

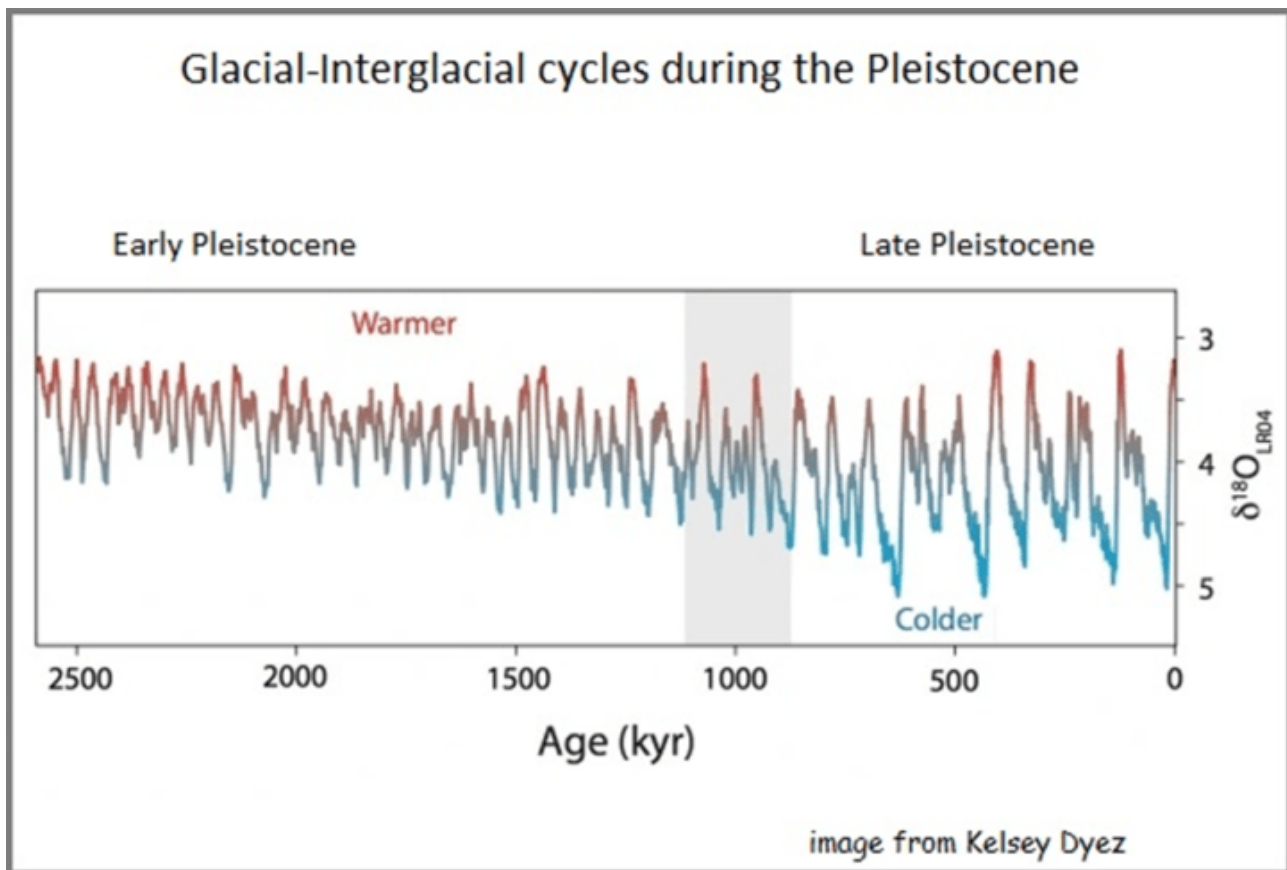
Tipping Point?

geschrieben von Chris Frey | 10. Mai 2024

Kirby Schlaht

Viele Klima-Katastrophisten behaupten, dass nur ein paar Grad mehr an Temperatur oder ein paar Teile pro Million eines Treibhausgases unseren Planeten in ein verheerendes Treibhausklima mit sich erwärmenden Ozeanen, schmelzenden Eiskappen, steigenden Meeresspiegeln und heftigeren Stürmen stürzen könnten. Gibt es in der Geschichte des Paläoklimas Kippunkte, bei denen schnelle Temperaturveränderungen zu einer extremen Erwärmung oder Abkühlung des Klimas führen? Schauen wir uns selbst einige Paläo-Klimadaten an.

Anhand fossiler Foraminiferen lassen sich die Bedingungen ermitteln, unter denen sich die umgebenden Sedimente ablagerten. Anhand des Sauerstoff-18-Verhältnisses können wir Gletscher- und Wärmeperioden während der aktuellen Eiszeit erkennen. Wir wissen, dass sich der Planet während der letzten Million Jahre der spätpleistozänen Eiszeit weiter abgekühlt hat, was zu einer Glazial- und Interglazialperiode von etwa 100 000 Jahren führte. Der Milankovitch-Zyklus der 100 000-jährigen Exzentrizität der Erdumlaufbahn scheint diesen längeren Zeitraum zu modulieren. In den vorangegangenen 2 Millionen Jahren des frühen Pleistozäns war der Planet wärmer, wobei die Glazial- und Interglazialperiode konstant 40 000 Jahre dauerte, was offenbar durch den 40 000 Jahre dauernden Obliquitätszyklus bedingt war.

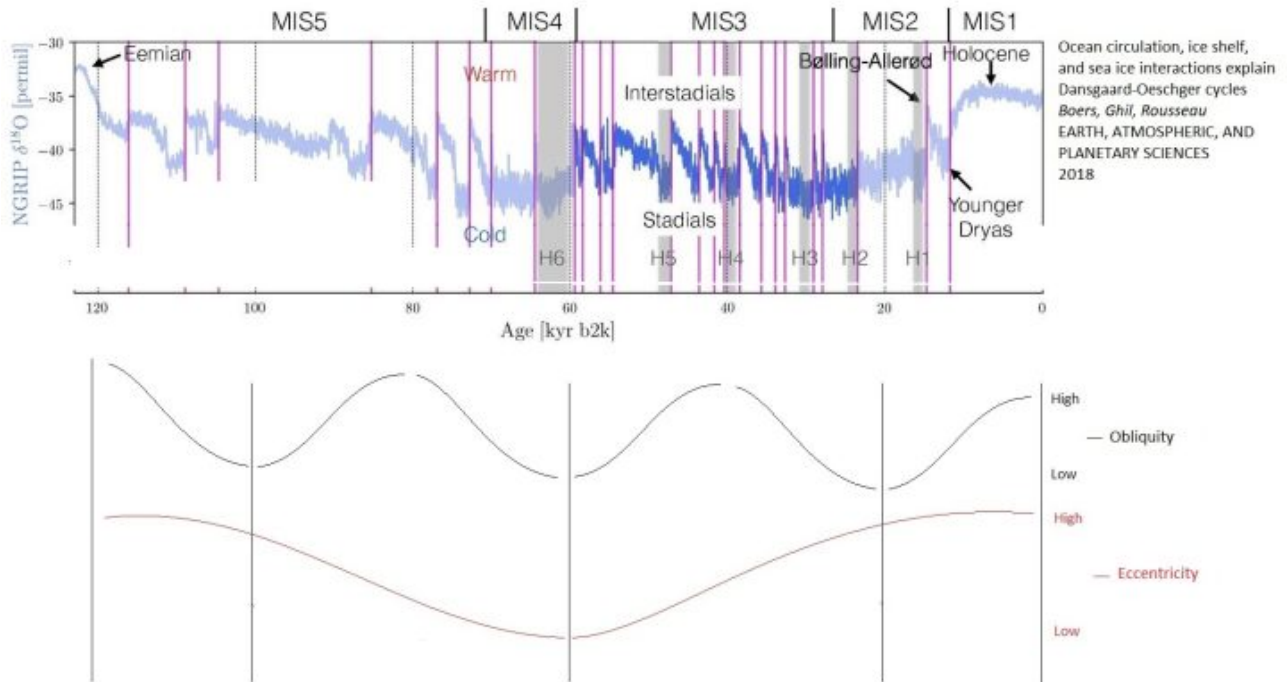


Hochauflösende Paläoklima-Proxy-Aufzeichnungen aus grönländischen Eisbohrkernen (Boers, 2018) zeigen, dass die letzte 120-tausendjährige Eiszeit von abrupten klimatischen Übergängen, den sogenannten Dansgaard-Oeschger-Ereignissen (D-0), unterbrochen worden ist. Diese Ereignisse sind durch rasche Erwärmungen über Grönland bis zu 15 Grad Celsius innerhalb weniger Jahrzehnte gekennzeichnet. Der Verlauf eines D-0-Ereignisses beginnt mit einer abrupten Erwärmung, gefolgt von einer Abkühlungsperiode von einigen hundert Jahren, in der die Temperaturen schließlich zur normalen Kälte der Eiszeit zurückkehren. Die Ursache für diese Übergänge ist nach wie vor unklar. Möglicherweise werden diese Übergänge jedoch durch eine Verstärkung zyklisch-solarer Antriebe beeinflusst.

Im Jahre 2017 veröffentlichten Jung-Eun Lee und Kollegen Modellergebnisse, die darauf hindeuten, dass eine globale Abkühlung die Hauptursache für den Wechsel zwischen Glazialen und Interglazialen Perioden ist. Die Modelle zeigen, dass unser aktueller Milankovitch-Orbitalzustand der Höhepunkt einer hohen Obliquität und eines Höhepunkts einer hohen Exzentrizität ist. Wenn wir die Sauerstoff-18-Proxy-Temperaturen gegen die Obliquität und Exzentrizität der Umlaufbahn während der letzten Eiszeit auftragen, ergibt sich ein Muster. Wir sehen eine hohe Häufigkeit von D-0-Ereignissen während Perioden hoher Obliquität und eine geringe Häufigkeit während niedriger Obliquität, wobei die warmen Interglaziale nur bei hoher Obliquität und hoher Exzentrizität auftreten. Eine hohe Obliquität allein kann keine Interglaziale während Perioden mit niedriger Exzentrizität auslösen,

aber sie kann in den höheren Breitengraden für genügend erhöhte Sonneneinstrahlung sorgen – ein Kipppunkt, wenn man so will – damit Änderungen der Sonnenaktivität die D-0-Temperaturübergänge durch Meereis und damit die Verringerung der Eisalbedo vorantreiben können. Die langsame Rückkehr zu den niedrigen Temperaturen vor dem D-0-Ereignis steht für den langsamen Wiederaufbau des Meereises und die daraus resultierende erhöhte Eisalbedo. In Zeiten geringer Obliquität unterdrückt unser kälterer Planet die Einflüsse der Sonnenaktivität oder wäscht sie aus, was zu einem Mangel an D-0-Ereignissen führt.

Oxygen-18 proxy temperatures during the past 120 thousand years plotted against orbital Obliquity and Eccentricity



Ich will damit nicht sagen, dass Obliquität und Exzentrizität in Verbindung mit Änderungen der Sonnenaktivität die einzigen Triebkräfte für diesen raschen Klimawandel des D-0-Typs sind, aber diese extrinsischen Triebkräfte schaffen die Voraussetzungen dafür, dass die intrinsischen Triebkräfte wie Änderungen der Meeresströmungen oder der Rückgang der Eisbedeckung dann ihren erwärmenden Einfluss zeigen können. Der Klimawandel ist nicht nur eine Sache, sondern stellt eine Reihe miteinander verwobener Einflüsse dar – ich glaube jedoch, dass die Veränderungen der Sonnenaktivität in den D-0-Ereignissen wie auch das Timing der Glazial-/Interglazialperioden durch Milankovitch-Zyklen „angestoßen“ werden, die ein weiteres Glied in der Kausalkette darstellen.

Zur Klarstellung: Die Milankovitch-Zyklen sind technisch gesehen nicht die erste kausale Verbindung zu irgendeinem Klimawandel. Im [Beitrag The Story of Climate Change](#) stelle ich eine hypothetische Kausalkette für den Klimawandel in der Reihenfolge ihres Einflusses dar. Sie beginnt mit der galaktischen Orbitalposition unseres Planetensystems (Eishaus des Spiralarms oder Treibhaus zwischen den Armen), gefolgt von unserer galaktischen in- und out-of-plane Orbitalschwingungsposition (warm out-

of-plane und cool in-plane), gefolgt von den Milankovitch-Orbitalzyklen (Obliquität, Exzentrizität, Präzession), die vor allem während der kalten Eiszeiten zu beobachten waren, gefolgt von Veränderungen der Sonnenaktivität und schließlich den Einflüssen der Eisalbedo, der Meeresströmungen, des Wasserdampfs und anderer kurzfristiger Faktoren wie dem Vulkanismus. Wo stehen wir also jetzt? Unser derzeitiger Klimazustand stellt sich wie folgt dar: Wir befinden uns etwa auf 1/3 des Weges durch den Spiralarm des Sagittarius – wir fallen immer tiefer in das kalte Eishaus. Unsere galaktische Orbitaloszillation außerhalb der Ebene bringt uns vollständig in die Ebene mit dem damit verbundenen Maximum an kosmischer Strahlung und der größten Neigung zu abkühlender Bewölkung und dem Beginn einer Eiszeit. Wir befinden uns in der höchsten planetarischen Obliquität und Exzentrizität, was zu dieser 20.000-jährigen Zwischeneiszeit führt. Bei diesen höheren Temperaturen sind die Veränderungen der Sonnenaktivität gedämpft und führen zu weniger Ereignissen, die auf Jahrzehnte bis Jahrhunderte hinausgehen und vom Sonnenzyklus bestimmt werden.

Stehen wir jetzt an einem Wendepunkt im Treibhaus? Die einfache Antwort lautet „Nein“. Eine Treibhausperiode ist in unserem derzeitigen Klimazustand einfach nicht möglich. Wir werden in etwa 125 Millionen Jahren aus dem Eishaus her austreten und in das nächste Treibhaus eintreten, indem wir den kalten Raum des Sagittarius-Spiralarms verlassen und die nächste warme Region zwischen den Armen durchqueren. Das kommende Treibhaus wurde von unserem System zuletzt vor 500 Millionen Jahren während der Kambrischen Periode durchquert, die die „Kambrische Explosion“ hervorbrachte, den intensivsten Ausbruch der Evolution, der je bekannt war. Bei der Durchquerung dieses Zwischenarms nimmt die galaktische Strahlungsintensität ab, was mit einer geringeren Wolkenbedeckung und steigenden Temperaturen einhergeht. Nun, da unser Planetensystem aus der Ebene schwingt, wird die kosmische Strahlung noch weiter reduziert, was die globale Wolkenbedeckung auf ein Minimum reduziert und eine noch wärmere Periode einleitet, die etwa 30 Millionen Jahre dauert. Jeder der Zwischenarme der Milchstraße ist von einzigartiger Größe, kann aber während unseres 50- bis 100-Millionen-Jahre-Transits zwei bis drei dieser sehr warmen Perioden außerhalb der Ebene erzeugen. Im weiteren Verlauf unserer galaktischen Umlaufbahn nimmt die galaktische Strahlung wieder zu, wenn wir uns dem nächsten kalten Spiralarm nähern, dem Perseus-Arm, in dem vor 450 Millionen Jahren die ordovizische Eiszeit stattfand.

In etwa 10.000 Jahren jedoch, wenn die Obliquität der Erde abnimmt, wird sich der Planet weiter abkühlen. Bei einer geringen Obliquität und einer immer noch hohen Exzentrizität werden wir eine anhaltende Abkühlung erleben, die auf den nächsten glazialen Anfangspunkt – den Kippunkt – zusteuert, an dem eine hohe Exzentrizität und eine geringe Obliquität, ausgelöst durch die Präzession, zu einer raschen Ausdehnung des Meereises, einer Abkühlung der Eisalbedo und der nächsten 80 000-jährigen Eiszeit führen werden.

Link: <https://wattsupwiththat.com/2024/05/07/tipping-point/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE