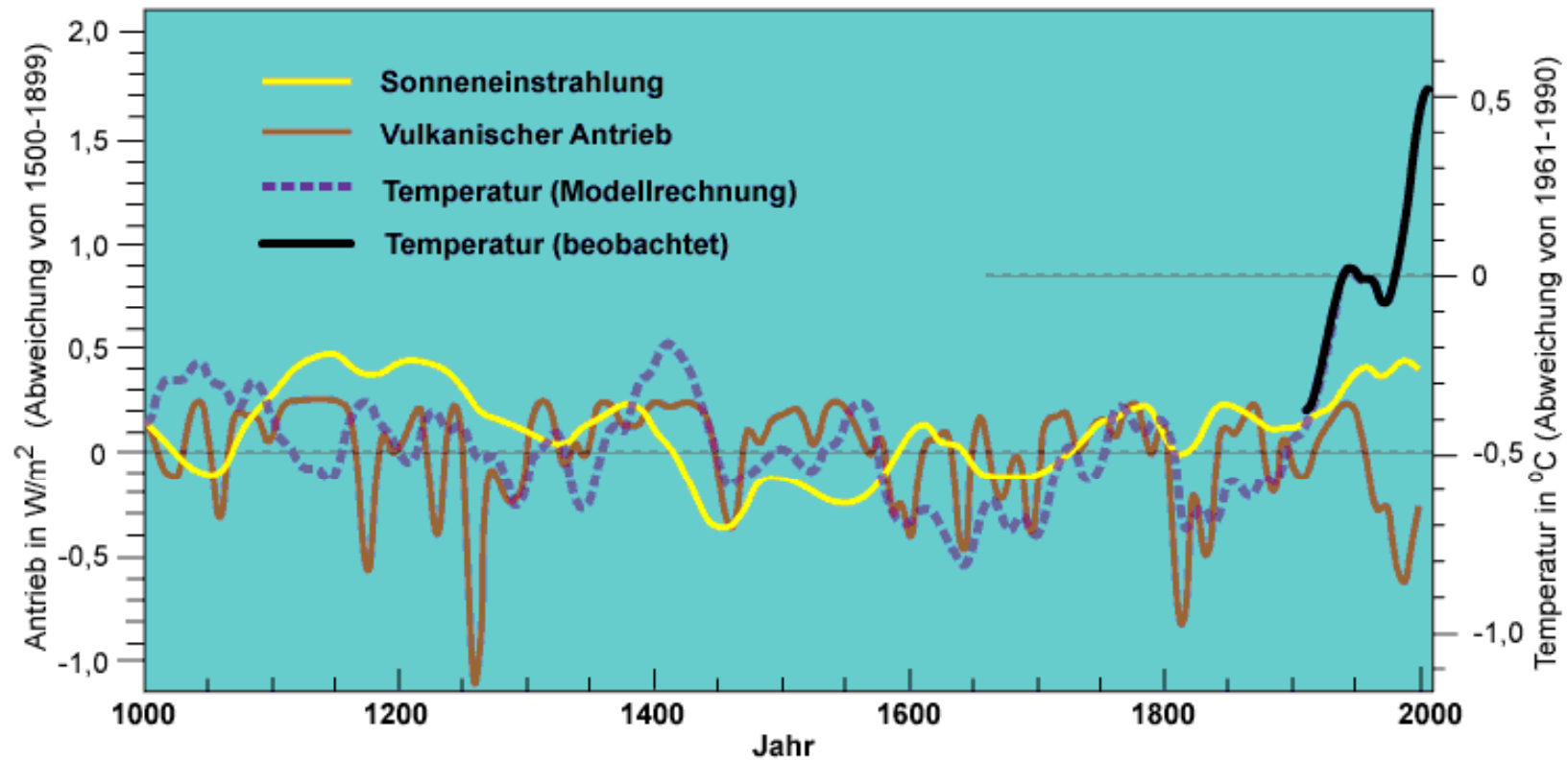


Quelle: Eigene Darstellung nach IPCC 2007

Temperaturveränderung seit dem Mittelalter

- Erst seit 1860 kann man aus Messdaten globale Mittelwerte bilden. Die Temperaturveränderungen davor muss man aus Stellvertreter-(Proxy-)Daten wie Baumringen, Eisbohrkernen oder Seesedimenten ableiten. Danach war es in den letzten 1300 Jahren zumindest auf der Nordhalbkugel nie so warm wie in den letzten drei Jahrzehnten.
- Auch die „Mittelalterliche Warmzeit“ war etwa ein halbes Grad Celsius kühler als heute. In der „Kleinen Eiszeit“ (ca. 1450-1950) war es ca. 1 °C kälter als heute.

Änderung der globalen Mitteltemperatur

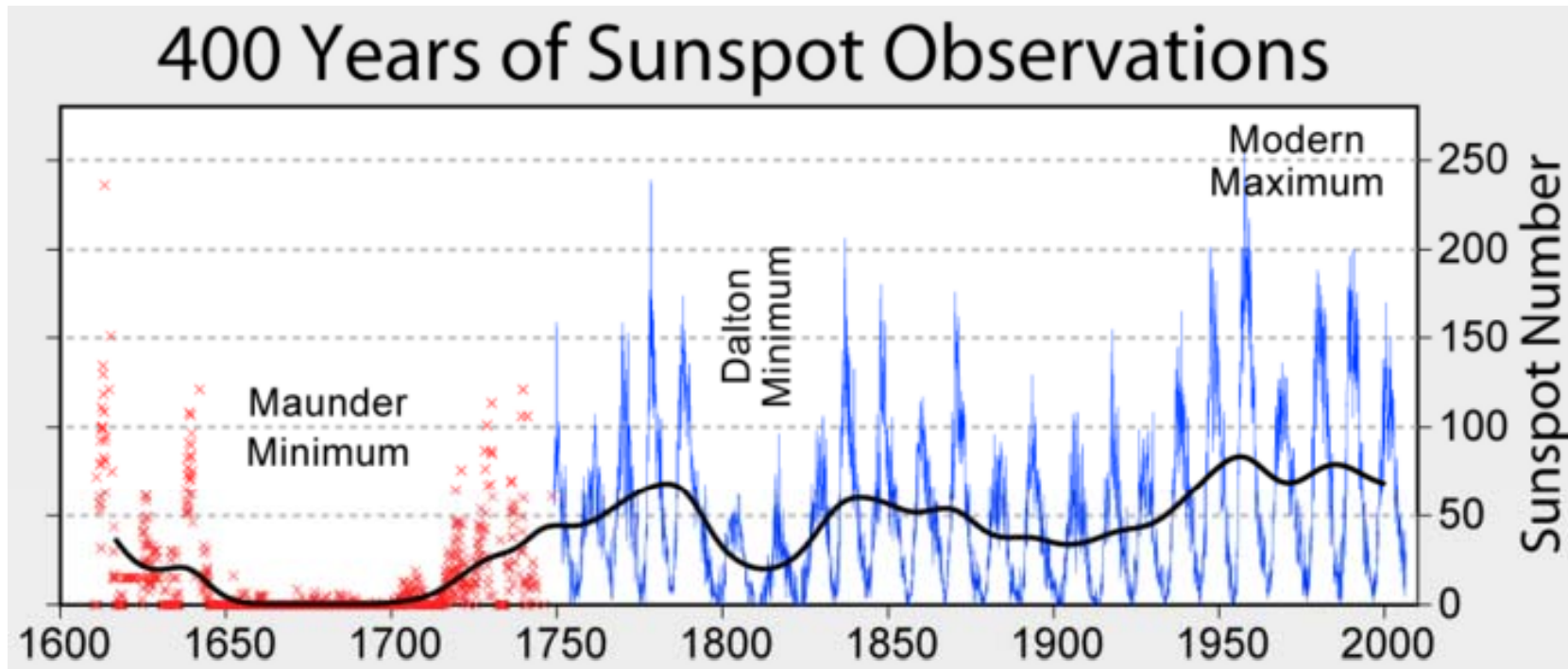


Quelle: Eigene Darstellung
nach IPCC 2007

Änderung der globalen Mitteltemperatur

- Bis etwa 1900 waren die Schwankungen der Sonneneinstrahlung und Vulkanausbrüche die wichtigsten Antriebsfaktoren für Klimaänderungen. Aktivitäten auf der Sonne bewirken eine unterschiedlich starke Sonneneinstrahlung auf der Erde. Durch große Vulkanausbrüche gelangen Aschepartikel bis in die Stratosphäre, wo sie Sonnenstrahlen reflektieren und somit für einige Jahre eine Abkühlung bewirken können.
- Nach 1900 erklären Sonne und Vulkane den Temperaturanstieg nicht mehr hinreichend.

400 Jahre Beobachtung von Sonnenflecken

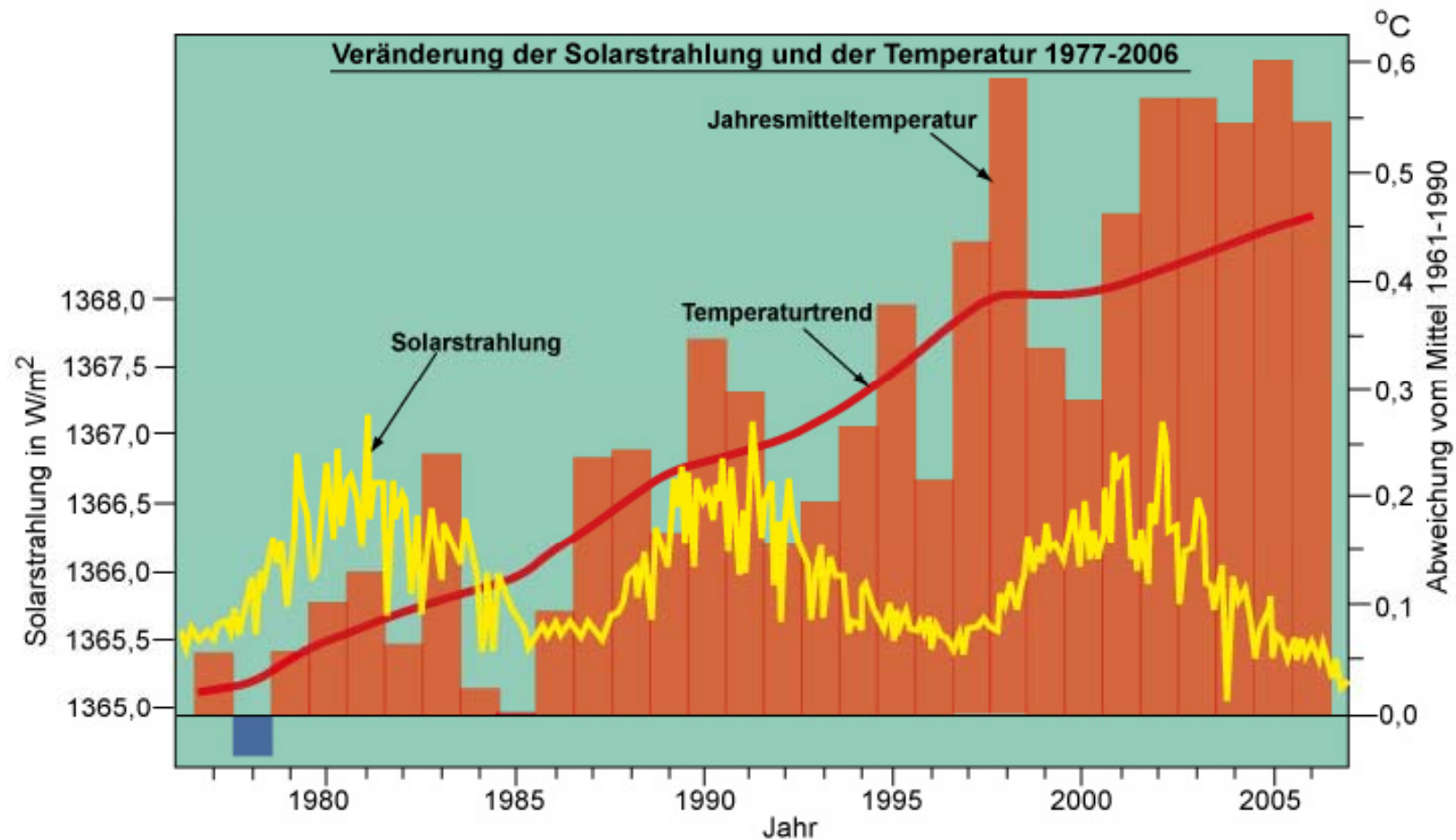


Quelle: Global Warming Art

400 Jahre Beobachtung von Sonnenflecken

- Die Abbildung zeigt die Anzahl der Sonnenflecken (Sunspot Number), die für die Stärke der Solarstrahlung steht. Während des Höhepunkts der „Kleinen Eiszeit“ (Maunder Minimum) gab es fast keine Sonnenflecken. Die Temperaturentwicklung des 20. Jahrhunderts lässt sich jedoch durch die Sonneneinstrahlung nur begrenzt erklären:
 1. Es gab keine Abnahme der Sonneneinstrahlung ab 1940 (Max. 1960).
 2. Es gab keine Zunahme seit Ende der 1970er-Jahre.

Sonneneinstrahlung und Temperatur



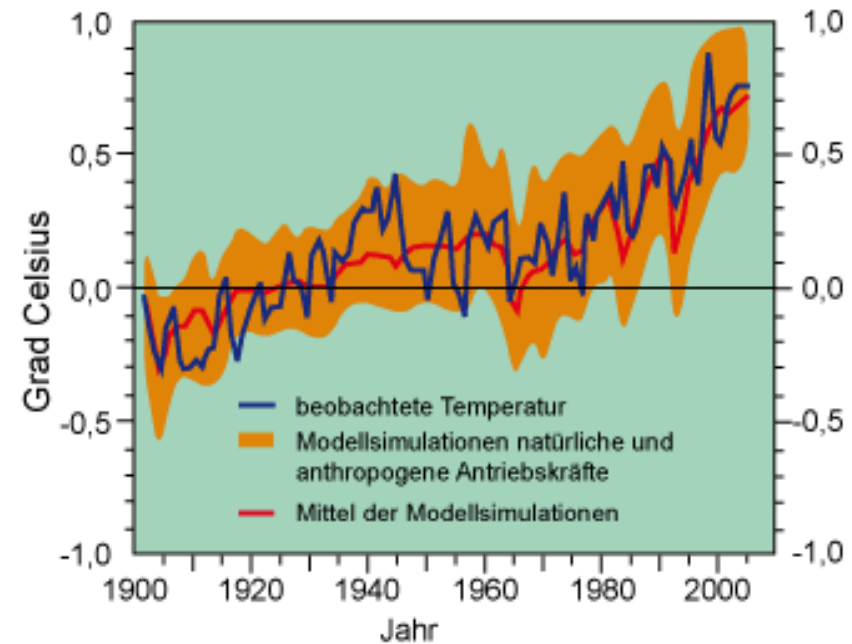
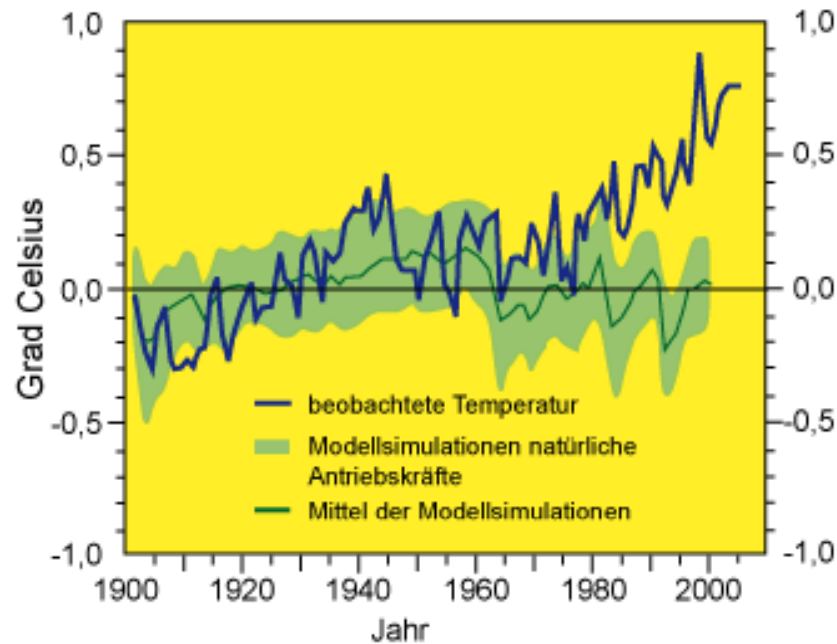
Quelle: Eigene Darstellung nach IPCC 2007 und NOAA

Sonneneinstrahlung und Temperatur



- Im Satellitenzeitalter zeigen verlässliche Messungen, dass Temperatur und Sonneneinstrahlung nicht im Einklang stehen. Die Sonneneinstrahlung schwankt in einem Elf-Jahresrhythmus, dessen Minima eine leichte Tendenz nach unten zeigen.
- Die Temperaturdaten zeigen dagegen einen deutlichen Trend nach oben.

Nachweis einer anthropogenen Klimaänderung

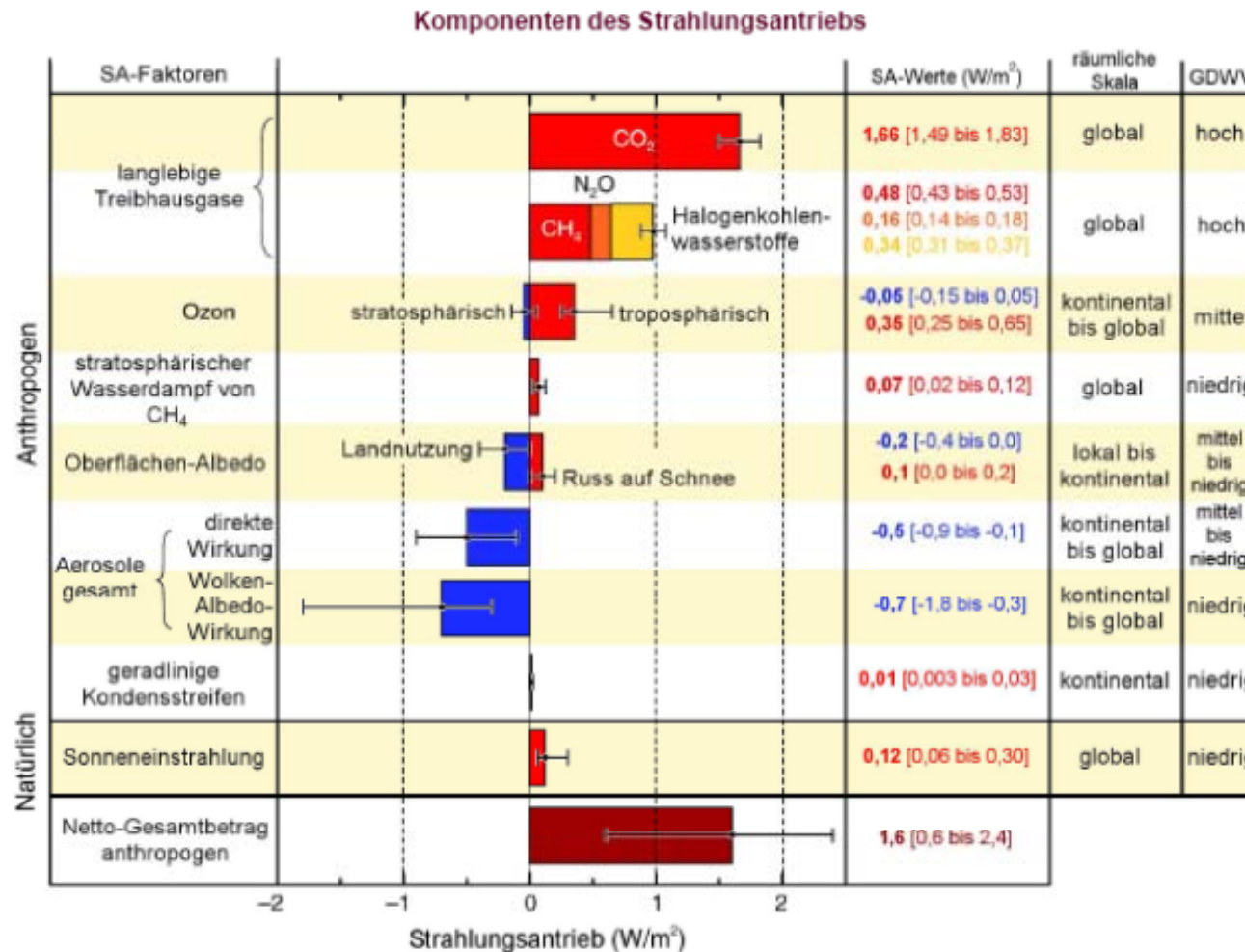


Quelle: Eigene Darstellung nach IPCC 2007

Nachweis einer anthropogenen Klimaänderung

- Modellsimulationen des globalen Klimas im 20. Jahrhundert sind ein weiterer Beleg für den Einfluss des Menschen auf das Klima.
- Wenn sie nur die natürlichen Antriebskräfte berücksichtigen, verfehlen sie deutlich die Temperaturerhöhung der letzten Jahrzehnte (links).
- Nur mit Berücksichtigung der anthropogenen Antriebskräfte (rechts) kann die beobachtete Temperatur angemessen berechnet werden.

Anthropogener Strahlungsantrieb



Quelle: Deutsche IPCC - Koordinierungsstelle

Anthropogener Strahlungsantrieb

- Die Abbildung zeigt die menschlichen Einflüsse auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre seit 1750.
- An erster Stelle steht die Erwärmung durch Treibhausgase. Die Veränderung der Erdoberfläche und die Emission von Aerosolen haben eine abkühlende Wirkung. Der Einfluss der Sonneneinstrahlung ist in den letzten 250 Jahren gegenüber dem der menschlichen Aktivitäten zu vernachlässigen.

Quellenangaben

- F 2: Eigene Darstellung nach Max-Planck-Institut für Meteorologie: Was ist der Unterschied zwischen Wetter und Klima? — <http://www.mpimet.mpg.de/aktuelles/presse/faq-haeufig-gestellte-fragen/was-ist-der-unterschied-zwischen-wetter-und-klima.html>, letzter Zugriff 03.02.2011
- F 4: Eigene Darstellung nach Zachos, J., et al. (2001): Trends, Rhythms and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present, Science 292, 686-693
- F 6: Eigene Darstellung nach IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, Technical Summary, Figure TS.1
- F 8: Eigene Darstellung nach IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, Figure 6.10
- F 10: Eigene Darstellung nach IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, Figure 6.10 und 6.13
- F 12: Global Warming Art: Sunspot Numbers — http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:Sunspot_Numbers_png, letzter Zugriff 11.02.2011
- F 14: Eigene Darstellung; Solarkurve nach IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, Figure 2.16; Temperaturdaten nach National Climatic Data Center — ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/anomalies/annual.land_ocean.90S.90N.df_1901-2000mean.dat, letzter Zugriff 11.02.2011
- F 16: Eigene Darstellung nach IPCC (2007): Climate Change 2007, Working Group I: The Science of Climate Change, Technical Summary, Figure TS-23
- F 18: Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle (2008): Klimaänderung 2007, Synthesebericht, Berlin, Abb. 2.4