

Ein oft angebrachtes „[Totschlagargument](#)“ gegen die These, dass der Klimawandel vom Menschen verursacht wird, ist die Äußerung: “ **Änderungen des Klimas hat es schon immer gegeben und diese waren zudem noch viel stärker als heute**

”. Dazu muss man sagen, dass diese Leute schon Recht haben mit dieser Behauptung, wie im Folgenden durch Beispiele aus der Klimageschichte deutlich wird. Allerdings widerspricht diese Aussage auch nicht der These, dass dieses Mal der Mensch der Verursacher ist. Viele Indizien sprechen leider dafür, dass es diesmal anders ist als sonst. Doch das soll im Kapitel „

[Der anthropogene Klimawandel](#)

“ diskutiert werden. Hier erst einmal einige klimageschichtliche Aspekte die durch verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen ans Tageslicht kamen. Die Untersuchungsmethoden mit der Paläoklimatologen die Klimageschichte erforschen, finden Sie im grünen Kasten auf

[Ökosystem-Erde.de](#)

Milankovitch-Zyklen - Der Einfluss der Sonne auf das Erdklima:

Aus manchen Eiskernbohrungen, wie einer der berühmtesten der Vostok-Station (Antarktis), kann man das Klima der letzten 400.000 Jahre rekonstruieren. Der Temperaturverlauf und der Verlauf der Konzentration des Treibhausgases CO₂ die aus dieser Eiskernbohrung resultieren, sind in Abbildung 2 gezeigt und deuten auf **periodische Veränderungen** des Klimas hin. Den Ursprung dieser Zyklen löste letztendlich der serbische Astronom Milutin Milankovitch auf: Die

Umlaufbahn der Erde

um die Sonne ist kein Kreis sondern hat eine leichte

Ellipsenform

. Deren

[Exzentrizität](#)

E gibt an, wie stark die ellipsenförmige Umlaufbahn von einer kreisförmigen Bahn abweicht. Die Erdbahn variiert hierbei von nahezu kreisförmig ($E=0,005$) bis leicht elliptisch ($E=0,058$) [7]. Die Periode dieser Variation zwischen kleiner und großer Exzentrizität beträgt 413.000 Jahre [7].

Bei einer minimal exzentrischen Erdbahn beträgt die Strahlungsänderung zwischen sonnennahem und sonnenfernem Punkt nur etwa 2 %, im maximal exzentrischen hingegen über 23 % [7]. Ursache dieser Variationen sind Störungen der Erdbahn hervorgerufen durch die anderen Planeten des Sonnensystems. Gegenwärtig ist die Erde während des Winters (auf der Nordhalbkugel) der Sonne näher. Zu diesem

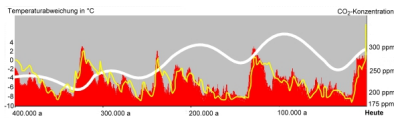
400.000 Jahre dauernden Zyklus

kommen noch

kleinere Periodizitäten von 100.000 Jahren

hinzu, die den Hauptzyklus überlagern. Die Schwingung der gesamten Exzentrizität ist in

Abbildung 3 dargestellt und korreliert sehr gut mit der Temperaturschwankung die aus der Eiskernbohrung Vostok resultiert (Abbildung 2).



Zugleich kreist die Erdachse mit einer Periode von **26.000 Jahren** ähnlich der taumelnden Achse eines Kinderkreisels um die Senkrechtstellung der Erde (Veranschaulichung in Abbildung 3). Diese Bewegung wird

Präzession

genannt und ist darin begründet, dass die Erde keine Kugel ist, sondern ein

Ellipsoid

auf dem die Gravitationskräfte von Sonne und Mond wirken [7]. Die dritte periodische Veränderung ist die sich

verändernde Erdneigung

(im Bezug auf die Senkrechtrichtung der Erdbahn) zwischen $22,1^\circ$ und $24,5^\circ$ mit einer Periode von circa

41.000 Jahren

(Veranschaulichung in Abbildung 3) [7]. Dieser Effekt führt zu einer Veränderung der jahreszeitlichen Unterschiede. Zur Zeit beträgt die Achsneigung $23,44^\circ$ und liegt etwa im Mittel zwischen den Extremwerten. Alle 3 Veränderungen inklusive ihrer periodischen Verlaufsformen sind in Abbildung 3 verdeutlicht.

Zu diesen sich ändernden Erdumlaufparametern kommt noch die **Schwankung der Sonnenaktivität** ^{hi}

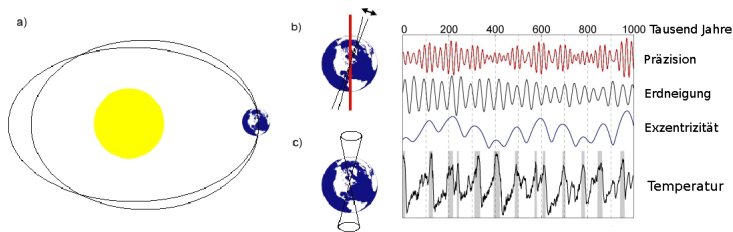
nzu, die in der sich wiederholenden Veränderung der Sonnenfleckenanzahl begründet ist. Die Periodizität der Sonnenaktivität beträgt jedoch nur

11 Jahre

und verursacht eine Schwankung der

Solarkonstante

(1367 W/m²) von maximal 2 Watt/m² [3]. Diese kurzzeitige Schwankung kann somit nicht die längerfristigen Schwankungen der 400.000 Jahre langen Temperaturrekonstruktion in Abbildung 2 erklären.



In Abbildung 2 wird der enge Zusammenhang zwischen Temperatur und Kohlendioxidkonzentration der Luft deutlich. Wie man also sieht, hat es schon lange bevor der Mensch fossile Stoffe verbrannt und somit CO₂ ausgestoßen hat **Temperaturanstiege in Verbindung mit CO₂-Anstiegen**

gegeben. Wirft man jedoch einen genaueren Blick auf den aktuellen Temperaturanstieg und der Anstiege zuvor, wird deutlich, dass früher der CO₂-Anstieg dem Temperaturanstieg folgte. Beim derzeitigen Temperaturanstieg ist es jedoch genau anders herum. Die früheren Temperaturanstiege sind nach heutigem Wissensstand alle mit der sich ändernden Exzentrizität zu erklären. Erwärmt sich dadurch die Atmosphäre der Erde, folgt auch eine Erwärmung der Ozeane. Eine Erwärmung der

Ozeane

bedeutet aber gleichzeitig, dass sie weniger CO₂ aufnehmen können da ihre

CO₂-Löslichkeit

stark von der Wassertemperatur abhängt (CO₂-Löslichkeit in Wasser: bei 0°C: 3.3 g/l, bei 20°C: 1.7 g/l) [5]. Ozeane stellen jedoch die wichtigsten natürlichen CO₂-Senken der Erde dar. Folglich steigt bei einem Temperaturanstieg die CO₂-Konzentration in der Erdatmosphäre da die Ozeane nicht mehr soviel CO₂ aufnehmen können. Da CO₂ ein Treibhausgas ist, führt dessen Anstieg zu einer Verstärkung der Erwärmung. Kühlt die Erde durch die sich ändernde Exzentrizität wieder ab, können die abkühlenden Ozeane wieder mehr CO₂ aufnehmen. Dieser Prozess wiederholt sich nun für unser Empfinden sehr langsam alle 100.000 Jahre.

Beim **heutigen Klimawandel** hingegen ist der Prozess scheinbar ein anderer. Zum einen ist der **CO₂-Anteil der Luft mit 390 ppm** (parts per million, Teile pro Million) **so hoch wie**

seit mindestens 650.000 Jahren nicht mehr

[5]. Zum anderen geht der

CO₂-Anstieg diesmal einem Temperaturanstieg voran

, also genau umgekehrt zum bisher beobachteten Fall. Diese Beobachtung allein legt schon

ohne Klimamodellierungen nahe, dass der CO₂-Anstieg der Atmosphäre diesmal die Erderwärmung verursacht. Da andere äußere Einflüsse im Vergleich zu den letzten 650.000 Jahren unverändert sind, liegt die Vermutung nahe, dass der derzeitige Temperaturanstieg durch die vom Menschen seit der

industriellen Revolution massenhaft verbrannten fossilen Rohstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle

hervorgerufen wird. Mehr zu dem Ursprung und der Wirkung der Treibhausgase erfahren Sie im Folgekapitel „

[Anthropogener Klimawandel](#)

“. Zusätzliche Informationen zur Klimageschichte und besonderen Ereignissen wie die vollkommene Vergletscherung der Erde, Eiszeiten und Klimaverlauf finden Sie auf

[Ökosystem-erde.de](http://oekosystem-erde.de)

Quellen

[1] IPCC Sachstandsbericht - Zusammenfassung für Entscheidungsträger, 2007 ([Link](#))

[2] <http://www.oekosystem-erde.de/html/klima-02.html> , 25.03.2012

[3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenaktivit%C3%A4t> , 20.03.2012

[4] <http://www.oekosystem-erde.de/html/klimageschichte.html> , 28.03.2012

[5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid> , 11.03.2012

[6] Hansen et al., Globale temperature change, PNAS, 103, 29 (2006) ([Link](#))

[7] <http://de.wikipedia.org/wiki/Milankovi%C4%87-Zyklen> , 20.03.2012

[8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauspotenzial> , 29.03.2012

[9] <http://www.oekosystem-erde.de/html/treibhausgase.html> , 30.03.2012

[10] IPCC, Synthesis report Summary for Policymakers, 2007 ([Link](#))

[11] <http://www.oekosystem-erde.de/html/klimawandel-02.html> , 31.03.2012

[12] <http://www.oekosystem-erde.de/html/klimawandel-03.html> , 25.03.2012

[13] WBGU Sondergutachten "Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz", 2009 ([Link](#))

[14] <http://www.oekosystem-erde.de/html/klimaloesung.html> , 10.03.2012

[15] http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/klima/klima-verhandlungen-kanada-steigt-aus-kyoto-abkommen-aus_aid_693497.html , 02.04.2012

[16] http://www.wetteronline.de/wotexte/redaktion/klimawandel/2011/11/1104_co_CO2Ausstoss-erreicht-Rekord.htm , 03.04.2012

erstellt im März 2012 von [Christoph Schünemann](#)