

Klimamodellverzerrung 4: Konvektion und atmosphärische Zirkulation

geschrieben von Chris Frey | 13. März 2024

[Andy May](#)

In Teil 3 haben wir die Beziehung zwischen Veränderungen der Sonnenaktivität und Klimaveränderungen erörtert. Wie genau sich die Veränderungen der Sonnenaktivität auf das Klima auswirken, ist nicht bekannt. Es ist nicht die unmittelbare Veränderung der Strahlung, die auf die Erde trifft, da diese zu gering ist, um große Auswirkungen zu haben. Es muss also darum gehen, wie das Klimasystem der Erde auf die Veränderungen reagiert. Die beobachtete Auswirkung von Änderungen der Sonneneinstrahlung über den Sonnenzyklus auf das Klima ist viel größer, als die Änderung der gelieferten Strahlung erklären kann [1]. Wahrscheinliche Verstärkungsfaktoren sind die Konvektion und das atmosphärische Zirkulationssystem der Erde. Dieser Beitrag befasst sich mit diesem Gedanken. Er ist ein weiterer wichtiger Gedanke, den der IPCC und der AR6 ignorieren und als unwichtig für die globale Erwärmung abtun.

Die Betonung, die der IPCC auf die globale durchschnittliche Temperatur legt sowie die Verwendung des Begriffs „globale Erwärmung“ lassen vermuten, dass die atmosphärische und ozeanische Zirkulation von Wärmeenergie bei Diskussionen über den globalen Klimawandel nicht wichtig ist. Theodore Shepherd argumentiert, dass das globale Klima durch die Thermodynamik angetrieben wird und nur das regionale Klima durch Konvektion und atmosphärische Zirkulation [2]. Er räumt auch ein, dass die Klimamodelle in ihren Vorhersagen für den Niederschlag weit weniger konsistent sind als für die Temperatur und dass der Unterschied wahrscheinlich auf die atmosphärische Zirkulation zurückzuführen ist, welche die Niederschlagsmuster stärker beeinflusst als die Temperatur. Schließlich räumt er ein, dass unser Verständnis der atmosphärischen Zirkulation unzureichend ist.

Der IPCC macht viel von der Tatsache Gebrauch, dass die Erde nur durch Strahlung aus dem Weltraum Wärmeenergie gewinnt, die von der Atmosphäre oder der Oberfläche absorbiert wird, und dass sie nur dann Energie verliert, wenn Strahlung in den Weltraum abgegeben wird [3]. Das stimmt, aber die scheinbare Folgerung, dass die Bewegung von Wärmeenergie von einem Ort zum anderen auf der Erdoberfläche keinen Unterschied im Gesamt-Energiegleichgewicht macht, ist nicht wahr. Konvektion und Zirkulation steuern weitgehend die Verweilzeit der Energie im Klimasystem [4]. Ist die durchschnittliche Verweilzeit kurz, kühlt sich die Erde ab, ist sie lang, erwärmt sie sich.

Um dies nachzuweisen, müssen wir sechs kritische Bereiche der Klima- und

Geologieforschung untersuchen. Der erste ist die räumliche Verteilung der ein- und ausgehenden Strahlung auf dem Globus und die Verteilung des Nettostrahlungsflusses (eingehende und ausgehende Strahlung). Als Nächstes untersuchen wir den Energietransport von den Tropen, wo ein Überschuss an Wärmeenergie besteht, zu den Polarregionen, die ein Defizit aufweisen, oder den Nettoverlust von Wärmeenergie an den Weltraum. Dieser thermische Energietransport wird als „meridionaler Energietransport“ bezeichnet. Wenn der meridionale Transport stark ist, kühlt sich die Erde ab, und wenn er schwach ist, erwärmt sie sich. In Abbildung 1 ist die starke meridionale Strömung in orange und die schwache (oder „zonale“) Strömung in rot dargestellt.

Drittens schwanken die tropischen Temperaturen im Laufe der Erdgeschichte nicht sehr stark, da sie über den Ozeanen durch die Verdunstung auf weniger als 30 °C begrenzt werden [5]. Die so genannte „globale Erwärmung“ findet fast ausschließlich in den höheren Breitengraden statt, nicht in den Tropen. Viertens untersuchen wir, wie der Temperaturunterschied zwischen dem Äquator und den Polen einen charakteristischen Temperaturgradienten von Äquator zu Pol bildet. Fünftens ist der Temperaturgradient zwischen Äquator und Pol heute relativ steil, was darauf hindeutet, dass das heutige Klima ungewöhnlich kalt ist. Sechstens: Der Temperaturgradient treibt den meridionalen Transport an, und je steiler er ist, desto kälter ist die Erde, wenn alles andere gleich bleibt.

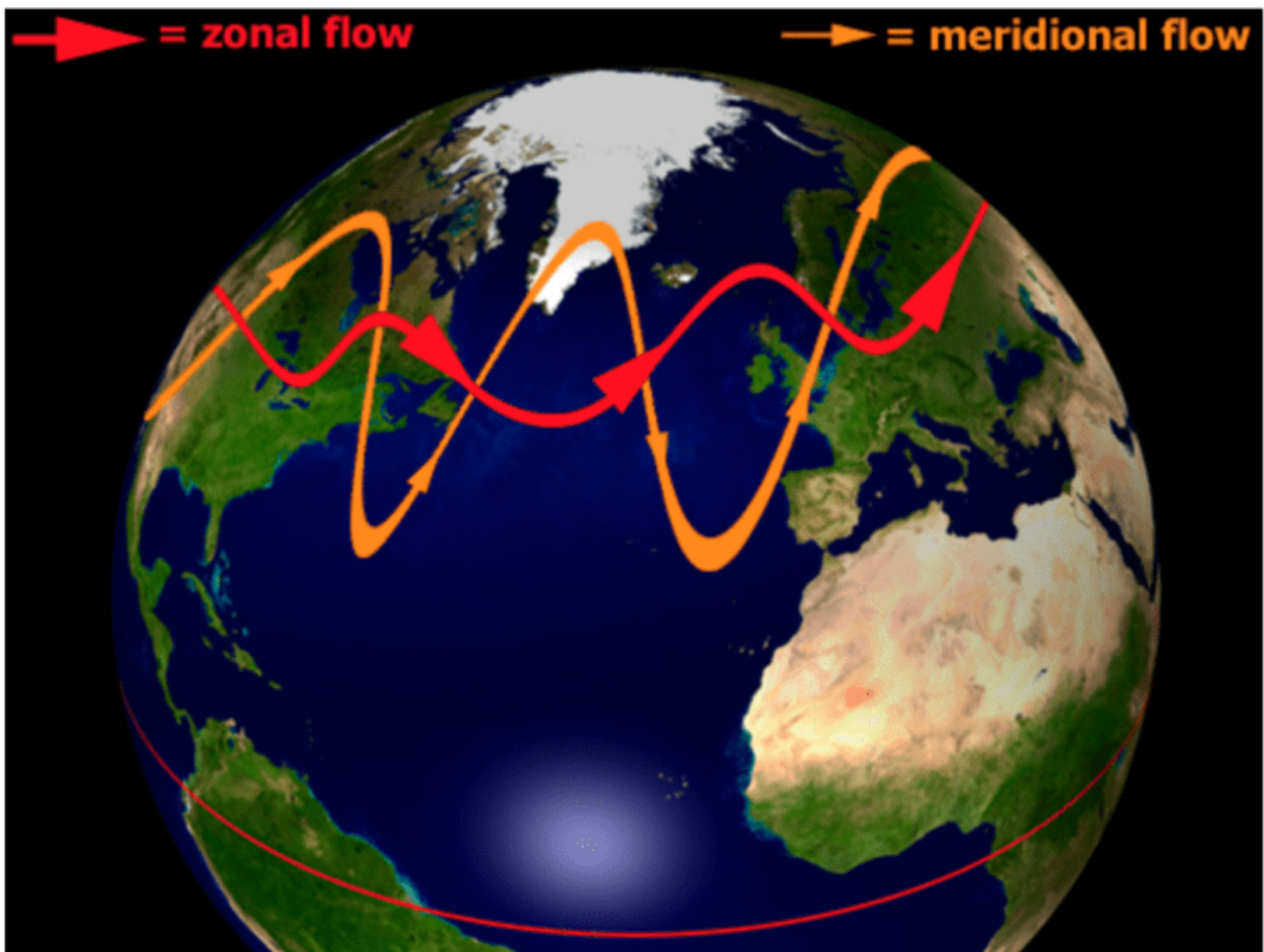


Abbildung 1. Zonale Strömung der Nordhemisphäre (Erwärmung) in rot und meridionale Strömung (Abkühlung) in orange. Quelle: (Keel, 2018).

Während der Temperaturgradient den meridionalen Transport antreibt, hat der meridionale Transport viele Modulatoren, und der Gradient ist nur einer von ihnen. Es ist unklar, wie der Temperaturgradient und der meridionale Transport genau zusammenwirken, aber es ist klar, dass sie die Haupttreiber des globalen Klimawandels auf allen Zeitskalen sind [6].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es sehr irreführend ist, über die jährliche oder monatliche globale durchschnittliche Temperatur zu sprechen, als ob sie den globalen Klimawandel darstellen würde. Das Klima der Erde verhält sich nicht auf diese Weise. Es zirkuliert überschüssige Energie aus wärmeren Gebieten mit starkem Treibhauseffekt in kältere Gebiete mit schwachem Treibhauseffekt. Wüsten und die Polarregionen haben aufgrund ihrer geringeren Luftfeuchtigkeit (Wasserdampf ist das stärkste Treibhausgas [7]) einen schwächeren Treibhauseffekt und können daher leichter Energie in den Weltraum schicken. Die Geschwindigkeit des Energietransports bestimmt, ob sich die Welt erwärmt oder abkühlt. Die Welt ist kein statisches, gleichförmiges Objekt, das einfach nur Energie von der Sonne aufnimmt und sie gleichmäßig in den Weltraum abgibt, mit einer kleinen

Verzögerung, die durch die Treibhausgasemissionen verursacht wird, wie das IPCC das Klima unseres Planeten zu sehen und zu modellieren scheint.

Räumliche Verteilung der Energie

Die Tropen (etwa 30°N bis 30°S) bedecken die Hälfte der Erdoberfläche. Dies ist die Region, in der die Sonne mittags senkrecht über der Erde steht. Die Hälfte der Tropen, d. h. 25 % der Erdoberfläche, ist zu jeder Zeit taghell, und diese 25 % der Oberfläche erhalten 62 % der Sonnenenergie, die auf die Erde trifft. In Verbindung mit einem sehr starken tropischen Treibhauseffekt und einer geringen Albedo [8] führt dies zu einem enormen Energieüberschuss in den Tropen.

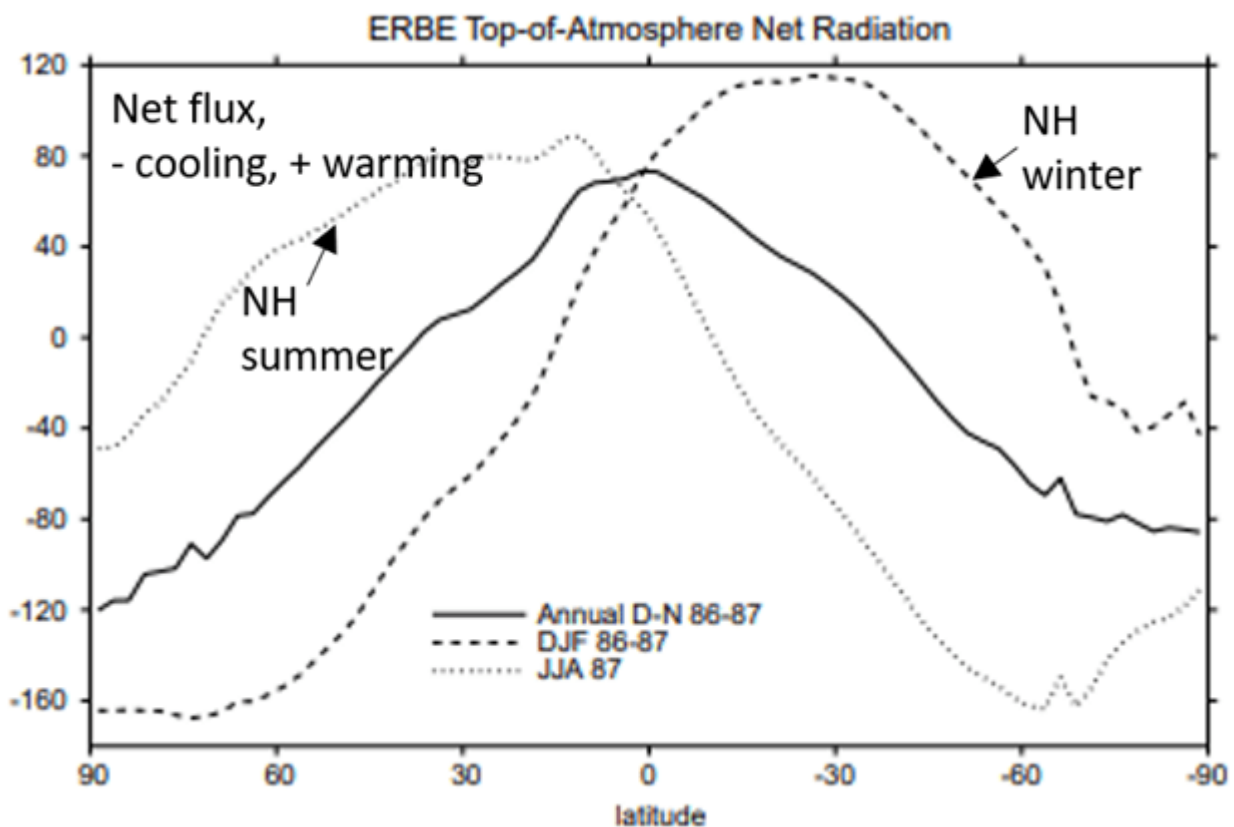


Abbildung 2. Netto-Wärmeenergiefluss an der Obergrenze der Atmosphäre nach Breitengraden. Die vertikale Achse ist in W/m^2 angegeben, positive Zahlen bedeuten mehr eingehende als ausgehende Energie, und negative Werte bedeuten einen Nettoverlust von Energie an den Weltraum. Nach: (Randall, 2015, S. 13)

Da in den Tropen mehr Energie empfangen als in den Weltraum abgestrahlt wird, muss die überschüssige Energie anderswo hin transportiert werden. Um die Situation noch komplizierter zu machen, hat die Erde eine axiale Neigung relativ zur Ebene ihrer Umlaufbahn um die Sonne. Die Auswirkungen dieser Neigung werden in Abbildung 2 veranschaulicht, in der das Profil des Nettoenergieflusses [9] der nördlichen Hemisphäre im Winter als dicke gestrichelte Linie und das Profil der nördlichen

Hemisphäre im Sommer als helle gepunktete Linie dargestellt ist. Der Jahresdurchschnitt ist als durchgezogene Linie dargestellt. Die X-Achse ist der Breitengrad, wobei positive Breitengrade nördlich des Äquators und negative südlich davon liegen.

Da die Erde am 4. Januar der Sonne am nächsten ist (Perihel), wird im Winter auf der Nordhalbkugel mehr Energie geliefert. Abbildung 2 veranschaulicht, wie kompliziert die Aufgabe der Regulierung der Temperatur der Erde ist. Der Punkt, der die größte Energiezufuhr von der Sonne erhält, bewegt sich ständig. Neben diesem Problem haben die Tropen, wie bereits erwähnt, den stärksten Treibhauseffekt in der unteren Troposphäre.

Meridionaler Transport

Im Gegensatz zu den Tropen haben die Polarregionen den geringsten Treibhauseffekt in der Troposphäre. Dies gilt vor allem im polaren Winter, wenn die relative Luftfeuchtigkeit aufgrund des fehlenden Sonnenlichts und der niedrigen Lufttemperatur nahezu Null ist. Dies führt dazu, dass die Luft, die in die Polarregion strömt, wärmer ist als an der Oberfläche. Das Wasser unter dem Polareis ist relativ warm (etwa $-1,8\text{ °C}$), wird aber durch das Eis von der kälteren Oberfläche isoliert. Daher kühlt die polare Luft durch die Strahlung stärker ab als die Oberfläche, da wärmere Körper mehr Strahlung aussenden. In den trockenen Polarregionen stammt die meiste Strahlung im Winter von CO_2 , und wenn man dort mehr CO_2 hinzufügt, bedeutet das mehr Strahlung in den Weltraum, was die Abkühlungsrate erhöht, so dass wir in polaren Wintern einen umgekehrten CO_2 -verstärkten Treibhauseffekt beobachten.

Der Energietransport von den Tropen zu den Polen (auch meridionaler Transport genannt) ist sehr groß und übersteigt fünf Petawatt [10] wie in Abbildung 3 dargestellt. In Abbildung 3 ist der nordwärts gerichtete Energiefluss positiv und der südwärts gerichtete Energiefluss negativ.

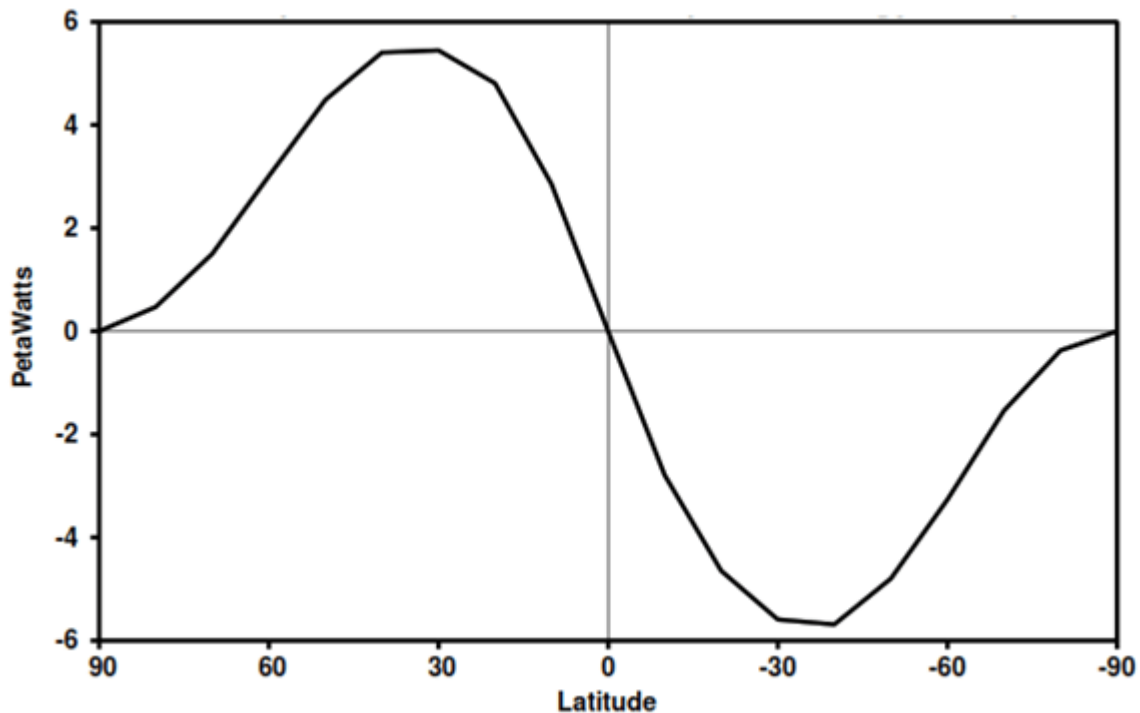


Abbildung 3. Der polwärts gerichtete Transport von Energie durch die Ozeane und die Atmosphäre. Positive Werte sind nordwärts und negative Werte südwärts gerichtet. Aus (Randall, 2015, S. 15).

Abbildung 3 ist ein Jahresdurchschnitt, der sehr große Unterschiede im Jahresverlauf aufgrund von Stürmen, der axialen Neigung der Erde und Änderungen des meridionalen Transports verbirgt [11].

Tropische Temperatur variiert kaum

In Bezug auf die Temperatur und die einfallende Sonnenstrahlung ist noch ein weiterer wichtiger Punkt zu beachten. Die tropische Temperatur ist auf etwa 30 °C begrenzt [12]. Wenn sich die Meeresoberfläche 30 °C nähert, kommt es zu einer sehr schnellen Verdunstung und hoch reichender Konvektion, die feuchte Luft mit geringerer Dichte [13] sehr hoch (bis zu einem Luftdruck von etwa 200 hPa, d. h. etwa 12 km) in die Troposphäre treibt, wo sie sich abkühlt und Wolken bildet, welche die Oberfläche von der Sonne abschirmen [14]. Diese Konvektion verursacht auch Abwinde kühler, trockener Luft, die zur Abkühlung der Meeresoberfläche beitragen [15].

Der Temperaturgradient vom Äquator zu den Polen

Da die tropischen Temperaturen über den Ozeanen begrenzt sind und 30 °C nicht überschreiten können, zwingt die globale Energiebilanz die globale Erwärmung in höhere Breitengrade [16]. So entsteht ein Temperaturgradient von den Tropen zu den Polen, der den meridionalen Transport antreibt. Da sich die tropischen Temperaturen kaum ändern [17], nimmt der Temperaturgradient mit sinkender globaler

Durchschnittstemperatur zu und mit steigender Durchschnittstemperatur ab. Dies ist in Abbildung 4 von Chris Scotese und Kollegen dargestellt [18]–

Abbildung 4 basiert auf einem Modell, das durch die Erstellung von 100 Karten alter Köppen-Klimagürtel [19] auf der ganzen Welt erstellt wurde, wobei jede Karte das geschätzte Paläoklima eines Zeitraums von fünf Millionen Jahren darstellt, so dass die Karten die letzten 500 Millionen Jahre abdecken. Die Studien von Scotese sind aus zwei Gründen von Bedeutung. Erstens sind die Temperaturbereiche über den Ozeanen und allen bedeutenden Wasserkörpern begrenzt, und da der größte Teil der Erdoberfläche aus Wasser besteht, begrenzt dies die globale Durchschnittstemperatur, unabhängig von der Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre. Zweitens zeigt seine Arbeit, dass die globale Durchschnittstemperatur heute ungewöhnlich niedrig ist.

Heute ist es ungewöhnlich kühl

Die Arbeit von Scotese deutet darauf hin, dass die „normale“ Temperatur der Erde in den letzten 500 Millionen Jahren bei etwa 19-20 Grad liegt, so dass unsere heutige Temperatur weit unter diesem Normalwert der Erde liegt. Die heutigen Durchschnittstemperaturen nach Breitengraden sind in Abbildung 4 mit kleinen Pluszeichen markiert. Sie liegen in der Regel zwischen 14 und 15 Grad globaler Durchschnittstemperatur.

Die letzte Spalte in Abbildung 4 zeigt den prozentualen Anteil der Zeit, in der jeder Gradient in den jeweiligen Karten vorhanden ist. Über die Hälfte der Zeit (59 %) in der jüngeren Erdgeschichte lag die globale Durchschnittstemperatur zwischen 19 und 20 °C.

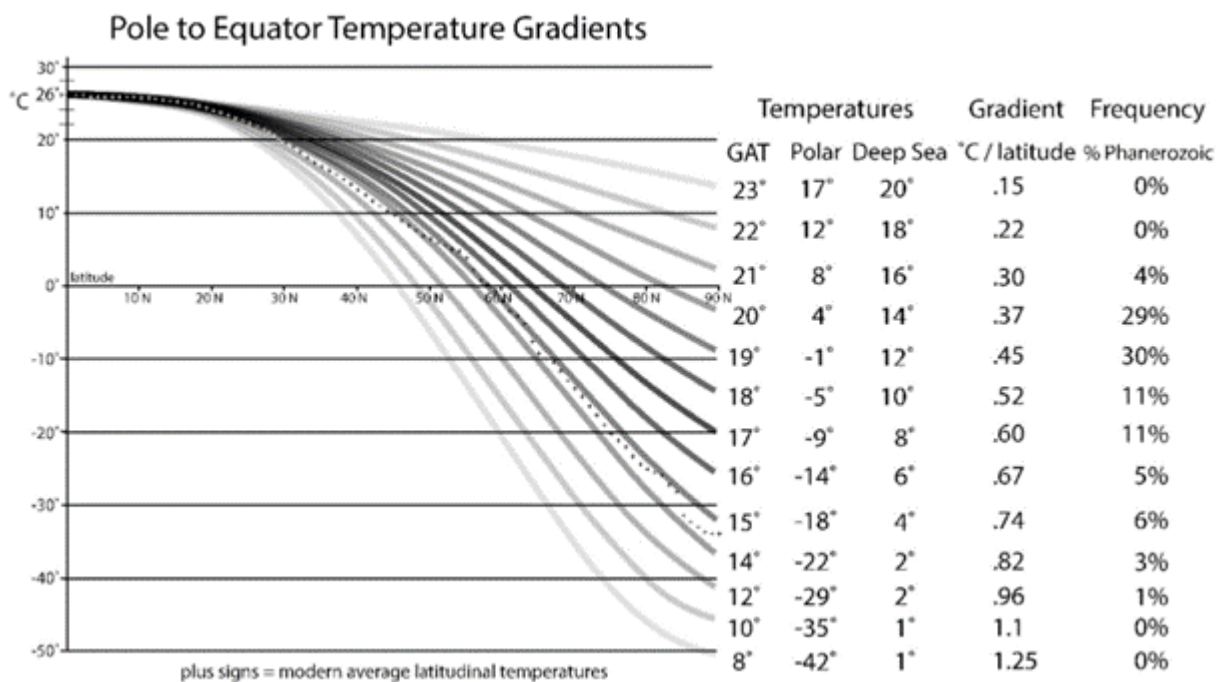


Abbildung 4. Die Temperaturgradienten zwischen Äquator und Pol für

verschiedene globale Durchschnittstemperaturen (GAT). Die durchschnittliche Äquatortemperatur beträgt 26°C, und die Poltemperaturen schwanken zwischen 8° und 23°. Die heutigen Temperaturen sind mit kleinen Pluszeichen dargestellt. Der prozentuale Anteil der letzten 540 Millionen Jahre mit jedem Gradienten steht in der letzten Spalte. Die häufigste globale Durchschnittstemperatur liegt bei etwa 19-20 °C, etwa 4-5 °C höher als heute.

Das gegenwärtige Klima ist in der Erdgeschichte ungewöhnlich, aber es ist ungewöhnlich kalt, nicht ungewöhnlich heiß. Scotese's Arbeit ist in der geologischen Fachwelt sehr anerkannt, wird aber vom IPCC ignoriert, der lieber behauptet, die derzeitige Erwärmung sei noch nie dagewesen. Obwohl Chris Scotese in der geologischen Fachwelt für seine Arbeiten zum Paläoklima bekannt ist, führt eine Suche nach seinem Namen im AR6 WGI zu keinem Ergebnis. Tatsächlich wird sein Name in keinem der AR6-Bände erwähnt, obwohl seine Erkenntnisse für alle drei relevant sind.

Zusammenfassung

Atmosphärische Zirkulation und Konvektion spielen beim globalen Klimawandel eine Rolle, da sie die Geschwindigkeit und Effizienz des meridionalen Wärmetransports beeinflussen, der den Temperaturgradienten zwischen Äquator und Pol und die Verweilzeit der Wärmeenergie im Klimasystem mitbestimmt. Manche möchten uns glauben machen, dass die globale Durchschnittstemperatur nur eine Funktion der Thermodynamik ist und das globale Klima durch diese Größe charakterisiert werden kann. Die Zirkulationsmuster sind jedoch sehr wichtig für die regionalen Niederschlagsmuster, die sehr schlecht verstanden und in den Klimamodellen nur unzureichend dargestellt sind.

Die Charakterisierung des globalen Klimas anhand der besten modellierten Größe (globale Durchschnittstemperatur) ist nicht sehr wissenschaftlich. Der Schwerpunkt unserer Arbeit sollte auf dem liegen, was wir nicht verstehen. Shepherd erklärt:

„Jeder Aspekt des Klimawandels, zu dem ein starkes Vertrauen besteht, ... basiert auf der Thermodynamik. Die Zirkulation hingegen wird ... von der Dynamik bestimmt. Daher kann die frühere Zweiteilung dahingehend umformuliert werden, dass es ein relativ hohes Vertrauen in die thermodynamischen Aspekte des Klimawandels und ein relativ geringes Vertrauen in die dynamischen Aspekte gibt.“ [20] – Shepherd, 2014

Mit anderen Worten: Wenn wir die Erde als einen statischen und gleichförmigen thermodynamischen Körper betrachten, verstehen wir sie. Wenn wir sie als einen echten, dynamischen Planeten mit einer zirkulierenden Atmosphäre und einem Ozean betrachten, verstehen wir das nicht. Ein ziemlich offensichtlicher Punkt, und ein Teil des Klimasystems, den die CMIP-Modelle nicht gut modellieren. Dies wird in Bezug auf regionale Niederschläge im AR6 eingeräumt [21].

Im nächsten Beitrag werden wir den sechsten Punkt der obigen Liste behandeln, nämlich dass der Temperaturgradient den meridionalen Transport antreibt. Wir werden auch das Thema der Stürme behandeln, d. h. der extremen Wetterereignisse: Nehmen sie in einer sich erwärmenden Welt zu?

Download the bibliography [here](#).

Es folgt die lange Auflistung der hier verlinkten Fußnoten.

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2024/03/06/climate-model-bias-4-convective-and-atmospheric-circulation/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE