

Milanković-Zyklen

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Bei den **Milanković-Zyklen** (nach dem serbischen Mathematiker^[1] Milutin Milanković), im deutschen Sprachraum auch Milankovic-, Milankovich-, Milankovitch- oder Milankowitsch-Zyklen geschrieben, handelt es sich um zeitvariante Muster, in welchen die auf die Erde auftreffende Sonnenstrahlungsintensität bzw. Sonnenenergie über die jährliche Schwankung hinaus variiert, also um langperiodische Variationen der Solarkonstante. Sie erklären die auf der Erde auftretenden natürlichen Klimaschwankungen zu einem Teil und sind daher im Kontext der Klimatologie und der Paläoklimatologie von großer Bedeutung.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Auswirkungen
- 2 Präzession
- 3 Veränderliche Neigung der Erdachse zur Umlaufbahn
- 4 Änderung der Exzentrizität
- 5 Weitere Effekte und kritische Betrachtung
- 6 Siehe auch
- 7 Referenzen

Auswirkungen

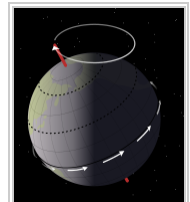
Auf der Erde werden die Zyklen sichtbar als periodisch auftretende Abweichungen der Solarkonstante in der Größenordnung von circa 5 bis 10 Prozent. Als planetare Ursache für diese Schwankungen der Intensität der Sonneneinstrahlung auf der Erde wurden die folgenden drei sich überlagernden Effekte berechnet:

- Die Präzession der Erdrotationsachse („trudelnder Kreisel“) mit Zyklen von 25.700 bis 25.800 Jahren
- Die Erdschiefe (Veränderung des Neigungswinkels der Erdachse) mit einem Zyklus von 41.000 Jahren
- Die Änderung der Exzentrizität (Variation des Radius der Erdumlaufbahn um die Sonne) mit einem Zyklus von 100.000 Jahren.

Dabei kommt es zwar nicht zu einer globalen Veränderung der Sonnenstrahlung im Jahresmittel, aber da die Landmasse der Erde sich hauptsächlich auf die Nordhalbkugel der Erde konzentriert, ändert sich die Verteilung der Sonnenstrahlung auf die Jahreszeiten u.U. erheblich. Dieser Effekt ist bedeutsam, da sich an Land Strahlungsänderungen erheblich schneller und stärker auf die Temperatur auswirken als über dem Meer.

Präzession

Die Erdachse kreist mit einer Periode von 26.000 Jahren ähnlich der taumelnden Achse eines Kinderkreisels (Präzession) um die Senkrechtstellung. Ursache sind die Kräfte von Sonne und Mond auf den Äquatorwulst des rotierenden Erdellipsoids. Das führt dazu, dass die Jahreszeiten nicht immer im gleichen Bahnpunkt der Erdbahnellipse auftreten. Zurzeit durchläuft die Erde ihren sonnennächsten Punkt, das Perihel, um den 3. Januar, also mitten im Nordwinter, das Aphel um den 5. Juli.^[2] In 11.000 Jahren wird das Perihel im Nordsommer durchlaufen, so dass die Jahreszeiten auf der Nordhalbkugel dann strenger ausfallen und die Nordwinter länger dauern werden.

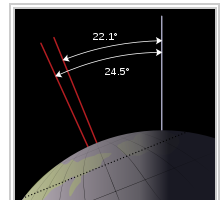


Präzessionsbewegung der Erdachse

Veränderliche Neigung der Erdachse zur Umlaufbahn

Die Schiefe der Erdachse gegen die Senkrechtrichtung der Erdbahn ändert sich periodisch zwischen 22,1° und 24,5°, mit einer Periode von ca. 41.000 Jahren. Dieser Effekt führt zu einer Änderung der jahreszeitlichen Unterschiede, sodass bei größerer Neigung die Winter kälter und die Sommer wärmer sind als bei geringerer Achsneigung. Zurzeit beträgt die Achsneigung 23,44° und liegt etwa im Mittel zwischen den Extremwerten, das Minimum wird in etwa 8.000 Jahren erwartet.

Bei geringer Achsneigung können Gletscher in den wärmeren Wintern größere Schneemassen akkumulieren, da die Verdunstung über dem Meer höher ist und damit verbreitet mehr Schnee fällt, solange die Temperaturen weiterhin unter dem Gefrierpunkt liegen. In den Sommern ist dagegen die Ablation durch die geringere Sonneneinstrahlung und Temperatur verringert, so dass die Bedingungen für die Bildung von Eisschilden insgesamt deutlich verbessert sind.



Schiefe der Erdachse im Bereich von 22.1-24.5°

Änderung der Exzentrizität

Die Umlaufbahn der Erde um die Sonne ist eine Ellipse. Die Exzentrizität gibt an, wie stark die ellipsenförmige Umlaufbahn von einer kreisförmigen Bahn abweicht. Die Form der Umlaufbahn der Erde variiert von nahezu kreisförmig (geringe Exzentrizität von 0,005) bis leicht elliptisch (hohe Exzentrizität von 0,058). Im Mittel beträgt die Exzentrizität 0,028. Die Hauptkomponente dieser Abweichung tritt in einer Periode von 413.000 Jahren (Variation der Exzentrizität um ± 0,012) auf. Zurzeit variiert die Sonnenentfernung im Jahresverlauf um 3,4 %, dies entspricht einer Variation der Einstrahlung um 6,9 %. Bei minimal exzentrischer Erdbahn beträgt die Strahlungsänderung nur etwa 2 %, im Maximum dagegen über 23 %. Ursache dieser Variationen sind Störungen der Erdbahn durch die anderen Planeten des Sonnensystems, in erster Linie jedoch durch Jupiter und Saturn.

Hinzu kommt, dass ein Umlauf durch die „entferntere“ Hälfte der Erdbahn um die Sonne länger dauert als durch den näher gelegenen Teil (2. Keplersches Gesetz). Dieser Unterschied ist umso größer, je ausgeprägter die Exzentrizität der Erdbahn ist. Da gegenwärtig die Erde während des Winters (auf der Nordhalbkugel) der Sonne näher ist, ist das Herbst-Winter-Halbjahr etwa 7 Tage kürzer als das Frühlings-Sommer-Halbjahr. (An dieser Tatsache kann man auch gut erkennen, dass nicht die Nähe zur Sonne, sondern der Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fallen, ausschlaggebend für die jahreszeitlichen Temperaturen ist.)

Etlche andere Bedingungen verändern sich in Zyklen zwischen 95.000 und 136.000 Jahren und vereinen sich lose in einem Zyklus von 100.000 Jahren (Variation zwischen -0,03 und +0,02). Die gegenwärtige Exzentrizität beträgt 0,017.

Weitere Effekte und kritische Betrachtung

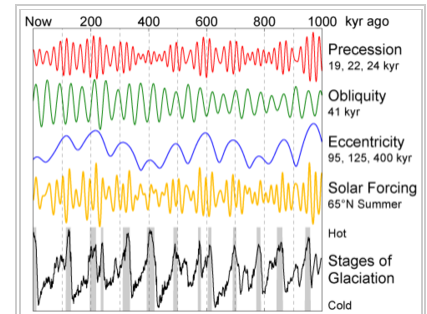
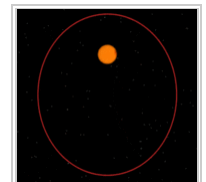


Diagramm der Milanković-Zyklen mit Übersicht der Präzession (*Precession*), Schiefe der Ekliptik (*Obliquity*), Exzentrizität (*Excentricity*), Schwankungen der Solarstrahlung auf die Erde (*Solar Forcing*), sowie den Eis- und Warmzeiten (*Stages of Glaciation*).



kreisförmige Umlaufbahn mit einer Exzentrizität von 0



Umlaufbahn mit einer Exzentrizität von 0,5

Neben der Erdsachspräzession kommt es auch zu einer sehr langsamen Drehung der Apsidenlinie der Erdbahn, die die Lage von Perihel und Aphel mit der Zeit verdreht.

Ein Effekt, der von Milanković in seinen Berechnungen nicht berücksichtigt wurde, ist die periodische Kippung der Erdbahnebene (der Ekliptik) im Raum, die wie die anderen Störungen auch im Wesentlichen durch Jupiter und Saturn verursacht wird. Ihr Zyklus von etwa 100.000 Jahren deckt sich gut mit der Periodizität der Eiszeiten.

Aus paläoklimatologischen Untersuchungen sind verschiedene Klimaperioden bekannt, die sich nicht unbedingt mit den astronomischen Zyklen decken. Auch sind in einigen Zeiten zwar Korrelationen zwischen Klima- und astronomischen Zyklen sichtbar, aber es wechseln sich die betreffenden Zyklen teilweise ab (s. Beispiel rechts), so dass es schwierig ist, eine kausale Beziehung herzustellen.

Andere nichtastronomische Faktoren, die Temperaturschwankungen auslösen, sind z.B. Vulkanismus, Veränderungen der Treibhausgase, Veränderungen von Meeres- und Luftströmungen durch Kontinentaldrift und Gebirgsbildung sowie komplexe Wechselwirkungen mit positiver und negativer Rückkopplung auf das Klima.

Siehe auch

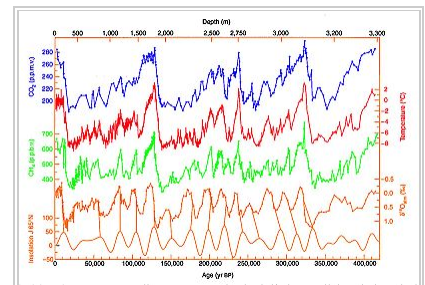
- Rekurrenzplot

Referenzen

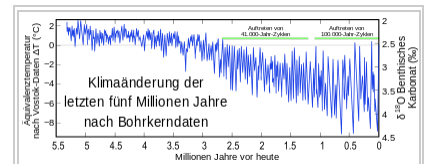
- Eintrag *Milanković* in Encyclopædia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/382148/Milutin-Milankovitch%7Cs.>)
- <http://www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications/data-services/earth-seasons>

Von „<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Milanković-Zyklen&oldid=116007032>“

Kategorien: Klimageschichte | Astronomischer Zeitbegriff | Kälteanomalie | Wärmeanomalie



Klimaparameter der letzten 420.000 Jahre, bestimmt aus Eiskernanalysen der Vostok-Station in der Antarktis



Variationen der Zykluszeiten der Vereisungsperioden, ermittelt aus Ozeansedimenten

- Diese Seite wurde zuletzt am 27. März 2013 um 19:23 Uhr geändert.
- Abrufstatistik

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; zusätzliche Bedingungen können anwendbar sein. Einzelheiten sind in den Nutzungsbedingungen beschrieben.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.