

Der Sonne-Klima-Effekt: Die Winterpförtner-Hypothese VI

geschrieben von Chris Frey | 9. September 2022

Meridionaler Transport ist der Haupt-Klimatreiber

Javier Vinós & [Andy May](#)

„Keinem Philosophen ist es aus eigener Kraft gelungen, diesen Schleier zu lüften, den die Natur über alle ersten Prinzipien der Dinge gespannt hat. Der Mensch argumentiert, die Natur handelt.“ – Voltaire (1764)

6.1 Einführung

Das Klima ist ein thermodynamischer Prozess, der durch den Energiefluss von seinem Eintrittspunkt, meist am oberen Ende der Atmosphäre (TOA) in den Tropen auf der Tagseite des Planeten, bis zu seinem Austrittspunkt, der über den TOA des gesamten Planeten verteilt ist, bestimmt wird. Die Infrarotstrahlung der Erde hängt von der absoluten Temperaturskala ab, und auf dieser Skala bewegen sich die Oberflächentemperaturen des Planeten in einem engen Bereich. Die durchschnittliche ausgehende langwellige Strahlung (OLR) des Planeten liegt bei ca. 240 W/m^2 , und der Gesamtdurchschnitt für den Großteil der Oberfläche liegt in einem relativ engen Bereich von $200\text{-}280 \text{ W/m}^2$ (Dewitte & Clerbaux 2018). Die OLR wird eher durch die unregelmäßige Verteilung des atmosphärischen Wassers (Wolken und Feuchtigkeit) als durch die Oberflächentemperatur bestimmt. Der Wolkeneffekt auf die OLR kann in einigen äquatorialen Gebieten -80 W/m^2 erreichen (negative Werte bedeuten Abkühlung). Während also 62 % der Energie über 25 % der TOA-Fläche der Erde (die 30°N-S-Tagesseite) in das Klimasystem eintritt, ist ihr Austritt viel gleichmäßiger über die gesamte TOA-Fläche verteilt.

Aus thermodynamischer Sicht ist das Hauptmerkmal des Erdklimas der Transport von Energie. Der Energietransport ist die Ursache für jedes Wetter. Der größte Teil der Sonnenenergie, die nicht reflektiert wird, wird in den Ozeanen gespeichert, in denen der größte Teil der Energie des Klimasystems gespeichert ist. Aber die Ozeane sind nicht gut darin, Energie zu transportieren (siehe [Abb. 3.4](#)). Unterschiede in der Wassertemperatur führen eher zu vertikalen Bewegungen durch veränderten Auftrieb als zu lateralen Bewegungen, und die Ozeane sind temperaturgeschichtet, was den vertikalen Energietransport stark einschränkt. Der größte Teil der Energie im Klimasystem wird von der Atmosphäre transportiert, und sogar ein großer Teil der von den Meeresströmungen an der Oberfläche transportierten Energie ist windgetrieben, da die Ozeanzirkulation nicht thermisch, sondern

mechanisch angetrieben wird (Huang 2004). Der Fluss der nicht-solaren Energie an der Grenze zwischen Atmosphäre und Ozean (einschließlich über Meereis) erfolgt fast immer und überall vom Ozean in die Atmosphäre (Yu & Weller 2007; Schmitt 2018).

Vereinfacht kann das Klima so verstanden werden, dass der Ozean Sonnenenergie aufnimmt und speichert, die dann zum Transport in die Atmosphäre übertragen und schließlich in den Weltraum abgegeben wird. Diese Energieübertragung treibt den Wasserkreislauf an, der Wolken, Regen, Schnee, Stürme und Allwetterphänomene hervorbringt. Das System ist nie im Gleichgewicht, und das ist auch nicht zu erwarten. Im Laufe eines Jahres erwärmt sich die Erdoberfläche um ca. 3,8 °C und kühlt um ca. 3,8 °C ab (siehe [Abb. 3.1](#)), wobei die Schwankungen von Jahr zu Jahr etwa 0,1-0,2 °C betragen. Die Erde erwärmt oder kühlt sich ständig auf allen Zeitskalen.

Thermodynamisch gesehen beinhaltet der Klimawandel Veränderungen im Energiegewinn, Energieverlust oder beides. Eine rasche Änderung der Energieverteilung innerhalb des Klimasystems kann ebenfalls eine Ursache für Klimawandel sein, und es ist bekannt, dass dies in der Vergangenheit unter besonderen Umständen geschehen ist, wie die abrupte Freisetzung von Schmelzwasser aus dem Ausbruch des Agassiz-Sees vor 8.200 Jahren (Lewis et al. 2012) oder die [Dansgaard-Oeschger-Ereignisse](#), als im Nordseebecken während der letzten Eiszeit gespeicherte Energie abrupt an die Atmosphäre abgegeben wurde (Dokken et al. 2013). Diese Veränderungen waren vorübergehend, da sich das Klima nur durch eine Änderung des Energiehaushalts des Systems langfristig verändern kann.

Die moderne Theorie des Klimawandels versteht die Thermodynamik des Klimas, verkennt aber die Rolle der Energieumverteilung. Bei der Untersuchung von Klimavariablen arbeiten Wissenschaftler normalerweise mit so genannten „Anomalien“; sie sind das Ergebnis der Subtraktion der „Klimatologie“ oder der durchschnittlichen Veränderungen der untersuchten Variablen über 24-Stunden-Tage und Jahreszeiten. Diese Sichtweise vergrößert kleine zwischenjährliche Schwankungen, verbirgt aber die viel größeren saisonalen Veränderungen. Das Ergebnis ist, dass wichtige saisonale Veränderungen in der atmosphärischen und ozeanischen Energieumverteilung in der Regel ignoriert werden. Der Fehler wird noch dadurch verstärkt, dass der Netto-Energietransport innerhalb des Klimasystems, wenn er für den gesamten Planeten integriert wird, gleich Null ist (Energie, die an einem Ort verloren geht, wird an einem anderen gewonnen). Die Umverteilung von Energie durch Transportprozesse spielt für die meisten Wissenschaftler im Hinblick auf die Veränderung des globalen Klimas keine Rolle. Für sie ist der TOA über dem dunklen Pol im Winter nicht anders als der tropische TOA bei Tageslicht, außer in der absoluten Größe des jährlich gemittelten Energiefusses. Diese verengte Sichtweise behindert das richtige Verständnis des Klimawandels.

Veränderungen der atmosphärischen Treibhausgase (THG) verändern die TOA-Energieflüsse und sind eine Ursache des Klimawandels. Konzeptionell wird

davon ausgegangen, dass der Klimawandel entweder auf eine externe Ursache (Forcing) oder auf interne Variabilität zurückzuführen ist. Abb. 6.1 zeigt eine schematische Darstellung des Klimasystems mit vielen wichtigen Subsystemen und Prozessen. Alles, was nicht vom Klimasystem der Erde beeinflusst wird, gilt als extern, wobei diese Unterscheidung nicht absolut ist. So werden beispielsweise Vulkane oft als außerhalb des Klimasystems liegend betrachtet, obwohl bekannt ist, dass ihre Häufigkeit auf Veränderungen des Meeresspiegels und die Entladung des Eisschildes während der Deglaziale reagiert (Huybers & Langmuir 2009). Antriebe verursachen Klimaveränderungen, und Rückkopplungen können dazu führen, dass die Amplitude der Veränderungen zunimmt oder abnimmt. Wenn die Rückkopplung den Antriebseffekt verstärkt, ist sie positiv, wenn sie die Klimaänderung dämpft, ist sie negativ. Es wird verwirrend, weil ein und derselbe Faktor sowohl eine Rückkopplung sein kann, wenn er auf natürliche Weise als Reaktion auf den Klimawandel entsteht, als auch gleichzeitig ein Antrieb, wenn er vom Menschen verursacht wird. Bei mehreren Treibhausgasen ist das der Fall.

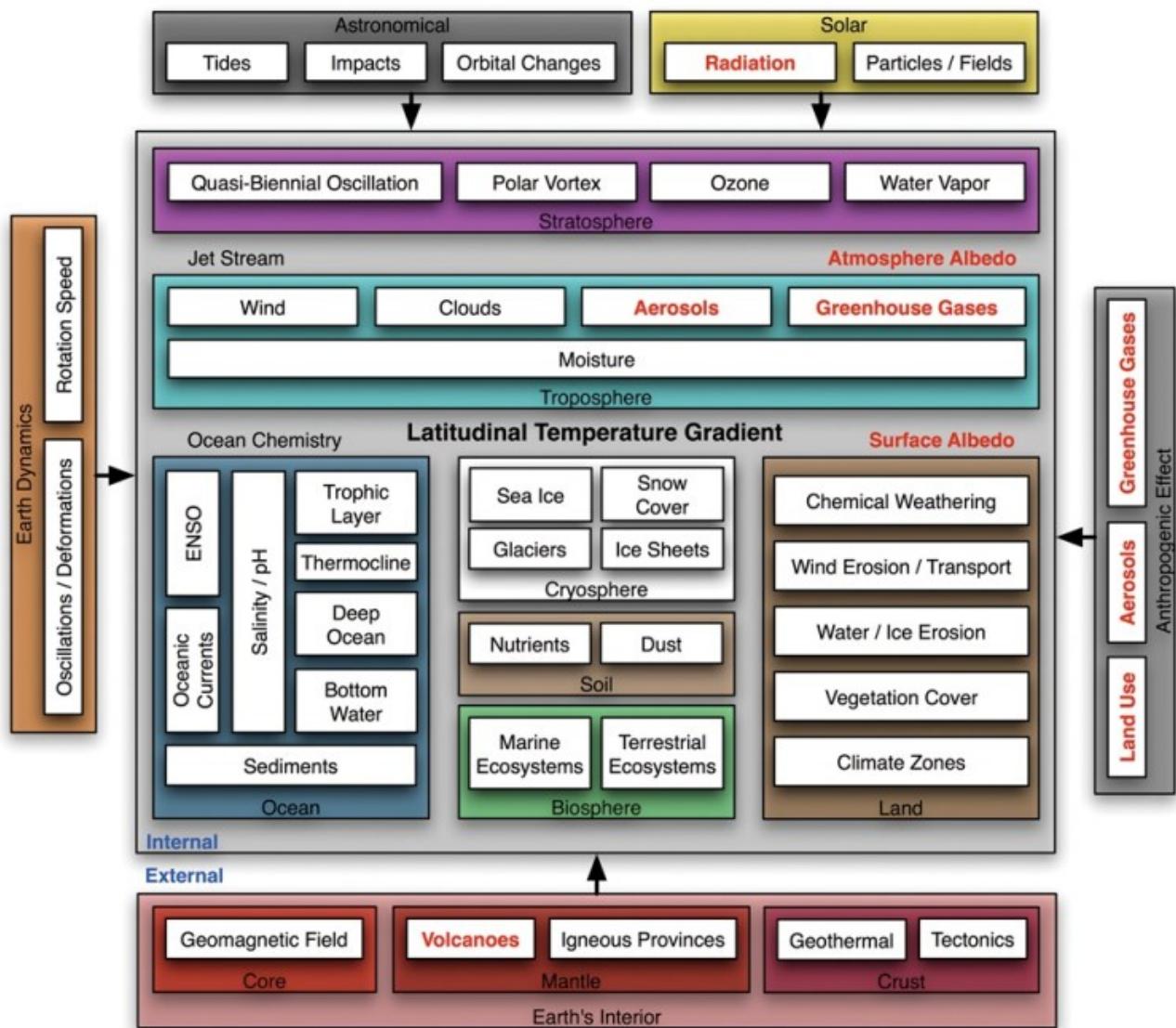


Abb. 6.1. Vereinfachte schematische Darstellung des Klimasystems der

Erde. Die verschiedenen Teilsysteme sind mit unterschiedlichen Hintergrundfarben dargestellt. Klimaphänomene und Prozesse, die das Klima beeinflussen, sind in weißen Kästen dargestellt. Die Teilsysteme und Phänomene innerhalb des zentralen perlfarbenen Kastens werden im Allgemeinen als internes Klimasystem betrachtet.

In Abbildung 6.1 wird alles, was sich außerhalb des perlfarbenen Kästchens „Intern“ befindet, normalerweise nicht vom Klima beeinflusst (mit einigen Ausnahmen) und gilt als extern. Einige wichtige Eigenschaften oder Phänomene an der Schnittstelle zwischen Teilsystemen sind in den äußeren Kästchen untergebracht. Der latitudinale (Äquator-zu-Pol) Temperaturgradient ist eine zentrale Eigenschaft des Klimasystems, der sich kontinuierlich ändert und den thermischen Zustand des Planeten definiert (Scotese 2016). Zur Vereinfachung wurden Linien, die zusammengehörige Kästen verbinden, weggelassen. Die fettgedruckten Namen in Rot sind Variablen, die das Strahlungsbudget beeinflussen und laut IPCC fast ausschließlich für die moderne globale Erwärmung verantwortlich sind. Die Abbildung stammt aus Vinós 2022.

Das wichtigste Treibhausgas ist aufgrund seiner Häufigkeit der Wasserdampf. Im Gegensatz zu CO₂ oder Methan ist Wasserdampf ein kondensierendes Treibhausgas und wird nicht gut vermischt. Wasserdampf ist sehr ungleichmäßig über den Planeten verteilt, und seine Verteilung ändert sich mit der Zeit. Die geringste Wasserdampfkonzentration ist in den Polarregionen im Winter zu verzeichnen. Die Strahlungseigenschaften der verschiedenen Regionen des Planeten können nicht gleich sein, wenn ihr Treibhausgasgehalt unterschiedlich ist. Daraus folgt, dass der Transport von Energie aus einer Region mit höherem THG-Gehalt in eine Region mit niedrigerem THG-Gehalt die Effizienz der ausgehenden Strahlung erhöht, und daher müssen Änderungen des Transports das globale Energieflussbudget am TOA verändern und infolgedessen einen Klimawandel verursachen. Diese Ursache wird derzeit nicht in Betracht gezogen. Es gibt Hinweise darauf, dass sie die Hauptursache für den Klimawandel auf allen Zeitskalen von Jahrzehnten bis zu Millionen von Jahren ist. Die planetarische Thermodynamik erfordert, dass der Energietransport hauptsächlich von der Äquatorialregion in Richtung der beiden Pole und der Meridiane erfolgt, weshalb der Fluss als meridionaler Transport (MT) bezeichnet wird.

6.2 Meridionaler Transport ist geographisch bedingt und gradientengetrieben

Die Energie, die die Atmosphäre aus den Ozeanen gewinnt, liegt hauptsächlich in Form von latenter Wärme vor. Die langwellige Strahlungsübertragung ist etwa halb so groß, und der fühlbare Wärmefluss ist um eine Größenordnung geringer (Schmitt 2018). Der atmosphärische Transport dieser Energie wird durch das Vorhandensein von Kontinenten und Gebirgsketten durch Niederschlag und die Verringerung der Windgeschwindigkeit stark vermindert. Infolgedessen findet der MT

hauptsächlich über den Ozeanbecken statt und ist daher geografisch bedingt. Dies hat enorme Auswirkungen auf das Wetter, das Klima und den Klimawandel.

Im physikalischen Universum neigen Prozesse dazu, spontan entlang von Gradienten zu verlaufen, sei es ein Massen- oder Energiegefälle oder eine andere Ausprägung davon, wie Schwerkraft, Druck oder Temperatur. Der Gradient, der MT antreibt, ist der latitudinale Temperaturgradient (LTG), ist die Hauptursache. Der LTG ist ein Produkt des Breitengradienten der Sonneneinstrahlung LIG (*Latitudinal Insolation Gradient*), die ungleiche Verteilung der einfallenden Sonnenstrahlung nach Breitengrad, moduliert durch die Wirkung geografischer und klimatischer Faktoren. Das LIG ist zum Südpol hin steiler (siehe [Abb. 3.3b](#)), trotz eines jährlich symmetrischen LIG in Bezug auf den Äquator. Aufgrund der einzigartigen geografischen und klimatischen Bedingungen in der Antarktis und der großen Fläche, die von den Ozeanen der südlichen Hemisphäre bedeckt wird, ist die südliche LTG steiler als die nördliche. Cionco et al. (2020a; 2020b) erörtern vernachlässigte Veränderungen des LIG in verschiedenen Breitengraden während des Holozäns sowie hochfrequente Schwankungen des LIG aufgrund des 18,63-jährigen Mondknotenzyklus, die wahrscheinlich das Klima beeinflussen.

Milankovićs Vorschlag aus dem Jahr 1920, dass das Klima der Erde durch Orbitalveränderungen beeinflusst wird, beruht auf Unterschieden in der Energiemenge, die der Planet empfängt (Exzentrizität), aber vor allem auf Unterschieden in der Breiten- und Jahreszeitenverteilung der Energie (Schiefe und Präzession). Diese Veränderungen in der Energieverteilung verändern die LIG, was wiederum die LTG verändert, was wiederum den MT der Energie verändert. Es ist seit langem umstritten, wie sich das Schiefstandssignal, das die Interglaziale durchläuft (Huybers & Wunsch 2005), auf die Tropen auswirkt (Rossignol-Strick 1985; Liu et al. 2015), wo die durch den Schiefstand bedingten Energieänderungen sehr gering sind. Die Antwort scheint darin zu liegen, dass durch die Schiefe verursachte Veränderungen im LIG (Bosmans et al. 2015) MT beeinflussen.

Das Sommer-LIG wird durch Änderungen der axialen Neigung der Erde beeinflusst, die durch den 41-Kyr-Schiefstand-Zyklus und den 18,6-Jahres-Mondzyklus verursacht werden. Das Winter-LIG variiert mit der Höhe der Sonneneinstrahlung, die auf niedrige Breitengrade fällt, da die Sonneneinstrahlung in hohen Breitengraden, in der Nähe des Winterpols, minimal ist (Davis & Brewer 2011). Die Änderungen der Sonneneinstrahlung in den niedrigen Breiten sind auf die Erddrehung (21-kyr-Präzessionszyklus), die Entfernung zur Sonne (95- und 125-kyr-Exzentrizitätszyklen) und auf Änderungen der Sonnenaktivität (11-jährige und längere Sonnenzyklen) zurückzuführen. Davis und Brewer (2011) haben gezeigt, dass das LTG sehr empfindlich auf Veränderungen des LIG reagiert. Es ist unbekannt, warum diese Überempfindlichkeit besteht. Die Autoren erörtern den Vorschlag von Kleidon und Lorenz (2005), dass sich der MT so anpasst, dass sie ein Maximum an Entropie erzeugt (Abb. 6.2).

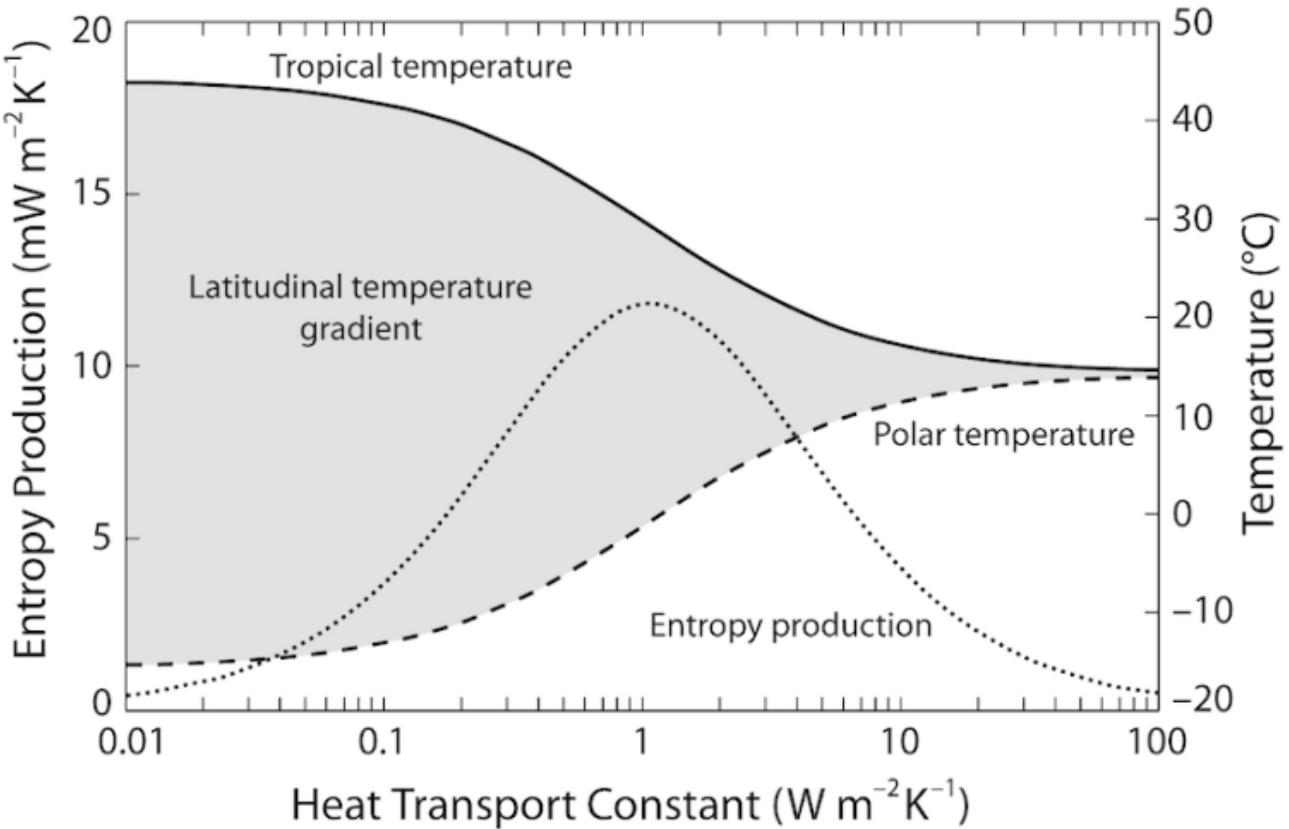


Abb. 6.2. Die These, dass sich der meridionale Transport so einstellt, dass ein Maximum an Entropie entsteht. Der latitudinale Temperaturgradient, der sich aus der Differenz zwischen tropischen (durchgezogene Linie) und polaren (gestrichelte Linie) Temperaturen ergibt, wird durch die graue Fläche dargestellt. Die Entropieproduktion (gestrichelte Linie) ist minimal, wenn kein Energietransport stattfindet (linke Seite der Abszisse), oder wenn der Transport so effizient ist, dass es keinen Temperaturunterschied gibt (rechte Seite der Abszisse), und maximal an einem Punkt dazwischen. Nach Kleidon und Lorenz (2005).

Kleidon und Lorenz (2005) behaupten, dass die Abhängigkeit des MT von der maximalen Entropieproduktion durch Simulationen mit allgemeinen Zirkulationsmodellen bestätigt worden sei. Das ist offensichtlich falsch, denn Computermodelle sind nur ein wissenschaftlicher Beweis für menschliche Programmierfähigkeiten. Dass sich der MT automatisch an die maximale Entropieproduktion anpasst, erfordert eine sehr große Anzahl von Freiheitsgraden (mögliche Ergebnisse), und wie in [Teil V](#) (Abschnitt 5.2) dargelegt, wird der MT durch mehrere Faktoren moduliert, die in Computermodellen nicht gut dargestellt werden, wodurch sich die Freiheitsgrade verringern. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Anpassung des LTG an das LIG zum Teil durch Entropie gesteuert wird, aber die Winter-Gatekeeper-Hypothese (WGK-h; siehe Teil V) erklärt, wie das LIG das LTG durch direkte Einwirkung auf MT beeinflussen kann. Es ist wichtig zu bedenken, dass, wenn das LTG den MT verändern kann, auch das Gegenteil passieren muss, so dass die Kausalität der Veränderungen schwer zu bestimmen sein könnte.

Die WGK-h liefert eine Erklärung für die Überempfindlichkeit des LTG gegenüber Veränderungen des LIG aufgrund von Veränderungen der Sonnenaktivität, nicht aber aufgrund anderer Ursachen wie Mond- oder Orbitalveränderungen. Angesichts der Tatsache, dass der LIG auf den 18-Jahres-Zyklus des Mondes und den 11-Jahres-Zyklus der Sonne reagiert (Davis & Brewer 2011), ist es interessant zu sehen, dass die multidekadische Oszillation der Stadiumwelle im MT in dem Rhythmus pulsieren könnte, der durch die Interferenz zwischen dem 9-Jahres-Halbzyklus des Mondes und dem 11-Jahres-Zyklus der Sonne gekennzeichnet ist (Vinós 2022; siehe Abb. 4.8f). Wenn dies tatsächlich der Fall ist, stellen die aus dieser Interferenz resultierenden Veränderungen des LIG einen Mechanismus dar, durch den die Periode und die Stärke der Stadiumwelle bestimmt werden, d. h., die Veränderungen des LIG führen zu Veränderungen in MT, die letztlich die Stadiumwelle formen.

Während der LIG die Verteilung des Energieinputs in das Klimasystem an der TOA bestimmt, werden 29 % dieser Energie durch die Albedo der Atmosphäre und der Oberfläche in den Weltraum zurückgeführt. Die reflektierte Sonnenenergie ist in den Monaten Januar bis März aufgrund der SH-Wolkenalbedo am höchsten, während die OLR in den Monaten Juni bis August aufgrund der höheren Emission im NH-Sommer am höchsten ist (Abb. 6.3). Das Ergebnis dieser Unterschiede ist, dass der Planet während des borealen Winters kälter ist, wenn er der Sonne am nächsten ist und 6,9 % mehr Energie empfängt (siehe Abschnitt 3.1 und Abb. 3.1).

Es gibt sehr große Unterschiede zwischen den Hemisphären in Bezug auf Klimaenergie und Transport. Wie Abbildung 6.3a zeigt, folgt die OLR außerhalb der Tropen im Wesentlichen der Temperatur. Innerhalb der Tropen zeigen OLR und Temperatur eine umgekehrte Korrelation, da eine höhere Temperatur zu einer stärkeren Bewölkung und weniger Emissionen führt. Nach der modernen Theorie des Klimawandels führt die Zunahme der Treibhausgase dazu, dass die gleiche IR-Emission in den Weltraum aus einer höheren, kälteren Höhe erfolgt, was eine Erwärmung der Oberfläche erfordert, um das Energiegleichgewicht aufrechtzuerhalten. Die Erde muss die gleiche Energie ausstrahlen, die sie empfängt, nicht mehr, es sei denn, sie kühlst sich ab. Nach diesem Modell sollte sich die interannuale OLR vom TOA aus nicht ändern, es sei denn, es gibt eine Änderung der einfallenden Sonnenenergie oder der Albedo.

Die Albedo ist sehr konstant, seit wir sie mit ausreichender Genauigkeit messen können, mit einer zwischenjährlichen Variabilität von 0,2 W/m² (0,2 %; Stephens et al. 2015), und die Sonnenenergie, die als Solarkonstante bezeichnet wird, schwankt nur um 0,1 % (Lean 2017). Dennoch sind die zwischenjährlichen OLR-Änderungen zehnmal höher als die Änderungen des THG-Strahlungsantriebs. Schlimmer noch: Die zwischenjährlichen OLR-Änderungen sind weder global, noch folgen sie den Temperaturänderungen (Abb. 6.3b). Während die außertropische SH-OLR in den letzten vier Jahrzehnten keinen Trend aufweist und die tropische OLR einen kleinen und unbedeutenden Trend zeigt, weist die außertropische NH-OLR einen sehr starken Anstieg auf. Ist dieser Anstieg auf die

stärkere Erwärmung in der NH zurückzuführen? Den Daten zufolge ist dies nicht der Fall, denn in den 1980er und 90er Jahren, als die Erwärmung beschleunigt wurde, stieg die OLR nicht signifikant an, während zwischen 1997 und 2007, als die Pause stattfand, die außertropische NH-OLR den größten Teil des Anstiegs der letzten vier Jahrzehnte erfuhr (Abb. 6.3b grauer Bereich). Daraus folgt logischerweise, dass die negative Anomalie der außertropischen NH-OLR vor dem Jahr 2000 zur Erwärmung beigetragen hat, während die positive Anomalie danach zur Pause beitrug. Natürlich kann die Zunahme der Treibhausgase nichts davon erklären, aber die Änderungen des MT, die während der Klimaverschiebung 1997-98 stattfanden, können die gleichzeitigen Änderungen der OLR in der außertropischen NH problemlos erklären (siehe [Teil IV](#)).

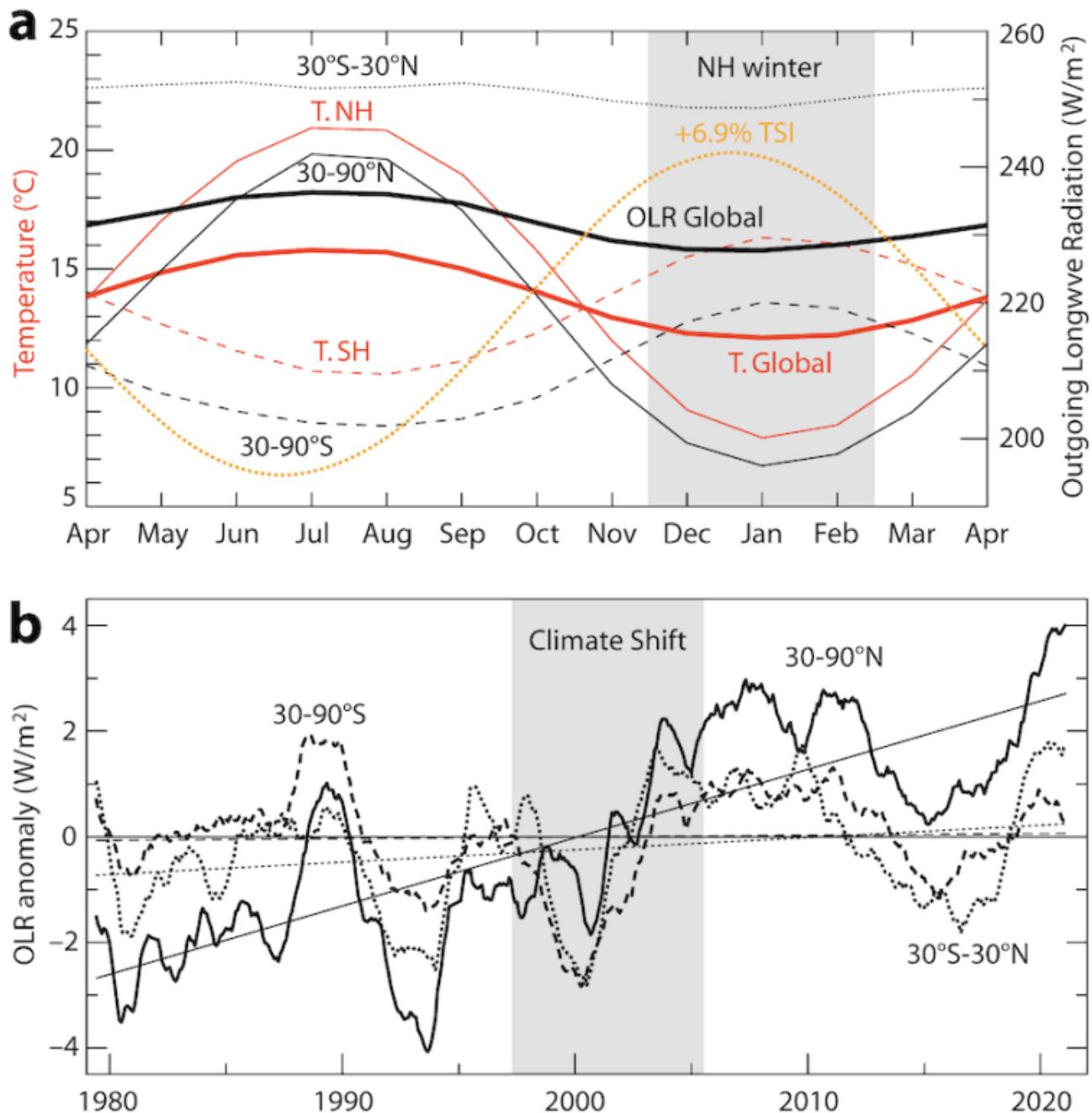


Abb. 6.3. Ausgehende langwellige Strahlung – jährliche und zwischenjährliche Änderungen.

In Abbildung 6.3 zeigt (a) die monatlichen Änderungen der TSI (gestrichelte orangefarbene Kurve ohne Skala); die Daten stammen aus Carlson et al. 2019. Die monatlichen Änderungen der Durchschnittstemperatur werden anhand roter Kurven dargestellt (linke Skala); die globale Durchschnittstemperatur ist die dicke durchgehende rote Kurve, die NH ist die dünne durchgehende rote Kurve und die SH ist die dünne gestrichelte rote Kurve. Die Daten stammen von Jones et al. 1999. Die monatlichen Veränderungen der OLR sind als schwarze Kurven dargestellt und verwenden die richtige Skala; die globale Abstrahlung ist die dicke durchgehende schwarze Kurve, 30-90°N ist die dünne durchgehende schwarze Kurve, 30-90°S ist die dünne gestrichelte schwarze Kurve, 30°S-30°N ist die dünne gepunktete schwarze Kurve. Die Daten stammen vom KNMI-Explorer. Der graue Bereich ist die NH-Winterperiode.

Abbildung 6.3 (b) zeigt die Veränderungen der OLR-Anomalie von 1979 bis 2021 für die Regionen 30-90°N (dicke durchgehende schwarze Kurve), 30-90°S (dicke gestrichelte schwarze Kurve) und 30°S-30°N (dicke gepunktete schwarze Kurve). Die entsprechenden dünnen Linien sind die Trends der kleinsten Quadrate. Der graue Bereich entspricht dem Zeitraum 1997-2006, in dem sich der Klimawandel in der Arktis beschleunigt hat, wie in Abschnitt 4.5 beschrieben. Die Daten stammen aus dem KNMI-Explorer-Bereich für NOAA OLR.

Einer der rätselhaftesten Aspekte des Klimas ist, dass beide Hemisphären trotz sehr unterschiedlicher Ausdehnung der Land-, Meeres- und Schnee-/Eisflächen im Wesentlichen die gleiche Albedo aufweisen. Dieses Phänomen ist als hemisphärische Albedo-Symmetrie bekannt (Datseris & Stevens 2021). Modelle sind nicht in der Lage, einen solch entscheidenden Aspekt des Klimas zu reproduzieren, weil niemand weiß, wie er entsteht und erhalten wird (Stephens et al. 2015). Datseris & Stevens (2021) haben Wolkenasymmetrien über außertropischen Sturmbahnen als ausgleichenden Faktor der Oberflächen-Albedo-Asymmetrien identifiziert. Sturmbahnen sind MT-Autobahnen über bereits MT-begünstigten ozeanischen Becken. Stürme sind das Produkt barokliner Instabilität entlang der LTG und transportieren eine große Menge an Energie als latente Wärme. Sie sind auch für einen erheblichen Teil der globalen Bewölkung verantwortlich, wodurch MT mit der Wolkenbedeckung verbunden ist. Änderungen des MT müssen zwangsläufig zu Änderungen der Bewölkung führen und das Klima verändern. Wenn die Albedo der Erde durch Veränderungen der Bewölkung in den Sturmbahnen symmetrisch gehalten wird, ist die Albedo wahrscheinlich eine weitere grundlegende Klimaeigenschaft, die mit der Stärke des MT verbunden ist.

6.3 ENSO: Die Schaltzentrale des tropischen Ozeans

Das Klimasystem setzt sich aus den Ozeanen, der Landoberfläche, der

Biosphäre, der Kryosphäre und der Atmosphäre zusammen (Abb. 6.1). Diese verschiedenen Komponenten tauschen Masse und Energie aus, aber für das Klimasystem als Ganzes finden die Energiegewinne und -verluste an der TOA statt. Teile der TOA, in denen das Verhältnis zwischen Energiegewinn und -verlust positiv ist, hauptsächlich über den Tropen, stellen eine Energiequelle für das Klimasystem dar, während der Rest des TOA als Energiesenke wirkt. Die größte Energiesenke ist die TOA oberhalb des Winterpols. Im Durchschnitt tritt die Energie an der Quelle in das System ein und wird von Klimakomponente zu Klimakomponente weitergegeben, während sie zur Senke transportiert wird. Der Energiefluss durch das Klimasystem ist sowohl durch zeitliche als auch räumliche Variabilität gekennzeichnet. Infolgedessen ändert sich die Energiemenge, die durch ein beliebiges Element des Transportsystems fließt, im Laufe der Zeit, wodurch sich die Enthalpie (der gesamte „Wärme“-Gehalt) des Elements ändert, was häufig als Temperaturänderung beobachtet wird. Wir gehen davon aus, dass der MT durch bestimmte Kontrollzentren reguliert wird, die Energietore in und aus dem Klimasystem darstellen. Diese MT-Kontrollzentren sind der Polarwirbel (PV), das ENSO-System und die Ozonschicht. Ihre Bedingungen ändern sich als Reaktion auf Veränderungen bei den Hauptmodulatoren von MT, was zu Veränderungen im globalen Energietransport führt.

Die Absorption der Sonnenenergie in den Tropen ist spektral differenziert. Der Teil des Spektrums von 200-315 nm wird in der Ozonschicht der Stratosphäre absorbiert, während der Teil von 320-700 nm hauptsächlich in der photischen Schicht der tropischen Ozeane absorbiert wird. Die vom Ozean absorbierte Energie wird auf drei verschiedene Arten polwärts transportiert (Abb. 6.4). Ein Teil davon gelangt durch Konvektion in die Stratosphäre und bildet den aufsteigenden Zweig der Brewer-Dobson-Zirkulation, ein anderer Teil wird in der Troposphäre durch die Hadley-Zirkulation transportiert, und der letzte Teil wird durch den Ozean transportiert. Der ENSO-Zustand bestimmt die relative Verteilung der zu transportierenden Energie. La Niña begünstigt den ozeanischen Transport, während ENSO Neutral den atmosphärischen Transport verstärkt. Zu bestimmten Zeiten übersteigt die Menge der zu transportierenden Energie die Kapazität und ein El Niño wird ausgelöst.

El Niño lenkt eine große Menge an Energie in die Stratosphäre und Troposphäre, entzieht sie dem Ozean und erwärmt dabei die Oberfläche des Planeten. Während des holozänen Klimaoptimums (9-5,5 ka) war der Planet wärmer, der MT wurde infolgedessen reduziert, und dies führte zu einer sehr geringen Häufigkeit von El Niños (Moy et al. 2002). Während der Neoglazialzeit (seit 5,2 ka) nahmen Häufigkeit und Intensität der Los Niños zu. In Perioden planetarer Abkühlung muss als Teil des Abkühlungsprozesses mehr Energie polwärts transportiert werden, was die Zunahme von Los Niños von 1000-1400 n. Chr. erklärt, als die Welt in die Kleine Eiszeit (LIA; Moy et al. 2002) abglitt. In den letzten zwei Jahrhunderten war die Häufigkeit von El Niño gering und nimmt tendenziell ab, weil sich der Planet erwärmt, was durch einen geringeren MT erreicht wird. Gegenwärtig werden El-Niño-Bedingungen durch die

Akkumulation von warmem Wasser unter der Oberfläche (der wichtigste El Niño-Prädiktor, siehe Abb. 2.4c) oder durch eine Abnahme der Brewer-Dobson-Zirkulation als Reaktion auf eine stärkere PV während des ersten borealen Winters nach tropischen oder NH-Stratosphären-reichenden Vulkanausbrüchen erzeugt (Kodera 1995; Stenchikov et al. 2002; Liu et al. 2018).

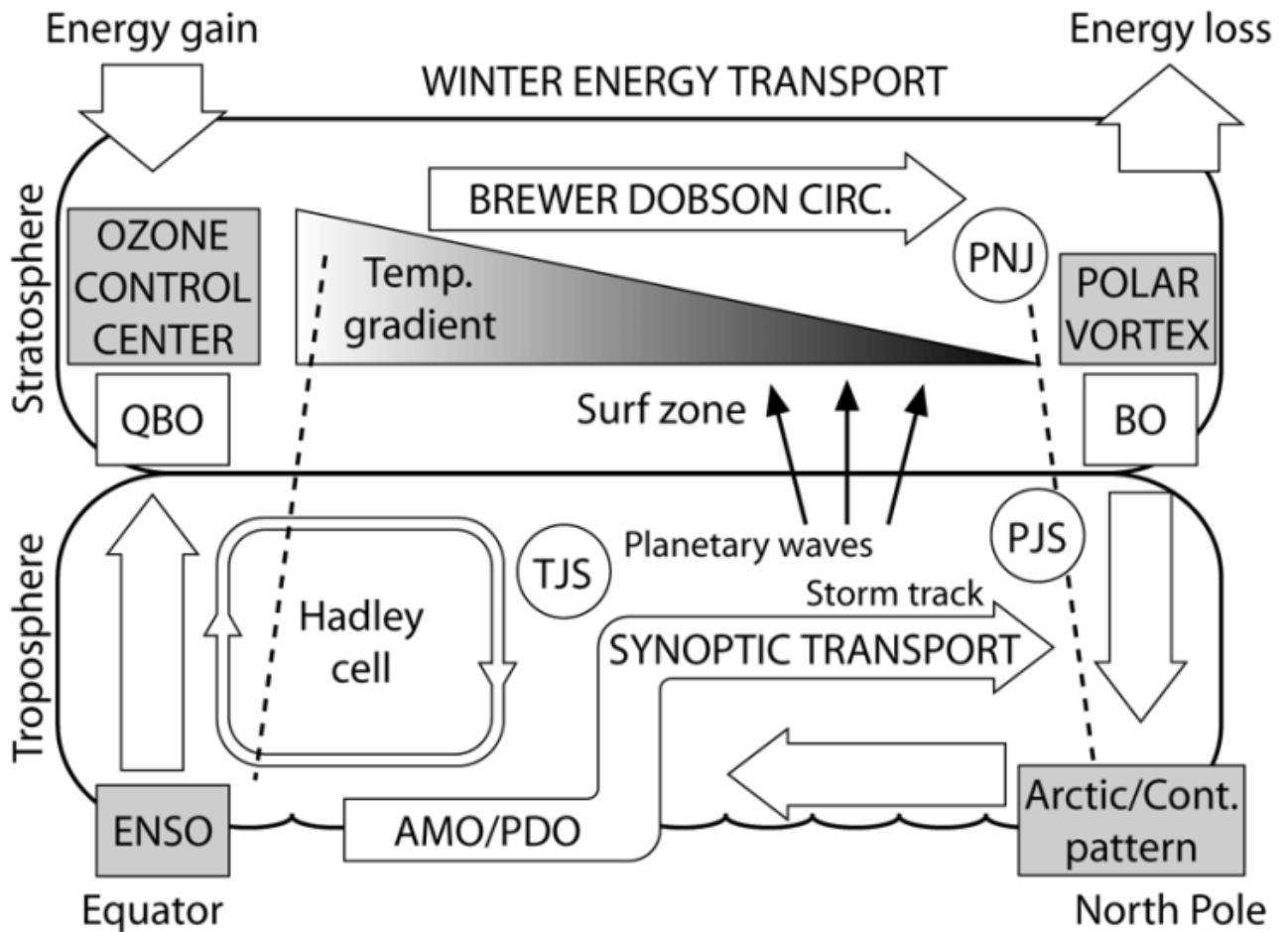


Abb. 6.4. Überblick über den meridionalen Wintertransport auf der Nordhalbkugel.

Wie in Abbildung 6.4 dargestellt, bestimmt das Verhältnis zwischen Energiegewinn und -verlust an der TOA die maximale Energiequelle im tropischen Band und die maximale Energiesenke in der Arktis im Winter. Die eintreffende Sonnenenergie wird in der Stratosphäre und der Troposphäre/Oberfläche verteilt, wo sie einer unterschiedlichen Transportmodulation unterliegt. Die Energie (weiße Pfeile) steigt von der Oberfläche in die Stratosphäre am tropischen Rohr (linke gestrichelte Linie) und wird durch die Brewer-Dobson-Zirkulation zum Polarwirbel (rechte gestrichelte Linie) transportiert. Der stratosphärische Transport wird durch die UV-Erwärmung in der tropischen Ozonschicht bestimmt, die einen Temperaturgradienten erzeugt, der die zonale Windstärke durch die thermische Windbilanz beeinflusst, sowie durch die QBO. Diese doppelte Steuerung bestimmt das Verhalten der

planetarischen Wellen (schwarze Pfeile) und bestimmt, ob der Polarwirbel eine zweijährige Kopplung mit der QBO erfährt (B0).

In der Mischschicht des tropischen Ozeans ist ENSO der wichtigste Modulator der Energieverteilung. Die Hadley-Zelle ist zwar am Energietransport beteiligt und reagiert auf dessen Intensität, indem sie sich ausdehnt oder zusammenzieht, doch der größte Teil des Energietransports in den Tropen erfolgt über den Ozean. Änderungen in der Transportintensität führen zu den wichtigsten Variabilitätsmodi, der AMO und der PDO. Außerhalb der Tropen wird der größte Teil der Energie in die Troposphäre übertragen, wo synoptischer Transport durch Wirbel entlang von Sturmbahnen für den Großteil des Transports in hohe Breiten verantwortlich ist. Die Stärke des Polarwirbels bestimmt das winterliche Klimaregime in hohen Breiten. Ein schwacher Wirbel begünstigt ein warmes Winterregime in der Arktis und auf den kalten Kontinenten, bei dem mehr Energie in die Arktis gelangt, die durch den Abtransport kalter Luftmassen ersetzt wird. Jetstreams (PJS, polar; TJS, tropisch; PNJ, Polarnacht) bilden die Grenzen und begrenzen den Transport. Abbildung 6.4 stammt aus Vinós 2022.

Es ist klar, dass ENSO den MT der Energie stark beeinflusst. Es ist daher überraschend, dass es als Klimaschwankung betrachtet wird (Timmermann et al. 2018). Seine Lage am Eintrittspunkt des größten Teils der Energie in das Klimasystem macht es zu einer Schaltzentrale für den MT, die durch die Sonnenaktivität moduliert wird (siehe Abb. 2.4). Es ist bekannt, dass ENSO auf stratosphärische Bedingungen (z. B. Vulkanausbrüche) und unterirdische Bedingungen (warmes Wasservolumen) reagiert und damit den MT auf verschiedenen Ebenen verbindet. Die Paläoklimatologie zeigt, dass ENSO auf die planetarische Thermodynamik reagiert, d.h. dass es damit zusammenhängt, wie sich der Planet erwärmt und abkühlt. Moy et al. (2002) sagen:

„Wir beobachten, dass Bond-Ereignisse in der Regel in Perioden geringer ENSO-Aktivität auftreten, die unmittelbar auf eine Periode hoher ENSO-Aktivität folgen, was darauf hindeutet, dass eine Verbindung zwischen den beiden Systemen bestehen könnte.“ – Moy et al. (2002)

Bond-Ereignisse sind jahrhundertelange Kälteperioden, wie die LIA, die zum Teil durch eine stark zunehmende ENSO-Aktivität (häufige, starke Niños) verursacht werden. Nachdem die Abkühlung des Planeten beendet ist, nimmt die ENSO-Aktivität ab.

6.4 Ozon: Die Schaltzentrale der tropischen Stratosphäre

Der 200-315 nm große Teil des Sonnenenergiespektrums wird in der stratosphärischen Ozonschicht absorbiert und hat dort einen großen Einfluss auf Temperatur und Zirkulation. Obwohl die Energie in diesem Wellenlängenbereich nur etwas mehr als 1 % der Gesamtenergie ausmacht (Lean 2017), schwankt sie zehnmal stärker mit der Sonnenaktivität als der Bereich >320 nm und ist für die strahlungsbedingten und dynamischen

Veränderungen verantwortlich, die in der Stratosphäre während des Sonnenzyklus stattfinden. Die UV-Energieabsorption in der Stratosphäre beträgt im Durchschnitt $3,85 \text{ W/m}^2$ (Eddy et al. 2003; ein Viertel von $15,4 \text{ W/m}^2$). Dies ist keine geringe Menge. Sie macht 5 % der von der Atmosphäre absorbierten Sonnenenergie aus (Wild et al. 2019). Die Ozonzentrale verarbeitet einen erheblichen Teil der vom Klima aufgenommenen Energie, obwohl es sich nur um den UV-Energieanteil handelt.

Die Stratosphäre ist etwa 5 mal größer als die Troposphäre und enthält etwa 5 mal weniger Masse. Bei einer um mehr als eine Größenordnung geringeren Dichte ist die Wirkung der absorbierten Sonnenenergie auf die Stratosphären temperatur enorm. Ohne Ozon wäre die Stratosphäre 50 K kälter und die Tropopause würde nicht existieren (Reck 1976). Die Ozonschicht ist eine Besonderheit der Erde, eine Folge der Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre, die sich wahrscheinlich im Ediacaran oder Kambrium (600-480 Mio. Jahre) entwickelte.

Die Absorption der Sonnenenergie durch das Ozon in der Stratosphäre ermöglicht die Bildung eines stratosphärischen Temperaturgradienten, der von der UV-Energie, der Ozonmenge und der Ozonverteilung abhängt. Der Gradient bildet sich durch kurzwellige Erwärmung von Ozon und langwellige Strahlungsübertragung, an der hauptsächlich CO_2 und Ozon beteiligt sind. Entlang dieses Gradienten wird die zonale Windzirkulation durch das Gleichgewicht zwischen dem Druckgradienten und dem Coriolis-Faktor (geostrophisches Gleichgewicht) bestimmt. Infolgedessen ist die stratosphärische Zirkulation in beiden Hemisphären entgegengesetzt, wobei die winterhemisphärische Zirkulation durch Westwinde und die Bildung eines Polarwirbels gekennzeichnet ist (siehe Abb. 3.7).

In der Troposphäre erzeugte planetarische Wellen können sich nur dann nach oben ausbreiten, wenn die stratosphärischen Winde westlich sind und einen bestimmten Geschwindigkeitsbereich aufweisen (Charney-Drazin-Kriterium). Diese Bedingungen sind im Winter gegeben, so dass die stratosphärische Zirkulation im Winter stärker gestört ist (Haynes 2005), was zu höherem MT führt. Planetarische Wellen werden durch die Orographie (die Lage der Berge) und die Land/Ozean-Kontraste effizienter erzeugt und treten im borealen Winter häufiger auf. Planetarische Wellen deponieren Energie und Impuls in der Stratosphäre, wenn sie brechen, und werden gelegentlich nach unten in die Troposphäre abgelenkt, was die dortige Zirkulation beeinflusst. Ihre Wirkung in der Stratosphäre besteht darin, die meridionale Zirkulation anzutreiben, die westliche Zirkulation zu verringern und den Polarwirbel zu schwächen. Folglich hängt der stratosphärische MT, die so genannte Brewer-Dobson-Zirkulation, vom Wellenfluss ab.

In extremen Fällen schwächen planetarische Wellen die winterliche Westzirkulation so stark ab, dass die zonale Zirkulation östlich wird, was zu einer plötzlichen Erwärmung der Stratosphäre führt, da die Luft

nach unten gedrückt wird und sich adiabatisch erwärmt, während sich der Wirbel aufspaltet oder vom Pol weg verlagert wird. Dies geschieht etwa jedes zweite Jahr in der NH, aber selten in der SH, und hat große Auswirkungen auf das Wetter in der Troposphäre. Veränderungen in der Winterstratosphäre wirken sich aufgrund der Abwärtskopplung zwischen Stratosphäre und Troposphäre auf einer längeren Zeitskala auf das Wetter an der Oberfläche aus. Eindeutige Beobachtungen der stratosphärischen Variabilität, die sich auf die Oberfläche auswirkt, zeigen sich in der Arktischen Oszillation (Nördlicher Annularmodus), dem nordatlantischen Meeresspiegeldruck, extremen Wetterereignissen, der Häufigkeit von Winterkälteperioden, der Position des troposphärischen Mittelbreitenjets und niederfrequenten Variationen der thermohalinen Zirkulation im Atlantik (Baldwin et al. 2019). Die stratosphärische Variabilität steuert teilweise den troposphärischen Wärmefluss in die Arktis (Baldwin et al. 2019), was zeigt, dass die Reaktion des Ozons auf die Sonneneinstrahlung in der Stratosphäre als wichtige Schaltstelle für den MT fungiert.

Die Zirkulation und die Variabilität der Stratosphäre sind das Ergebnis von Ozon und seiner Reaktion auf die Sonnenenergie. Außerdem ist die Stratosphäre selbst das Ergebnis von Ozon. Die solare UV-Energie hat in der Stratosphäre zwei verschiedene Aufgaben. Durch die Photolyse von Sauerstoff und Ozon reguliert sie die Ozonmenge, und durch die Strahlungserwärmung reguliert sie das stratosphärische LTG, das die stratosphärische Zirkulation und ihre Reaktion auf den planetarischen Wellenfluss bewirkt. Die Auswirkung des Wellenflusses auf die Brewer-Dobson-Zirkulation (d. h. der stratosphärische MT) wird als „außertropische Pumpe“ bezeichnet (Haynes 2005). Infolgedessen ist die Ozonzentrale an der Modulation der MT beteiligt und reagiert durch Photolyse und kurzwellige Strahlungsraten empfindlich auf Veränderungen der Sonnenaktivität (Bednarz et al. 2019). Die Zahl der Belege für die Auswirkungen der solaren Variabilität auf das troposphärische Klima durch Veränderungen des Zustands der Stratosphäre hat in den letzten Jahrzehnten erheblich zugenommen (Haigh 2010).

6.5 Das Polarwirbel-Schaltzentrale

Zusammen mit dem Meereis bildet der PV eine negative Rückkopplung zur planetarischen Abkühlung. Er entsteht durch die starke Abkühlung im polaren Herbst aufgrund der sehr geringen Sonneneinstrahlung und der Meereisbildung. Durch die atmosphärische Abkühlung erhöht sich die Luftdichte, und wenn die kalte Luft absinkt, entsteht ein Tiefdruckzentrum mit zyklonaler (gegen den Uhrzeigersinn in der NH) Zirkulation um den Pol. Wenn die Westwinde stärker werden, isolieren sie das Innere des Wirbels, wo die Abkühlung durch Strahlung weitergeht. Der starke winterliche Temperaturkontrast treibt die zonale Windzirkulation an, die den Wirbel bis zur Rückkehr der Sonne stabilisiert. Ohne PV (und Meereis) würde der Planet jeden Winter viel mehr Energie verlieren. Es ist daher trivial, dass ein starker PV die Erwärmung des Planeten begünstigt und ein schwacher PV die Abkühlung des Planeten. Die PV ist

ein Produkt der zonalen Winterzirkulation. Da der MT durch die meridionale Zirkulation angetrieben wird, die auf Kosten der zonalen Zirkulation stattfindet, stellt der PV eine der wichtigsten MT-Kontrollzentren dar. Er regelt den Energiezugang zur größten Energiesenke des Planeten, der winterlichen polaren TOA (siehe Abb. 3.2).

Die Entdeckung der Reaktion des PV auf die äquatoriale Quasi-Biennal-Oszillation (QBO; Holton & Tan 1980) zeigt, dass der PV nicht nur das Ergebnis der atmosphärischen Bedingungen in hohen Breitengraden ist. Später wurde festgestellt, dass die PV-Bedingungen auch auf den Sonnenzyklus reagieren (Labitzke 1987), auch wenn die Sonne im Winter nicht über dem Pol scheint. Nach dem Ausbruch des Pinatubo wurde deutlich, dass der PV auch von stratosphärenweiten Vulkanausbrüchen beeinflusst wird (Stenchikov et al. 2002; Azoulay et al. 2021), was zu einer vulkanischen Wintererwärmung in mittleren bis hohen Breiten führte, anstatt der erwarteten Abkühlung aufgrund der Verringerung der Sonnenenergie durch stratosphärische Aerosole. Es ist nun klar, dass der PV auf Veränderungen der stratosphärischen LTG und auf Veränderungen bei der Ausbreitung planetarer Wellen in der Stratosphäre reagiert. Planetarische Wellen lagern Energie und Impuls in der Nähe des Wirbels in der Winterstratosphäre ab, wodurch der starke potentielle Wirbelgradient des Wirbels geschwächt wird. Die Wirbeldynamik führt dazu, dass sich die Wellenstörungen nach unten ausbreiten, wodurch der Wirbel anfälliger für nachfolgende Wellen aus niedrigeren Höhen wird und sich der Effekt bis in die Troposphäre ausbreitet (Scott & Dritschel 2005). Dies ist eine Erklärung für die Abwärtskopplung zwischen Stratosphäre und Troposphäre in hohen Breitengraden.

Somit ist die PV-Stärke das Ergebnis äquatorial-polarer Gradienten in Temperatur, zonaler Windgeschwindigkeit und potenzieller Wirbelstärke, die den Einfluss planetarer Wellen auf die zonale Strömung bestimmen (Monier & Weare 2011). Die Stärke des PV hängt auch von der Aufwärtswellenaktivität ab (Lawrence et al. 2020). Wie wir gesehen haben (Abschnitte 4.7 & 5.4; Christiansen 2010), unterliegt die PV-Stärke interannuellen und multidekadischen Oszillationen, die die Arktische Oszillation und Oberflächenwetterereignisse wie die Häufigkeit schwerer winterlicher Kaltluftausbrüche beeinflussen (Huang et al. 2021).

Multidekadische Veränderungen der PV-Stärke verwirren die Atmosphärenforscher schon seit langem (Wallace 2000). Multidekadische Perioden, in denen der Polarwirbel stärker als im Durchschnitt ist, führen dazu, dass sich der arktische, atlantische und pazifische Sektor wie ein echter NAM (Northern Annular Mode; Abb. 6.5a & c) verhalten, mit einer Schaukelbeziehung zwischen dem Aleuten- und dem Islandtief (Shi & Nakamura 2014), wodurch der Wärme- und Feuchtigkeitstransport in die Arktis eingeschränkt wird. Im Gegensatz dazu führen multidekadische Perioden, in denen der Polarwirbel schwächer als im Durchschnitt ist, zu einer Situation, die am besten durch die Nordatlantische Oszillation (NAO; Abb. 6.5b) beschrieben wird, mit einer schwachen

zwischenjährlichen Variabilität des Aleutentiefs und einem weniger eingeschränkten arktischen Transport. Die in der wissenschaftlichen Literatur geführten Diskussionen darüber, ob das NAO- oder das NAM-Paradigma den wichtigsten außertropischen atmosphärischen Modus der Variabilität im Nordatlantik besser beschreibt (Wallace 2000), scheinen zu ignorieren, dass seine sich verändernde Natur mit den für den Klimawandel charakteristischen Verschiebungen des Klimaregimes verbunden ist (siehe Teil IV).

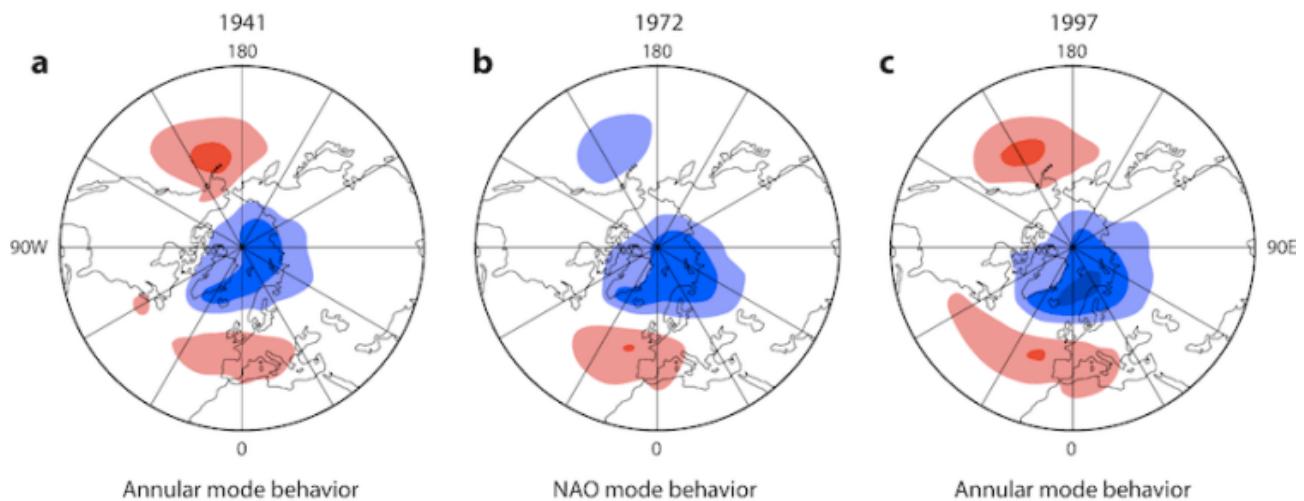


Abb. 6.5. Die sich verändernde Natur des Nördlichen Annularmodus/Nordatlantische Oszillation.

Die drei Karten in Abbildung 6.5 sind die erste empirische orthogonale Funktion der durchschnittlichen SLP-Winteranomalien über der außertropischen Nordhemisphäre (polwärts von 20°N) für drei 25-Jahres-Perioden, deren zentrale Jahre über den Karten vermerkt sind. Das Farbintervall bezieht sich auf 1,5 hPa (positiv in rot), und die Nulllinien sind weggelassen. Die Polarität entspricht der positiven Phase der Arktischen Oszillation. Ein echter nördlicher ringförmiger Modus erfordert die Koordination der drei Aktionszentren, andernfalls kann er besser als nordatlantische Oszillation beschrieben werden. Abbildung 6.5 ist nach Shi und Nakamura 2014.

Der PV regelt den Austausch von Luftmassen, Feuchtigkeit und Energie zwischen den mittleren Breiten und den polaren Breiten. Er reagiert auf Klimaverschiebungen in der Troposphäre und in der Stratosphäre und wird durch die Ausbreitung und Reflexion/Absorption planetarischer Wellen beeinflusst. Er wird durch die Sonnenaktivität, ENSO, die QBO und Vulkanausbrüche moduliert und stellt ein Kontrollzentrum für den MT dar.

6.6 Multidekadische Modi: Der Zustand des meridionalen Transports

Der Transport der nahezu gesamten Energie und Feuchtigkeit in Richtung Pole findet in der Troposphäre und im oberen Ozean statt. Da die

Intensität dieses Transports im Laufe der Zeit geografisch variiert, führt dies zu den so genannten Modi der Klimavariabilität. Diese Variabilitätsmodi haben im 20. Jahrhundert mit einer etwa 65-jährigen multidekadischen Oszillation geschwankt, die zu den beobachteten Verschiebungen der Klimaregime führt. Diese Oszillation, die hier als Stadiumwelle (Wyatt & Curry 2014) bezeichnet wird, wurde bei der globalen Wassertemperatur (SST) festgestellt ebenso wie beim Luftdruck auf dem Nordatlantik und den Winden (Kushnir 1994), der nordpazifischen und nordamerikanischen Temperatur (Minobe 1997), der Tageslänge und dem Kerndrehimpuls (Hide et al. 2000), Fischpopulationen (Mantua et al. 1997; Klyashtorin 2001), Temperatur und Meereisausdehnung in der Arktis (Polyakov et al. 2004), die relative Häufigkeit von ENSO-Ereignissen (Verdon & Franks 2006) und den globalen mittleren Meeresspiegel (Jevrejeva et al. 2008).

Die Stadium-Welle spiegelt die globale Variabilität des MT-Systems wider. Die Oszillation wirkt sich hauptsächlich auf die beiden Ozeanbecken aus, die direkt mit beiden Polen in Verbindung stehen, insbesondere vom Äquator (ENSO) bis zu den hohen Breiten der NH, und sie beeinflusst die Erdrotation durch Änderungen des Drehimpulses der Atmosphäre (Hide et al. 2000; Klyashtorin & Lyubushin 2007), was die gekoppelte Reaktion von Ozean und Atmosphäre zeigt. Die multidekadischen Schwankungen der SST (atlantische multidekadische und pazifische dekadische Schwankungen, AMO und PDO) sind einfach ein Spiegelbild des MT-Energieflusses durch diese Elemente. Da die jährlich in das Klimasystem eintretende Energiemenge nahezu konstant ist, spiegeln die warmen Phasen der AMO und der PDO lediglich eine Verlangsamung des MT wider, die zu einem Stau der Energieflüsse führt. Zu dieser Zeit befindet sich mehr Energie in diesen Elementen, vielleicht aufgrund eines verringerten Ozean-Atmosphären-Flusses, der durch ein überwiegend zonales Windmuster in den mittleren Breiten verursacht wird. Das räumliche Muster der AMO, das durch Regression der nordatlantischen SST-Anomalien nach Abzug der globalen SST-Anomalien ermittelt wurde, zeigt, dass die AMO der atlantische Teil eines globalen MT-Systems ist, das die Wärme polwärts bewegt. Das globale System umfasst das pazifische und das indische Becken, wie in Abb. 6.6 dargestellt. Sie zeigt, dass die NH-SST-Oszillation der AMO mit anderen globalen SST-Oszillationen phasengekoppelt ist, was koordinierte Veränderungen im globalen MT-System widerspiegelt.

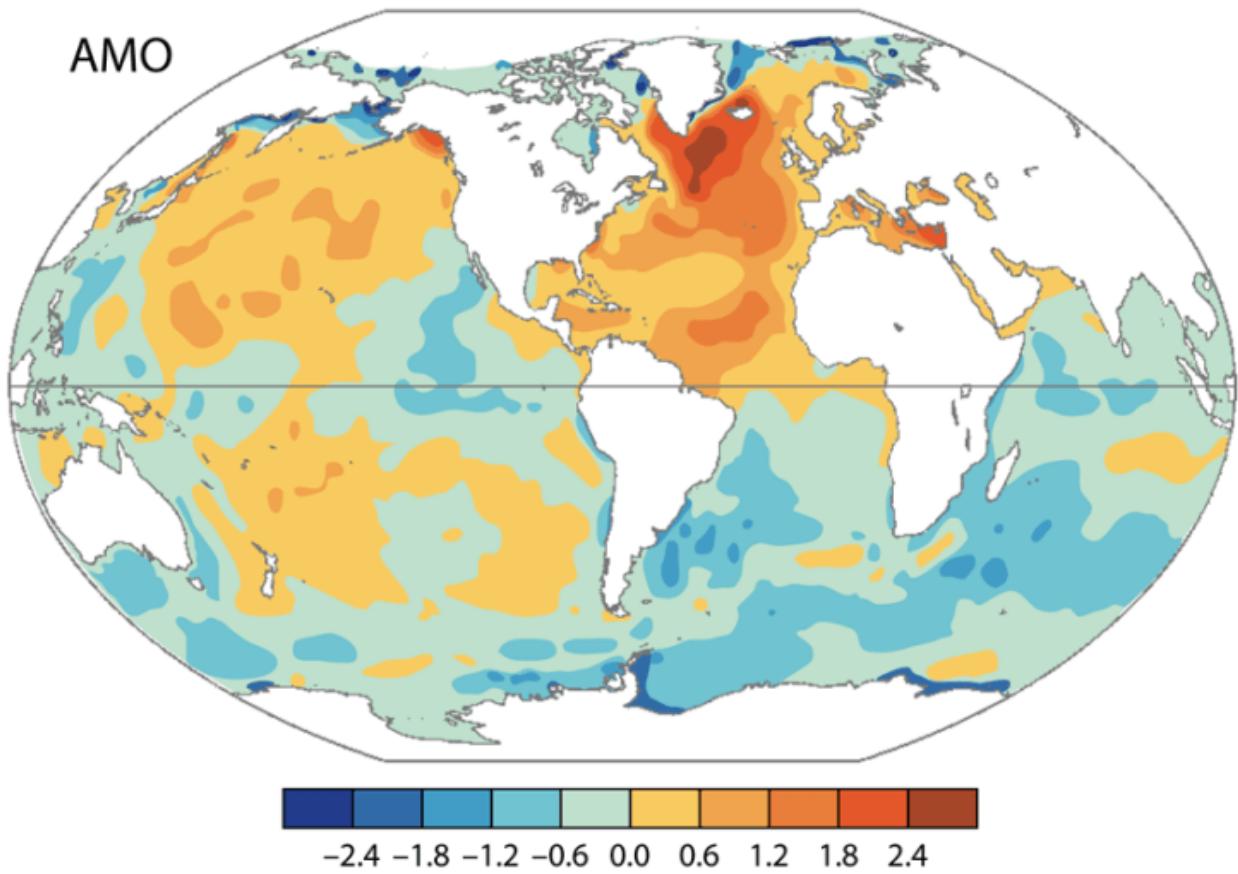


Abb. 6.6. Räumliches Muster der atlantischen multidekadischen Oszillation. Einheitenloses ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$) Regressionsmuster der monatlichen SST-Anomalien (HadISST 1870-2008), nach Subtraktion der globalen mittleren Anomalie von der nordatlantischen SST-Anomalie.

Abb. 6.6 zeigt die SST-Änderung in $^{\circ}\text{C}$ pro $^{\circ}\text{C}$ des AMO-Index. Sie zeigt nicht nur das AMO-Muster, sondern auch, dass die AMO mit dem globalen Oberflächen-MT-System zusammenhängt, das Wärme aus den Tropen in die großen Ozeanbecken abzieht. Abbildung 6.6 ist nach Deser et al. 2010.

Dieses globale MT-System ist das komplexe Ergebnis der geografisch bedingten gekoppelten Atmosphäre-Ozean-Zirkulation auf einem rotierenden Planeten, dessen Achse gegenüber der Ekliptik geneigt ist und der den Großteil seiner Energie in den Tropen erhält. Da die Intensität des Transports zeitlich und räumlich variiert, konzentrieren sich die Autoren in der Regel auf die Beschreibung seiner regionalen Variabilität und sprechen von Telekonnektionen und atmosphärischen Brücken, um zu erklären, was im Grunde genommen Elemente eines einzigen sehr komplexen Prozesses sind (Abb. 6.7). Die Bedeutung des MT für das Klima der Erde kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden, und multidekadische Veränderungen des MT sind ein wichtiger und übersehener Faktor des Klimawandels. Es ist eine gängige Annahme, dass die Summe der Auswirkungen der multidekadischen Variabilität im Laufe der Zeit gegen Null tendiert. Studien über die Veränderung der AMO-Amplitude in den letzten sechs Jahrhunderten (Moore et al. 2017) zeigen, dass diese

Annahme falsch ist.

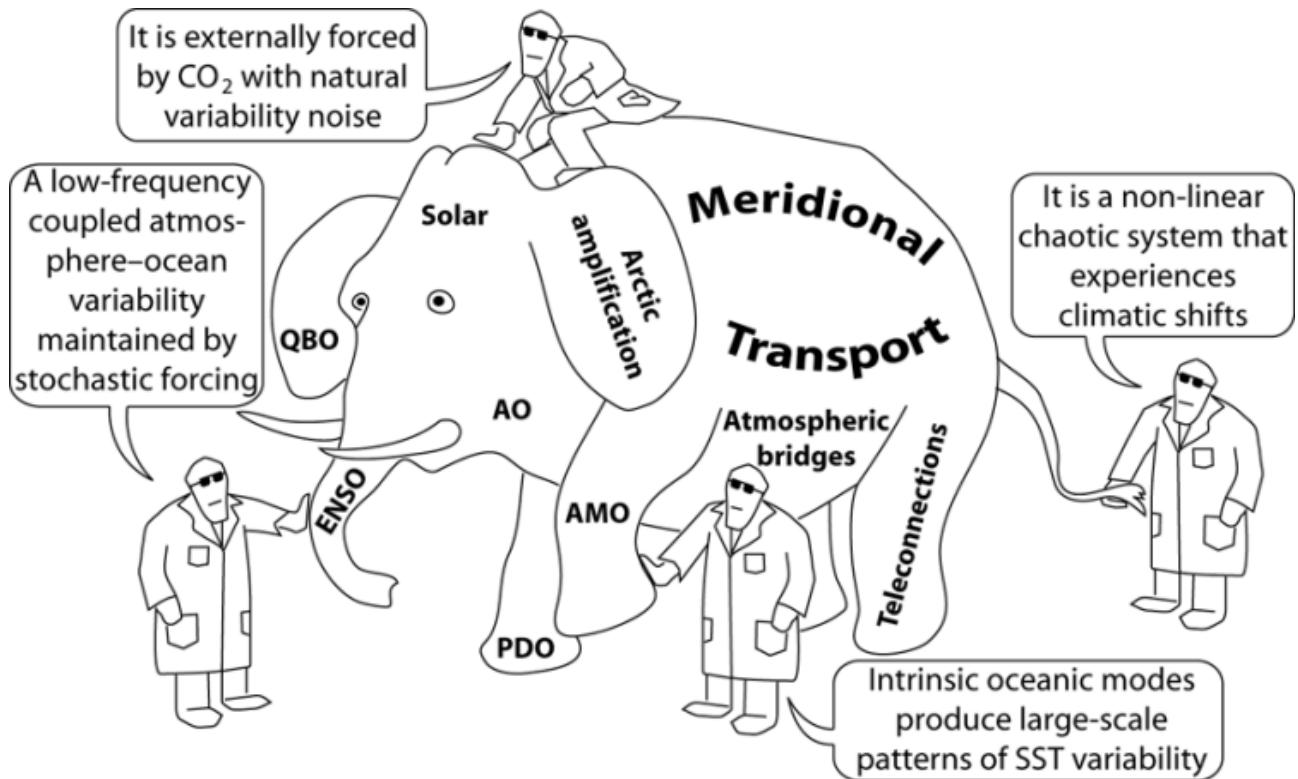


Abb. 6.7. Der meridionale Transport ist der übersehene Klimafaktor.

Der meridionale Transport ist sowohl der Elefant im Raum, den alle als Erklärung für den Klimawandel ignorieren, als auch der Elefant aus dem indischen Märchen, den Blinde als ein anderes Tier beschreiben, wenn sie verschiedene Teile davon berühren.

Die Stadium-Welle hat einen ausreichend langen Zeitraum, um einen wichtigen Beitrag zur modernen globalen Erwärmung zu leisten. Laut Chylek et al. (2014) ist ein Drittel der globalen Erwärmung nach 1975 auf die positive Phase der AMO zurückzuführen, und die Modelle überschätzen die Erwärmung der Treibhausgase, kompensieren dies aber durch eine Überschätzung der Aerosolabkühlung. Ungeachtet der Beweise ist das IPCC nicht der Ansicht, dass die interne Variabilität wesentlich zum Klimawandel zwischen 1951 und 2010 beigetragen hat (siehe Abb. 5.1). Eine alternative Sichtweise ist, dass eine Kombination aus Sonnenaktivität und 65-Jahres-Oszillation einen großen Teil des Anstiegs der globalen Erwärmungsrate im 20. Jahrhundert erklären kann, wobei die verbleibenden Veränderungen dem CO₂-Anstieg und der vulkanischen Aktivität zuzuschreiben sind, wenn ein uneingeschränkter Beitrag zugelassen wird. Diese Sichtweise setzt voraus, dass wir zugeben, dass unsere derzeitige Schätzung der Klimaempfindlichkeit gegenüber den verschiedenen bekannten Einflüssen falsch ist. Dies ist eine Möglichkeit, die durch die Identifizierung dynamischer Systeme unterstützt wird (de Larminat 2016).

Wie aus dem Flussdiagramm in Abb. 5.2 hervorgeht, wirkt sich die Sonnenaktivität direkt auf den stratosphärischen Transport und indirekt auf den troposphärischen Transport aus, hauptsächlich durch ENSO. Die Stadium-Welle steuert den troposphärischen Transport als ein emergentes Resonanzphänomen. Wenn beide in die gleiche Richtung wirken, ist die Wirkung maximal, wie im Zeitraum 1976-1997, als beide zur Verringerung des MT und zur Erwärmung des Globus' beitrugen. Während des Zeitraums 1890-1924 wirkten beide auf die Erhöhung des MT hin, was zu einer globalen Abkühlung führte. In diesen Zeiträumen hat die Stadium-Welle eine größere Wirkung, weil der troposphärische Transport viel stärker ist. Während des Zeitraums 1924-1935 war die Sonnenaktivität gering, aber die Stadium-Welle befand sich im wärmenden Teil ihres Zyklus, was zu einer Erwärmung zu Beginn des 20. Jahrhunderts führte. Während des Zeitraums 1945-1976 war die Sonnenaktivität hoch, aber die Stadium-Welle befand sich in der Abkühlungsphase, was zu einer Abkühlung aufgrund des hohen MT führte. In den Perioden, in denen die Sonnenaktivität und die Stadium-Welle entgegengesetzt wirken, überwiegt der Effekt der Stadium-Welle, weil er größer ist, aber der Effekt ist nicht so stark, wie wenn sie bei der Erhöhung oder Verringerung des MT zusammenwirken. MT ist der eigentliche „Dreh- und Angelpunkt“ des Klimawandels.

Im 20. Jahrhundert wies die 65-jährige Stadium-Welle zwei Erwärmungsperioden auf, so dass insgesamt etwa 65 Jahre lang ein warmer Zustand herrschte. Die Sonnenaktivität wies das etwa 70 Jahre dauernde moderne Sonnenmaximum (1935-2005) auf. Das bedeutet, dass sowohl der natürliche Antrieb als auch die interne Variabilität die meiste Zeit des Jahrhunderts zur beobachteten Erwärmung beigetragen haben. Das ungewöhnliche Zusammentreffen solch langer Perioden natürlicher Beiträge erklärt, warum sich das frühe 20. Jahrhundert ohne nennenswerte Treibhausgasemissionen erwärmt hat und warum in diesem Jahrhundert eine so starke Erwärmung beobachtet wurde, dass ein Alarm ausgelöst wurde. Der natürliche Beitrag zur beobachteten Erwärmung geht auf Kosten einer Verringerung des anthropogenen Beitrags.

6.7 Meridionaler Transport als Haupttreiber des Klimawandels

Die Suche nach dem Einfluss der Sonne auf das Klima führt uns zu einer unerwarteten Schlussfolgerung darüber, wie sich das Klima verändert. Damit die Sonnenschwankungen den Klimawandel beeinflussen können, muss der Klimaregler MT sein. Die beiden gigantischen polaren Kühlstrahler der Erde werden durch MT mit Energie versorgt. Daher ist MT für die meisten Klimaänderungen auf allen Zeitskalen verantwortlich. Die Triebkräfte der MT ändern sich je nach dem betrachteten Zeitrahmen.

- Auf der zwischenjährlichen Skala ist das Rauschen groß, aber der Wandel wird von ENSO und kurzfristigen Phänomenen wie Vulkanausbrüchen durch ihre Auswirkungen auf die PV-Stärke und MT bestimmt.
- Auf der multidekadischen Skala wird der Klimawandel durch die Stadium-Welle und alle ihre Teile bestimmt, was zu Klimaverschiebungen des MT

führt.

- Die hundertjährige bis tausendjährige Skala ist der Bereich der Sonne. Die Sonne steuert den Klimawandel durch ihre säkularen Zyklen der Sonnenaktivität und wirkt durch langfristige Veränderungen des MT, insbesondere während solarer Minima, aber auch während ausgedehnter Maxima wie dem heutigen Sonnenmaximum.
- In der Multimillenniums-Skala gelten die Milankovitch-Regeln. Die durch die Umlaufbahn bedingten Änderungen des LIG führen zu Änderungen der MT. Wenn die Schiefe abnimmt, erhöht sich die Sonneneinstrahlung in den Tropen, während sie an den Polen abnimmt. Dadurch wird der LIG während des Sommers steiler, was zu einer Erhöhung des MT führt, der die erforderliche erhöhte Feuchtigkeit in die hohen Breiten treibt. Die Feuchtigkeit bleibt dort in Form von Eis und Schnee gebunden, bis sich der Prozess umkehrt. Auf diese Weise gelangt die notwendige Feuchtigkeit während der Eiszeiten in die hohen Breiten (Masson-Delmotte et al. 2005). Später, wenn die Schiefe zunimmt, wird MT stärker eingeschränkt und trägt zur Erwärmung der mittleren Breiten während der Deglaziale bei. Die starke klimatische Signatur der Schiefe in den Tropen wurde mit dem meridionalen Transport in Verbindung gebracht (Bosmans et al. 2015).
- Auf der größten Zeitskala ist es die Plattentektonik, die den Klimawandel bestimmt, indem sie den Zugang der tropischen Wärme zu den beiden polaren Strahlern erleichtert oder einschränkt. Eine mehrere Millionen Jahre andauernde Abkühlung der Erde ist die Folge, wenn die meridionale Zirkulation zwischen Ozean und Atmosphäre begünstigt wird und die zonale Zirkulation eingeschränkt ist. Beschränkungen der zonalen Winde werden durch die Lage von Kontinenten, Ozeanporten und Gebirgszügen verursacht, die den polwärts gerichteten (meridionalen) Wärmevertransport verstärken. Wenn das Gegenteil der Fall ist, kommt es zu einer mehreren Millionen Jahre andauernden Erwärmung der Erde.

Es ist allgemein anerkannt, dass MT die Pole wärmer hält, als sie es sonst sein sollten. Ohne MT wären die Pole im Durchschnitt 100 °C kälter als der Äquator, statt 40 °C (Lindzen 1994). In Teil III (Abschnitt 3.2) haben wir jedoch das „Low-Gradient-Paradoxon“ untersucht und gesagt, dass in diesem Teil eine mögliche Lösung angeboten wird. Dieses Paradoxon ergibt sich aus dem Klima des frühen Eozäns, der Kreidezeit und des frühen Paläogens, das durch eine warme Welt mit einem reduzierten LTG und geringer Saisonalität gekennzeichnet war (Huber & Caballero 2011). Solche gleichmäßigen Klimate können von der modernen Klimatheorie nicht erklärt werden, ohne auf extreme CO₂-Werte und unplausibel hohe tropische Temperaturen zurückzugreifen. Die Wurzel des Problems des gleichmäßigen Klimas liegt im Paradoxon des geringen Gradienten (Huber & Caballero 2011). Damit die Pole das ganze Jahr über warm sind, wird mehr Energie aus den Tropen benötigt. Da die Pole jedoch das ganze Jahr über warm sind, muss das LTG sehr flach sein, was zu einem geringeren Energietransport führt.

Das Paradoxon ist nur deshalb so offensichtlich, weil, wie wir in den Teilen III bis V gesehen haben, der Planet umso kälter wird, je mehr Energie zu den Polen geleitet wird, so dass es eigentlich der niedrige Gradient war, der den Planeten und die Pole während gleichmäßiger Klimaepochen warm hielt. Der Planet befindet sich seit 34 Mio. Jahren in der späten känozoischen Eiszeit, weil er am Winterpol Wärme von zwei gigantischen Kühlern abzieht. Im frühen Eozän wurde der Wärmeverlust am Winterpol durch eine intensive Wolken-, Nebel- und Wasserdampf-GHE während der Polarnacht begrenzt. Warme polare Bedingungen waren nicht das Ergebnis von mehr Wärmetransport aus dem tropischen Bereich. Der Übergang vom gleichmäßigen Klima des frühen Eozäns zum Eishausklima des Pleistozäns lässt sich durch Veränderungen des MT erklären, die zu einem Anstieg der zu den Polen gerichteten Energiemenge führten.

Im frühen Eozän (52 Mio. Jahre) war die Weltgeographie sehr günstig für die zonale Zirkulation. Es gab einen gut entwickelten zirkumglobalen Seeweg, der durch das Tethysmeer, die Panamapassage und die Indonesische Passage gebildet wurde (Abb. 6.8a). Die Verbindungen zur Arktis verliefen durch Flachwasserseewege und über Kontinente hinweg, was den MT in Richtung einer ganzjährig warmen Arktis über dem Gefrierpunkt stark einschränkte. Der MT in Richtung Antarktis war ungehindert, aber sie war eisfrei und von Vegetation bedeckt, mit einem stärkeren GHE aufgrund von reichlich Wasserdampf und Wolken sowie aufgrund der globalen warmen Bedingungen.

Die Arktische Pforte zwischen dem Nordatlantik und dem Arktischen Ozean begann sich um 55 Ma zu öffnen und ermöglichte einen erhöhten MT in Richtung Nordpol (Abb. 6.8c roter Kasten; Lyle et al. 2008). Diese Öffnung wurde als Ursache für die lange eozäne Abkühlung vorgeschlagen (Vahlenkamp et al. 2018). Als sich der Planet abkühlte, vertiefte sich das LTG und trieb mehr Energie in Richtung beider Pole, was eine positive Rückkopplung zur globalen Abkühlung darstellte. Das Tasmanische Tor öffnete sich zwischen 36 und 30 Ma. Um 34 Ma fielen mehrere Schieftands-Schwingungen mit geringer Amplitude in einer sehr ungewöhnlichen Konfiguration zusammen (Abb. 6.8d, Kasten), die 200 kyr lang kühle Sommer begünstigten. Die Antarktis hatte bereits mehrere Eisschilde in höheren Lagen entwickelt. Ein Kippunkt wurde erreicht, als eine niedrige Exzentrizität das Eiwachstum förderte, während eine niedrige Schräglage das Überleben des Sommereises erleichterte, was die antarktische Vergletscherung in nur 80 kyr auslöste (Coxall et al. 2005). Die Vergletscherung wurde 400 kyr später während einer weiteren Periode geringer Exzentrizität abgeschlossen. Siehe die grauen Streifen in Abb. 6.8d.

Die Antarktis verfügte während des größten Teils des Oligozäns über einen ausgedehnten Eisschild, aber nach dem mitteloligozänen Glazialintervall (ca. 26 Mio. Jahre) und bis zum Ende des mittelmiozänen Klimaoptimums (ca. 14 Mio. Jahre) trat der Planet in eine Warmzeit ein, die offenbar niemand erklären kann. Gleichzeitig brach der CO₂-Gehalt laut Proxies (Beerling und Royer 2011) von 450 auf 200 ppm ein. Siehe

das blaue Dreieck in Abb. 6.8c. Dieses sehr niedrige CO₂-Niveau blieb während des gesamten Zeitraums erhalten, mit Ausnahme der Zeit der Columbia River Flood Basaltströme, die zum Zeitpunkt des CO₂-Höchststandes bei 16-15 Ma stattfanden. Während der Warmzeit vom späten Oligozän bis zum mittleren Miozän erklären die CO₂-Veränderungen also nicht die Temperaturveränderungen. Neuere Forschungen deuten darauf hin, dass der größte Teil dieses Zeitraums durch ein stark reduziertes LTG gekennzeichnet war (Gutián et al. 2019), was auf einen reduzierten MT hinweist.

Die Drake-Passage öffnete sich zu Beginn dieser Warmzeit, zwischen 30 und 20 Ma (Lyle et al. 2008), und ermöglichte die Entwicklung des antarktischen Zirkumpolarstroms und des Südlichen Annularmodus'. Die klimatische Isolierung der Antarktis muss den MT der Wärme aus den Tropen behindert haben, was zu einer regionalen Abkühlung führte, doch global gesehen erwärmte sich der Planet aufgrund des verringerten MT, und obwohl das Eisschild der Antarktis weiterhin existierte, trat es in eine lange Periode ein, in der es entsprechend den orbitalen Veränderungen zu- und abnahm (Liebrand et al. 2017). Als sich der Planet erwärmte, entwickelte die isolierte Antarktis also einen wärmeren und wechselhafteren Zustand als während des mittleren Oligozäns. MT-Änderungen können die mehrere Millionen Jahre dauernde Erwärmung vom späten Oligozän bis zum mittleren Miozän innerhalb der langfristigen känozoischen Abkühlung erklären.

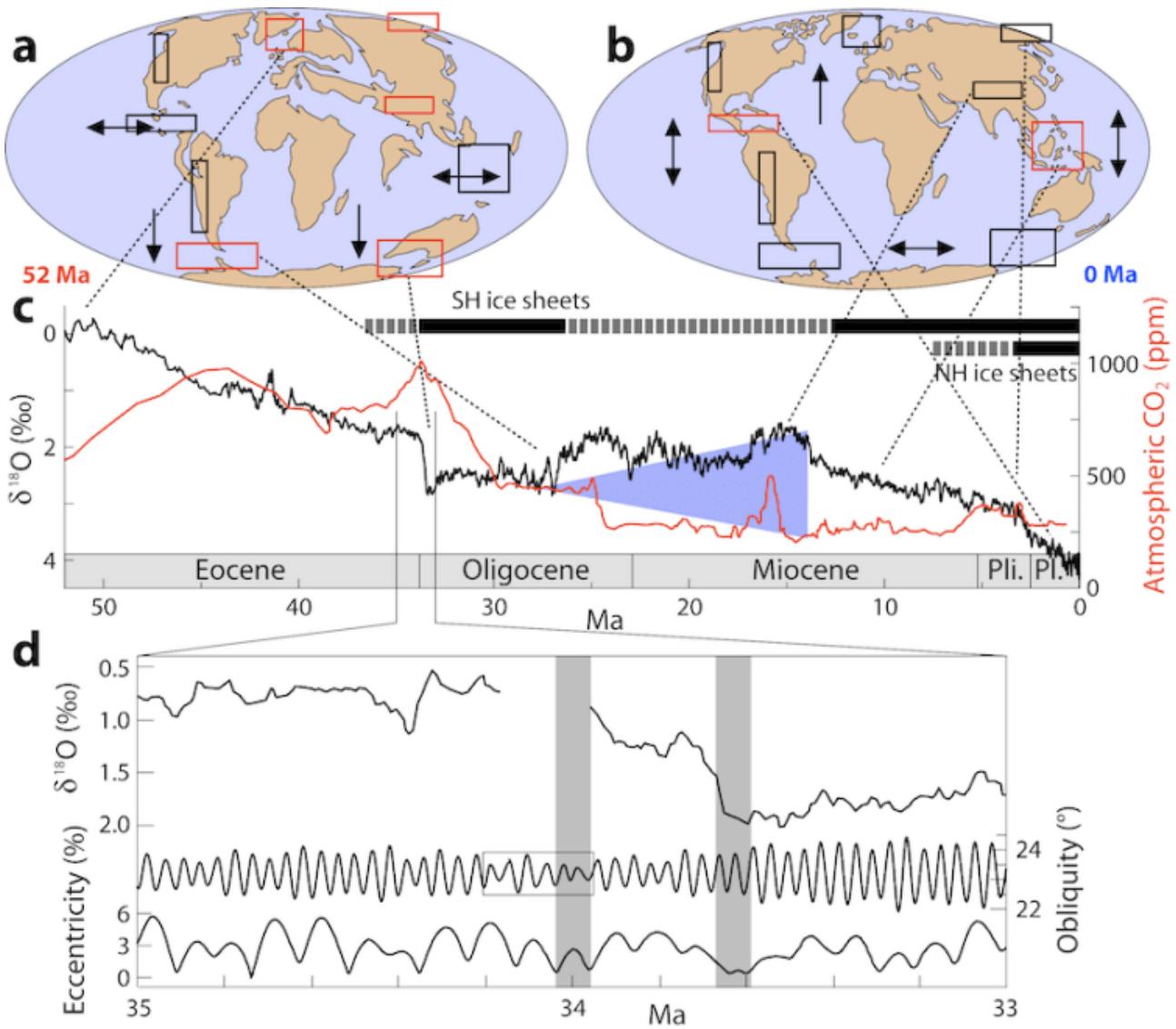


Abb. 6.8. Meridionaler Transport als Hauptdeterminante für die Klimaentwicklung.

Tafel (a) in Abb. 6.8 zeigt, wie Gebirgszüge und Ozeantore den meridionalen Transport im Känozoikum beeinflussen. Schwarze Kästen zeigen die aktiven, gut entwickelten geologischen Merkmale, die den Meridionaltransport beeinflussen. Rote Kästen zeigen Merkmale, die sich in der Entwicklung befinden. Vertikale Pfeile zeigen an, dass der meridionale Transport (globale Abkühlung) begünstigt wird, und horizontale Pfeile, dass der zonale Transport (globale Erwärmung) begünstigt wird.

In Abb. 6.8 (b) sehen wir, dass die Welt des Pleistozäns bedeutende geologische Merkmale entwickelt hat, die den meridionalen Transport begünstigen. Der Himalaya erreichte seine heutige Höhe vor etwa 15 Mio. Jahren. Die indonesische Passage ist immer noch offen, aber seit etwa 11 Mio. Jahren gibt es erhebliche Einschränkungen. Die Beringstraße ist seit etwa 5,3 Mio. Jahren offen, während die Panamapassage seit etwa 3 Mio. Jahren vollständig geschlossen ist. Die Abbildung ist nach Lyle et

al. 2008. Rote Kästen zeigen geologische Veränderungen an, die den meridionalen Transport beeinflussen.

In Abb. 6.8, Feld (c) zeigt die schwarze Kurve globale $\delta^{18}\text{O}$ -Daten aus der Tiefsee als Proxy für Temperatur und Kontinentaleis. Wenn der obere Balken voll ist, repräsentiert er ein Eisvolumen von mehr als 50 % des heutigen Volumens, und wenn er gestrichelt ist, ist das Eisvolumen $\leq 50\%$. Die Abbildung ist nach Zachos et al. 2001. Die rote Kurve zeigt durchschnittliche CO₂-Daten nach Beerling & Royer 2011. Das blaue Dreieck zeigt eine Erwärmung von 14 Myr, während die CO₂-Werte abnehmen.

In Tafel (d) zeigen hoch auflösende $\delta^{18}\text{O}$ -Änderungen im Kalzit benthischer Foraminiferen (schwarz), dass die Vergletscherung der Antarktis schneller als bisher angenommen und in zwei Schritten stattfand. Der Kasten markiert eine Periode mit geringer Schräglage und Amplitudenschwankungen. Die grauen Balken sind Perioden mit geringer Exzentrizität während der antarktischen Vergletscherung. Diese Tafel ist nach Coxall et al. 2005.

Änderungen des globalen MT-Zustandes erklären leicht die Klimaänderungen, die vom frühen Eozän bis zum späten Pliozän stattfanden, die CO₂-Änderungen aber nicht. Die Isolierung der Antarktis durch die Öffnung der Tasman- und Drake-Passage war schlecht für die Antarktis, aber gut für den Planeten, da sie den Energieverlust am Südpol durch die Schaffung einer starken zonalen Zirkulation um die Antarktis begrenzte. Infolgedessen erwärmt sich der Planet. Auch heute noch geht in der Südpolregion trotz viel niedrigerer Temperaturen und einer steileren LTG weniger Energie verloren als in der Arktis (Peixoto & Oort 1992). Seit dem frühen Miozän gab es eine Reihe von Ereignissen, die den Planeten in Richtung seines heutigen strengen Eishausklimas trieben. Die Arktische Pforte öffnete sich weiter, und um 17,5 Millionen Jahre herum vertiefte sich die Framstraße so weit, dass eine Tiefenwasserzirkulation möglich wurde (Jakobsson et al. 2007). Der Himalaya erreichte seine heutige Höhe vor etwa 15 Mio. Jahren, die Indonesische Passage wurde in 11 Mio. Jahren erheblich eingeschränkt, die Beringstraße öffnete sich in etwa 5,3 Mio. Jahren, und die Panamapforte schloss sich in etwa 3 Mio. Jahren (Lyle et al. 2008). Das Ergebnis war ein Wandel von einem Planeten mit zonaler Zirkulation (Abb. 6.8a) zu einem Planeten mit meridionaler Zirkulation (Abb. 6.8b), bei dem mehr Energie von den Polen verloren geht.

6.8 Epilog

Das Klima ist eines der komplexesten Phänomene, die Gegenstand einer populärwissenschaftlichen Debatte sind. Feynman (1981) sagte einmal über die Wissenschaft, dass:

„Wir wissen nicht, was wahr ist, wir versuchen, es herauszufinden, alles ist möglicherweise falsch.“ – Feynman (1981)

Dies gilt insbesondere für die Klimawissenschaft, ein sehr langfristiges Phänomen, bei dem ein großer Teil der entscheidenden Daten erst seit einigen Jahrzehnten verfügbar ist. Wie unausgereift die Klimadaten sind, zeigt sich an den regelmäßigen Änderungen der Temperaturdaten, die die registrierte Erwärmung im Laufe der Zeit stets erhöhen, obwohl sie auf denselben ursprünglichen Daten beruhen.

Als Beispiel zeigt Abb. 6.9 drei verschiedene Veröffentlichungen der globalen Temperatur-Datensätze des Hadley Centre des Met Office über die letzten 10 Jahre (HadCRUT 3, 4 & 5) für den Zeitraum 1997-2014 (13-Monats-Mittelwerte). Während HadCRUT 3 keine steigende Tendenz aufwies, zeigte jede Wiederholung einen stärkeren Trend, und die Änderungen führten zu einer zusätzlichen Erwärmung von fast $0,2^{\circ}\text{C}$ in nur 17 Jahren auf der Grundlage derselben Rohdaten. Das gibt der vom Menschen verursachten Erwärmung eine neue Bedeutung. Am Ende dieses Zeitraums liegen die älteren Datensätze außerhalb der Konfidenzgrenzen der neuesten, so dass diesen Grenzen kein Vertrauen geschenkt werden kann. Wir wissen nicht einmal, wie stark sich der Planet über einen so kurzen Zeitraum erwärmt hat, geschweige denn über das letzte Jahrhundert.

Wissenschaftliche Studien, die auf der Grundlage dieser Daten durchgeführt werden, verfallen in dem Moment, in dem die alten Daten periodisch überholt und veraltet sind. Dies ist eine beispiellose Situation in der Wissenschaft, einem systematischen Unternehmen, das sich auf solide, nicht auf fluide Daten stützt. Die Abhängigkeit der Klimawissenschaft von Computermodellen führt zu einem ähnlichen Effekt, da auch sie veralten und jedes Mal ersetzt werden, wenn ein neues „verbessertes“ Modell herauskommt. Sobald die neuen Modelle herauskommen, werden die alten Projektionen und die „Erkenntnisse“, die sie einst stützten, ungültig.

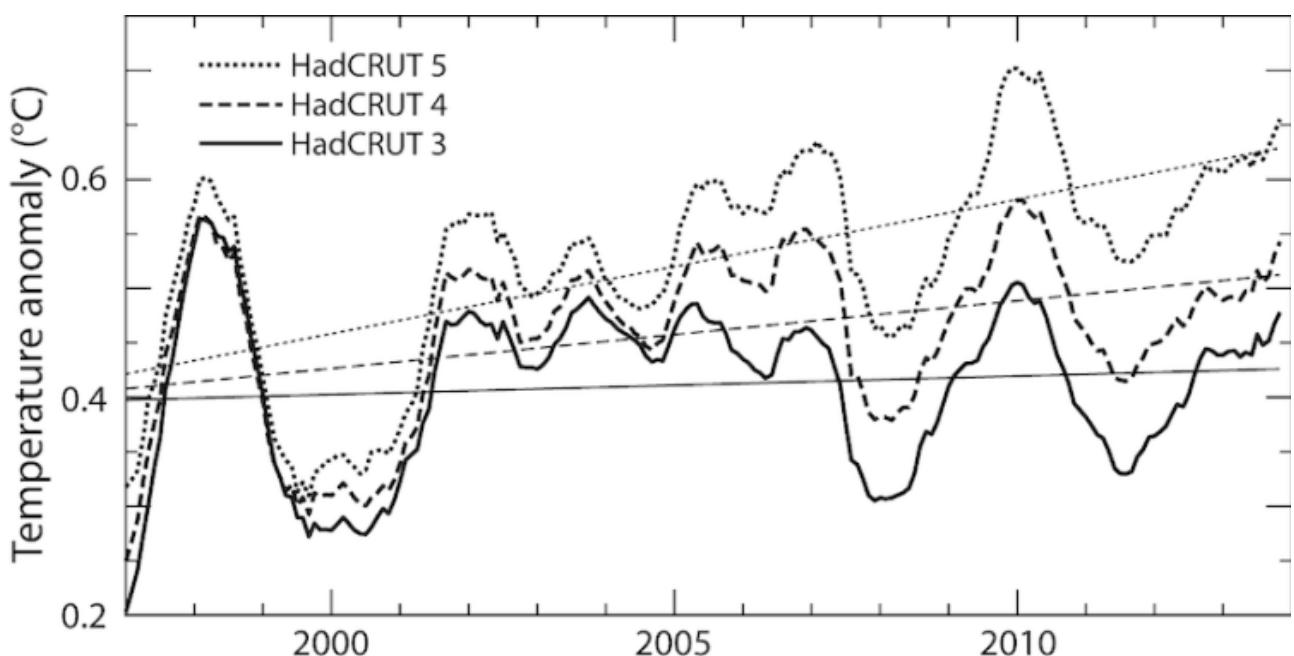


Abb. 6.9. Drei Temperaturrekonstruktionen aus denselben Temperaturdaten.

Zu der Graphik: Bei allen handelt es sich um 13-monatige zentrierte Mittelwerte der monatlichen globalen durchschnittlichen Temperatur-Anomalien aus drei Datensätzen für den Zeitraum von Juli 1996 bis Mai 2014. Die HadCRUT-3-Daten sind als dicke, kontinuierliche Kurve mit einem Least-Squares-Trend (dünne, kontinuierliche Linie) dargestellt. Die HadCRUT 4.6-Daten sind als dicke gestrichelte Kurve mit einem Least-Squares-Trend als dünne gestrichelte Linie dargestellt. Die HadCRUT 5.0-Daten sind als dicke gepunktete Kurve dargestellt, mit einem Least-squares-Trend als dünne gepunktete Linie. Die Daten stammen alle vom Hadley Centre des britischen Met Office.

Zweifellos beschäftigt diese Situation die Klimaforscher, da die Studien immer wieder mit neuen Daten und Computermodellen durchgeführt werden müssen. Die sich ständig weiter entwickelnden Modelle und die ständig steigenden Temperaturtrends tragen nicht dazu bei, das Ansehen der Klimastudien unter den seriöseren Wissenschaften zu verbessern, in denen die Wiederholung vergangener Experimente das gleiche Ergebnis liefert.

Die moderne Klimawissenschaft hat sich ohne Protest vom Aktivismus anstecken lassen. Aktivistische Klimawissenschaftler erweisen der Wissenschaft einen großen Bärenhund, indem sie Karl Poppers Ziel der objektiven Erkenntnis aufgeben und es zulassen, dass sie sich emotional auf ihr Thema einlassen und mit einem bestimmten Ergebnis verbunden werden. Die Geschichte der Wissenschaft ist nicht freundlich zu Wissenschaftlern, die sich zu fehlgeleiteten Dienern sozialer oder politischer Ziele machen lassen. Der Lysenkoismus und die Eugenik fallen mir als dunkle Beispiele ein. Joel Hildebrand (1957) sagte über die wissenschaftliche Methode:

„Es gibt keine Regeln, sondern nur die Grundsätze der Integrität und Objektivität, wobei jede Autorität außer derjenigen der Tatsachen abgelehnt wird.“ – Joel Hildebrand (1957)

Die Frage ist: Erfüllt die Forschung in der Klimawissenschaft die Standards der wissenschaftlichen Objektivität? Dies ist für die öffentlichen Debatten über Wissenschaft und Wissenschaftspolitik zunehmend wichtig (Tsou et al. 2015).

In dieser Serie haben wir einige der Beweise dafür vorgestellt, dass die Sonnenaktivität einen übermäßigen Einfluss auf den Klimawandel hat, zusammen mit einem Erklärungsvorschlag für den beobachteten Effekt. Die wissenschaftliche Literatur ist voll von zusätzlichen Beweisen für einen solaren Effekt auf das Klima. Diese Beweise zu leugnen, kann den Fortschritt in der Klimawissenschaft nur verzögern. Die Suche nach einem Sonnen-Klima-Effekt hat zu dem unerwarteten Ergebnis geführt, dass der modernen Klimatheorie eine entscheidende Komponente fehlt. Änderungen des polwärts gerichteten Energietransports bewirken, dass der Planet seinen Klimazustand ändert. Er scheint der Hauptantrieb für den Klimawandel zu sein.

Im Gegensatz zu der allgemeinen Annahme wird der Planet wärmer, wenn weniger Energie polwärts transportiert wird. Die Erwärmung des Planeten nach 1850 ist auf eine Verringerung des MT zurückzuführen, gefolgt von der Zunahme der Treibhausgase seit Mitte des 20. Jahrhunderts. Zwar wird sich die globale Erwärmung im größten Teil des 21. Jahrhunderts fortsetzen, doch ist es unwahrscheinlich, dass die Erwärmung zunimmt, sie könnte sogar abnehmen, was fast alle Klimaprojektionen widerlegt. Die jüngste Erwärmung scheint multikausal zu sein und neben den Treibhausgasen auch durch Veränderungen der Sonnenaktivität und des MT verursacht zu werden. Es ist daher sehr unwahrscheinlich, dass die Dekarbonisierung der Wirtschaft irgendeine signifikante Auswirkung auf das Klima haben wird, obwohl sie einen großen Einfluss auf den Transfer von Wohlstand von einigen Akteuren in der Weltwirtschaft zu anderen haben könnte, selbst wenn ihr Gesamteffekt auf die Schaffung von Wohlstand negativ ist.

Anmerkung:

The book "[Climate of the Past, Present and Future: A scientific debate, 2nd ed.](#)" by Javier Vinós will be published on September 20th, and it is now available for pre-orders. [Kobo](#) has a preview inside the eBook. At the time of this writing, both [Barnes & Noble](#) and [Amazon](#) offer the eBook at the discounted price of \$2.99.

References

Glossar/Abkürzungen

Die vorherigen Teile dieser Serie stehen hier:

[Part 1: The Search for a solar signal.](#) [\[Deutsch\]](#)

[Part 2: Solar activity and climate, unexplained and ignored.](#) [\[Deutsch\]](#)

[Part 3: Meridional transport of energy, the most fundamental climate variable.](#) [\[Deutsch\]](#)

[Part 4: The unexplained climate shift of 1997.](#) [\[Deutsch\]](#)

[Part 5: A role for the Sun in climate change.](#) [\[Deutsch\]](#)

This post originally appeared on Judy Curry's website, [Climate, Etc.](#)

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2022/09/04/the-sun-climate-effect-the-winter-gatekeeper-hypothesis-vi-meridional-transport-is-the-main-climate-change-driver/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

Gießen, ländliche Wetterstation: Die Klimaerwärmung findet hauptsächlich tagsüber im Sommer statt...

geschrieben von Chris Frey | 9. September 2022

...Betrachtung der Minimum- und Maximumtemperaturen seit 1988

Matthias Baritz, Josef Kowatsch

Nach der Wärmeinsel München ([hier](#)) soll der Verlauf der Tages- und Nachttemperaturen an einer eher ländlichen Station überprüft werden. Obwohl ein Stationswechsel bei Gießen stattfand, sind die Auswirkungen unerheblich, da wir diese Station mit sich selbst vergleichen.

Wir gehen von folgender Überlegung aus: Wäre – wie von den Klimafolgenwissenschaftlern behauptet – CO₂ die alleinige Erwärmungsursache, dann müsste die Trendlinie von T-Max und T-Min im Betrachtungszeitraum 1988 bis heute dieselbe Steigung haben, denn bekanntlich würde der Treibhauseffekt am Tage und in der Nacht **wirken**.

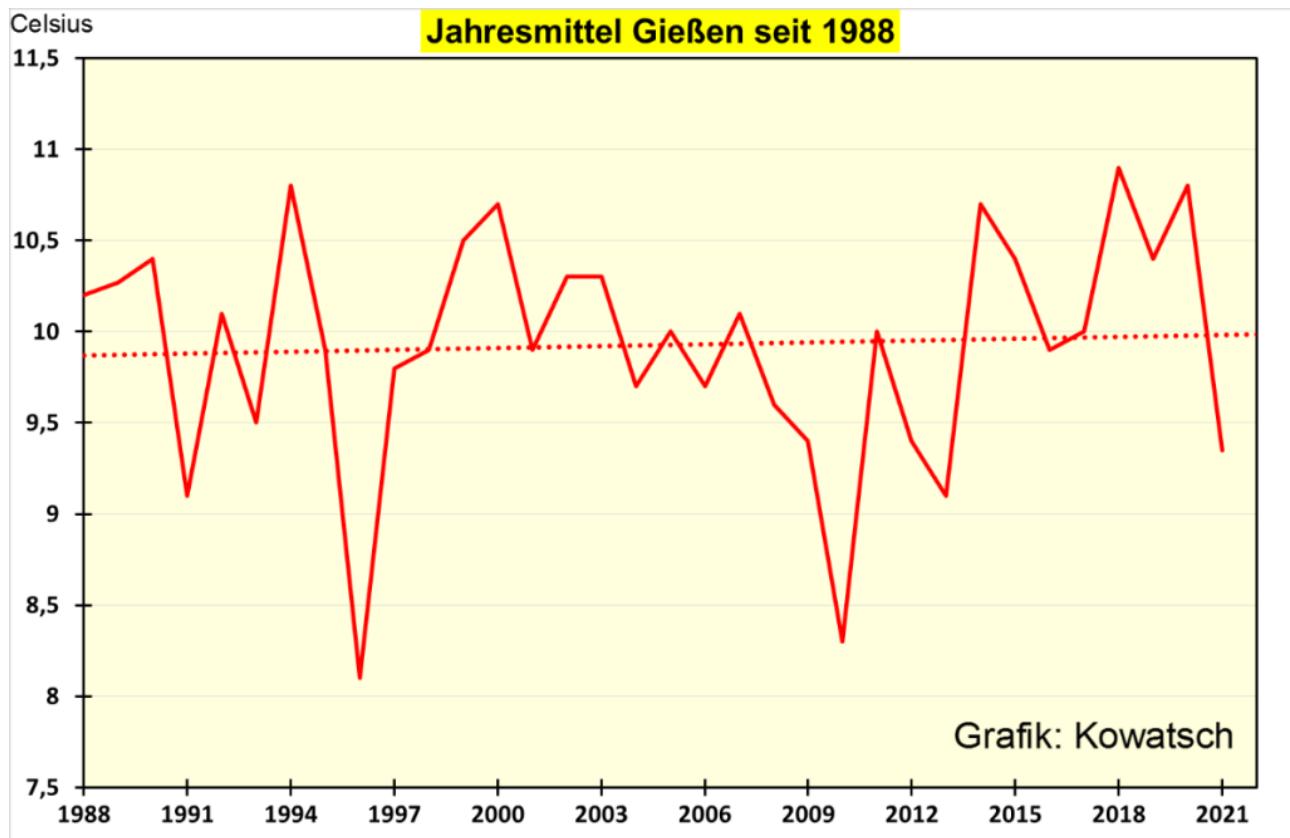
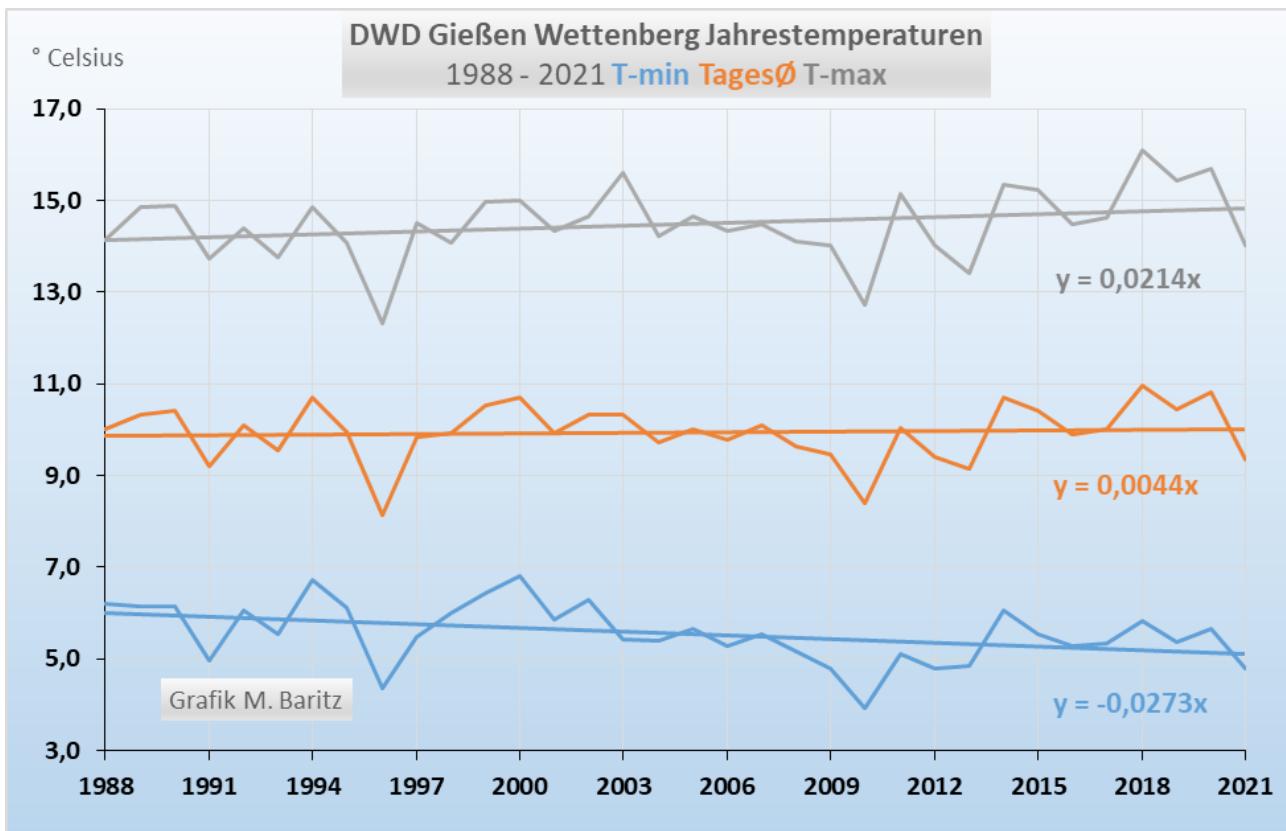


Abb.1: Leicht steigende Jahrestemperaturen auch im ländlichen Raum außerhalb der Stadt. Es ist anzunehmen, dass die Steigung ohne Stationsversetzung etwas steiler wäre.

Wie erwartet zeigt die ländliche Station Gießen fast keine Jahreserwärmung. Laut CO₂-Treibhausgläubigen dürfte die leichte Ortsversetzung gar nichts ausmachen, da nach ihrer irrigen Auffassung die Temperaturen allein durch CO₂ bestimmt werden und die CO₂-Konzentrationen sind nun mal an beiden Standorten gleich. Und fehlgeleitete Klimafolgenforscher vom PIK behaupten sogar, dass der DWD bei allen Daten seiner 2000 Wetterstationen bei einer Ortsversetzung eine Wärmeinsel-Effekt Bereinigung durchführen würde

Unsere Aufgabenstellung ist jedoch eine andere. Wir wollen die Maximum- und Minimumtemperaturen dieser eher ländlichen Station betrachten. Der obere Graph stellt jeweils **T_{max}**, der untere **T_{min}** dar. In der Mitte der jeweilige Tages-, Monats- oder Jahresschnitt. Zur besseren Übersicht haben wir bei allen weiteren Grafiken die Farben gleich gewählt.



Grafik 2: T_{\max} hat stark zugenommen, während T_{\min} sogar abgenommen hat

Ergebnis: Maximum- und Minimumtemperaturen verhalten sich völlig unterschiedlich. Die Temperaturen tagsüber sind wärmer geworden. Das ist umso überraschender, weil man die Wetterstation doch ab 2005 an diesen vermeintlich kälteren Platz gestellt hat. Die Nächte sind dagegen sind deutlich kälter geworden.

Aber weshalb steigen die Temperaturen nur tagsüber? Eine erste Erklärung liefert die Sonne und die leichte Zunahme der Sonnenstunden im Betrachtungszeitraum

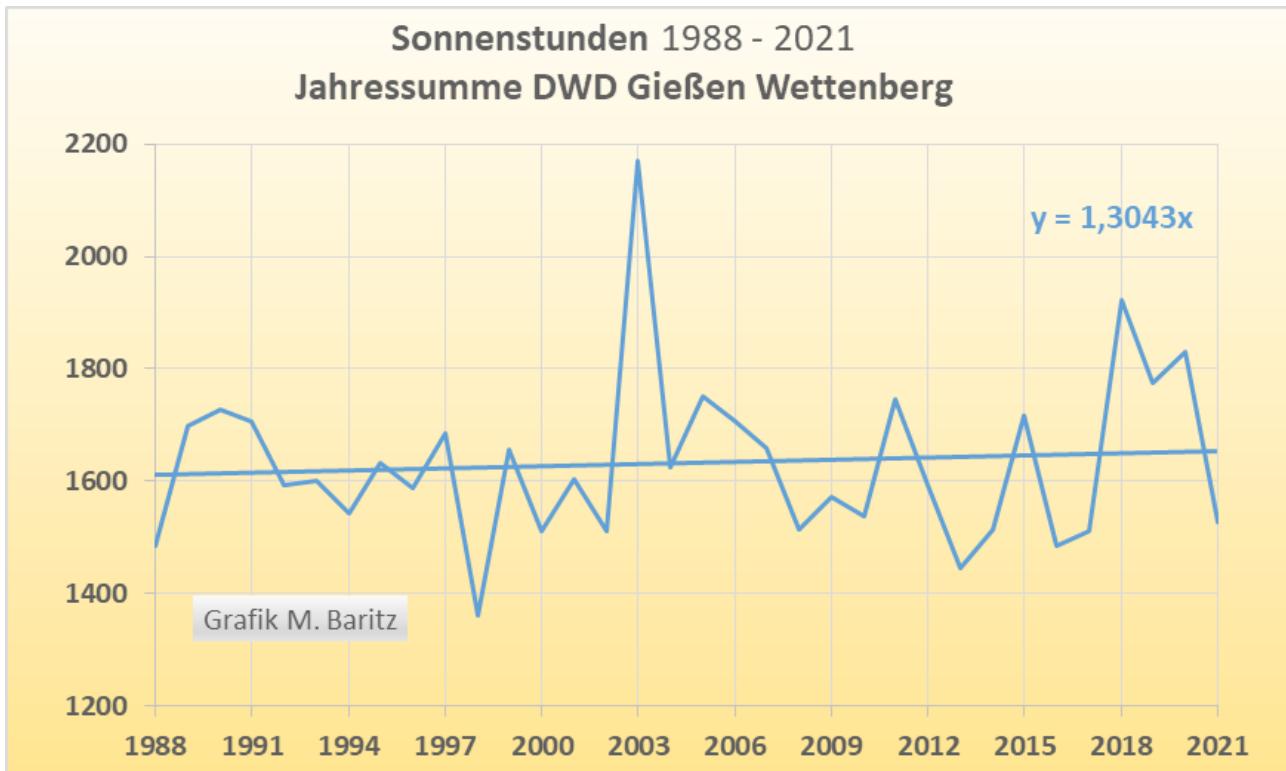


Abb. 3: Die Sonnenstunden haben bei der ländlichen Station Gießen im Jahresmittel zugenommen, damit wurde es auch bei der ländlichen Station wärmer.

Ein Grund für den auseinander laufenden T_{\max} und T_{\min} Verlauf: Die Temperaturen steigen tagsüber deutlich, da die Sonne nur tagsüber einwirkt. Da die Station in der freien Flur steht, fehlt die nächtliche Gebäudeheizung einer Wärmeinselstation wie in München. T_{\min} kann nicht steigen

Betrachten wir zur Verfestigung des Ergebnisses nun einzelne Jahreszeiten

Ländliche, WI-arme Station Gießen: **Jahreszeit Winter.**

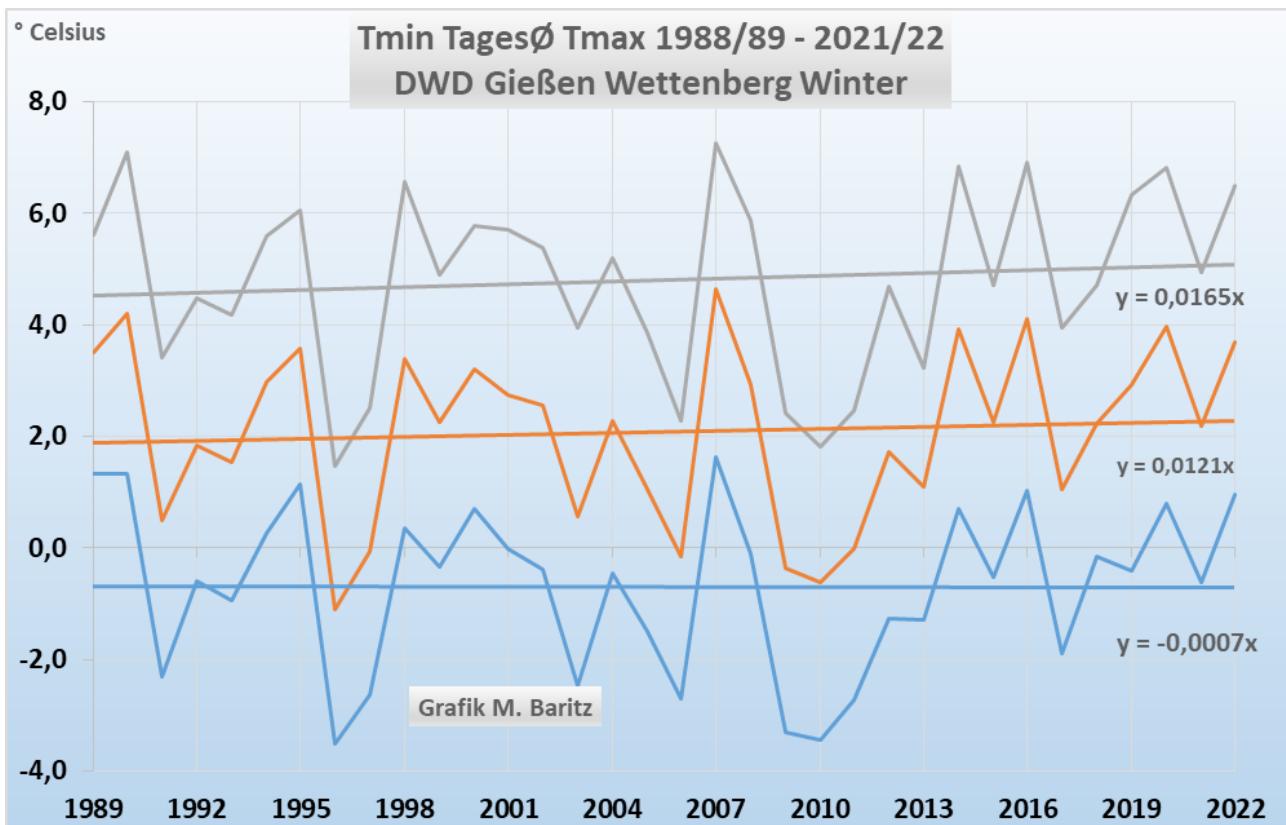


Abb. 4: Die Winter blieben im Betrachtungszeitraum etwa gleich (minimaler Anstieg), kaum Unterschied zwischen Tag und Nacht.

Bei genauer Betrachtung von T_{\min} und T_{\max} erkennen wir aber doch kleine Unterschiede. die T_{\max} tagsüber sind leicht steigend, die nächtlichen Temperaturen bleiben gleich, (minimale negative Steigung) Eine Wärmeinselbeheizung scheidet wegen des Standortes aus, der Standort ist ländlich in freier Flur ohne Umgebungsheizung. Überprüfen wir nun die Sonnenstunden als mögliche Wärmequelle.



Abb. 5: Die Sonnenstunden haben in den drei Wintermonaten sogar abgenommen, sie hätten im Winter aber eh nur eine minimale Wirkung.

Die Sonnenstunden als Erklärung scheiden somit aus. Als einzige Erklärung der leichten Wintererwärmung tagsüber um die Wetterstation Gießen bleiben deshalb nur natürliche Gründe des Klimawandels. Die nördlichen kalten Wetterlagen haben im Betrachtungszeitraum abgenommen, umgekehrt die westlichen und SW-Wetterlagen mit mehr Wolken und mehr Niederschlag zugenommen. Das erklärt auch die Abnahme der Sonnenstunden. Mit den geänderten Wetterlagen strömte wärmere Luft ein.

Weshalb diese aber tagsüber mehr wirkt als nachts, ist uns nicht ohne weiteres ersichtlich.

Ländliche Station Gießen: Jahreszeit Sommer ab 1988

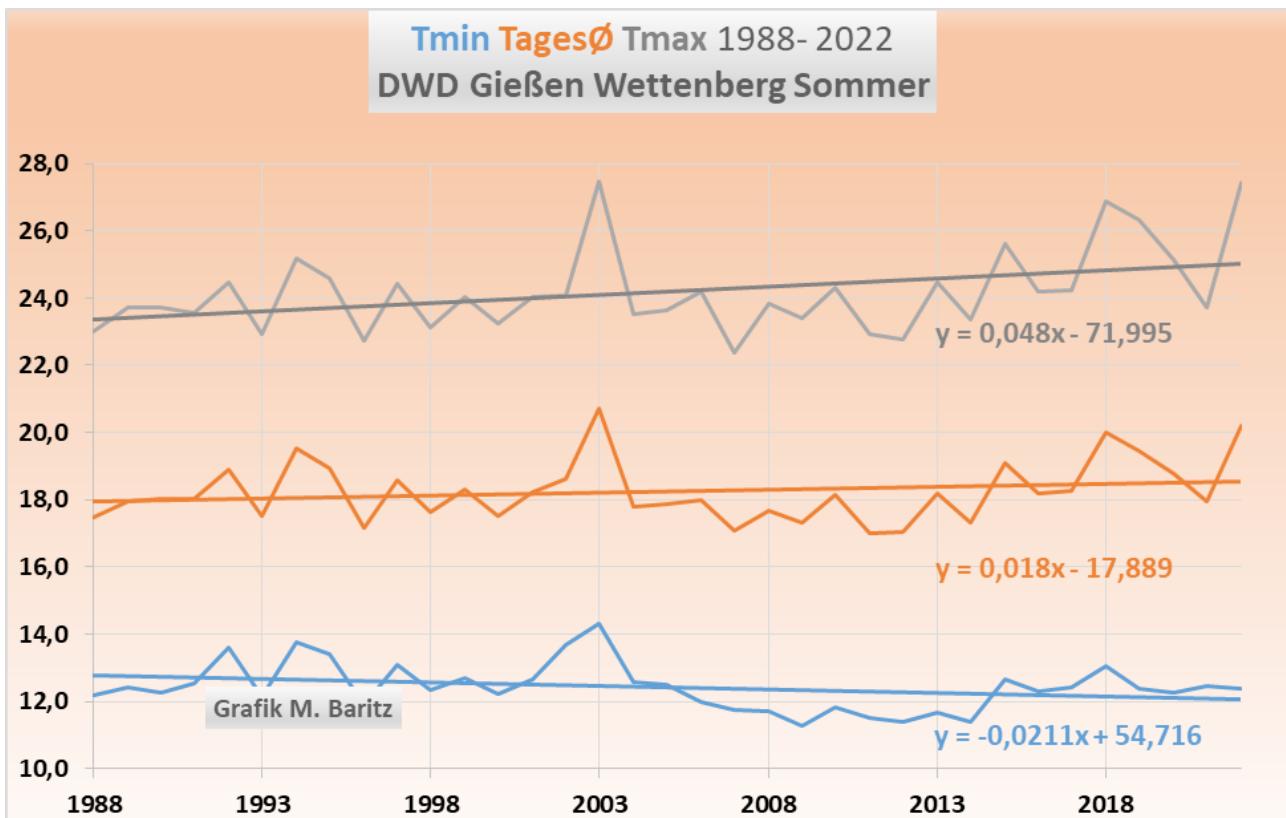


Abb.6: die mittlere Trendlinie zeigt den Temperaturverlauf der 3 Sommermonate in Gießen, die Sommertemperaturen haben leicht zugenommen. Auffallend ist aber das gegenläufige Verhalten von T_{\max} und T_{\min}

Großer Unterschied zwischen T_{\min} und T_{\max} im Sommer: Die nächtlichen Minimumtemperaturen sind deutlich gefallen in den drei Sommermonaten. T_{\max} ist dagegen noch deutlicher gestiegen. Der Gesamtschnitt zeigt einen unbedeutenden Anstieg.

Erklärungsvorschlag: Die Sonne, Jahre mit hoher Sonnenscheindauer wie 2022 ca. 870 h oder 2003 ca. 873 h haben einen deutlich erkennbaren Einfluss auf die Temperaturen (siehe die beiden Spitzen 2003 und 2022).

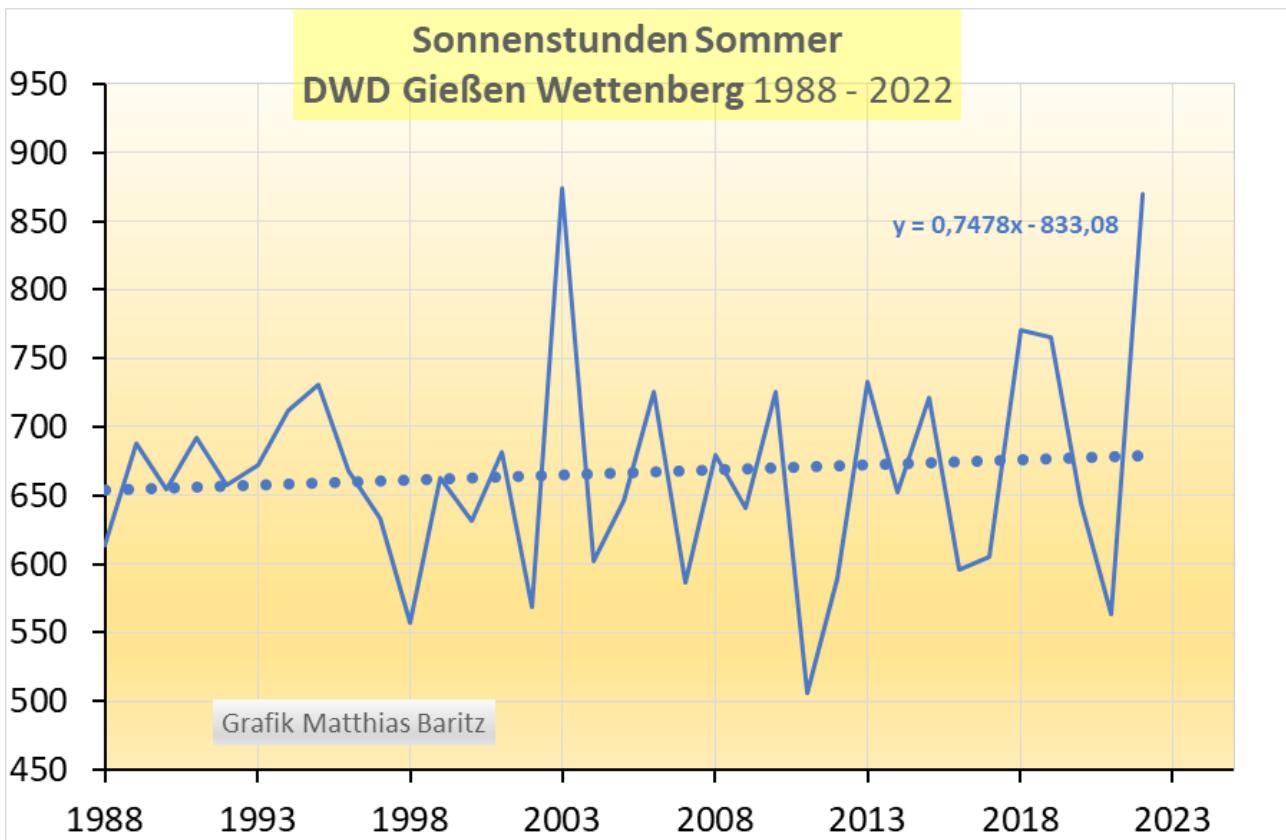


Abb. 7: Die Sonnenstunden haben im Sommer seit 1988 im Raum Gießen leicht zugenommen. (2022 ist geschätzt, da noch keine endgültige Anzahl vorlag)

Damit wäre die leichte Zunahme der Sonnenstunden eine erste Erklärung für den Temperaturanstieg am Tage, doch damit geben wir uns noch nicht zufrieden.

Auf der Suche nach weiteren Erklärungen:

Kohlendioxid? CO₂ scheidet als Erklärungsursache für das völlig unterschiedliche Tmax/Tmin-Sommerverhalten auch aus, es kann nachts nicht kühlend und tagsüber erwärmend wirken.

Wärmeinseleffekt? Diese Station ist doch ländlich. Man muss wissen: ländliche Stationen können trotzdem WI-effekte im Sommer entwickeln, wenn sie eine der drei Bedingungen erfüllen.

In den diversen EIKE-Artikeln konnte gezeigt werden, dass der WI-effekt abhängig ist von:

1. Der Bebauung, also der Flächenversiegelung durch Asphalt und Beton
2. Von der Trockenlegung der Landschaft durch die industrielle Land- und Forstwirtschaft
3. Von der Menge der Niederschläge und den Sonnenstunden.

Da sich die Niederschläge und Sonnenstunden von Jahr zu Jahr stark

unterscheiden, können die Auswirkungen dieses Punktes 3 auf den jährlichen sommerlichen WI-effekt auch für einen ländlichen Standort doch enorm sein, d.h. der WI-effekt eines ländlichen Standortes ändert sich jährlich und ist kein konstanter Wert. Ist das bei Gießen der Fall?

Betrachten wir die genaue Lage der Wetterstation:



Die Wetterstation (gelber Punkt) liegt inmitten einer drainierten trocken gelegten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Auch auf dem rechten Foto ist dieser Zustand deutlich erkennbar. Links des Weges läuft eine Drainageleitung, erkennbar am gelben Streifen bis zum Auto. Rechts des Weges ein Straßengraben, der aus den intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen das Regenwasser sammelt. Im Trockensommer 2022 müsste die Vegetation auch rechts des Weges gelbbraun gewesen sein, eine Steppenlandschaft.

Folgerung: Anhand von Bodentemperaturmessungen konnten wir zeigen, dass die gelbbraunen trockenen Land-Flächen im Juli und August 2022 tagsüber 40°C heiß wurden. Also richtige großflächige Wärmeheizplatten in freier Natur. D.h. diese Wetterstation Gießen an dieser Stelle außerhalb der Ortschaft entwickelte im Sommer 2022 einen hohen Wärmeinseleffekt und im sonnenarmen und regenreicher Sommer 2021 einen viel geringeren WI-effekt. Insbesondere müssten die Unterschiede beim Monat August sehr auffällig gewesen sein.

Überprüfung zwischen beiden Jahren:

Sommertemperaturen Gießen 2021: 18°C , 2022: 20,2°C , Differenz 2,2 K
Augusttemperaturen Gießen 2021: 16,6°C, 2022: 22,0°C , Differenz 5,4 K

Die Grafik zeigt folgenden Augusttemperaturverlauf:

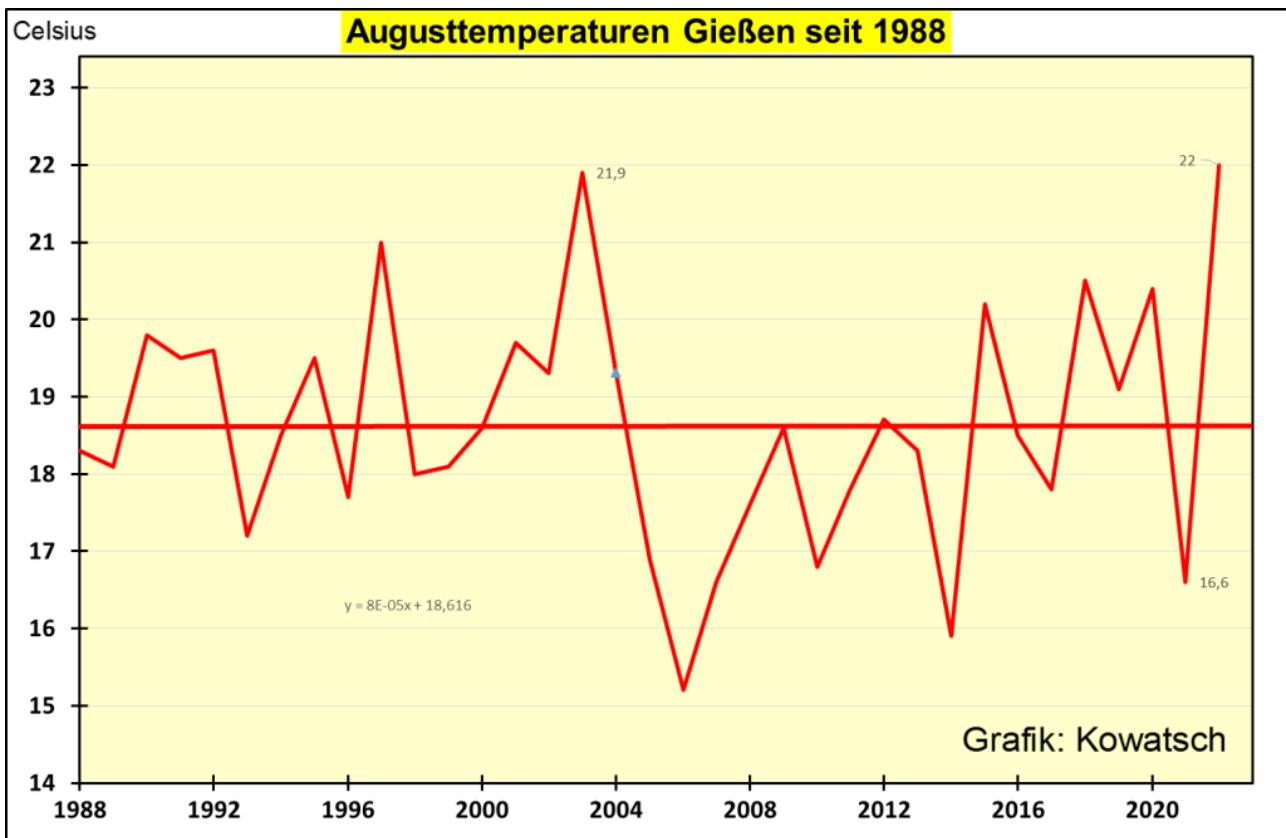


Abb. 8: laut Trendlinie ausgeglichenene Augusttemperaturen. Aber: Die Temperaturunterschiede zwischen dem August 2021 und dem August 2022 sind riesengroß, die Differenz von 5,4 K bei dieser Station dürfte einer der größten aller deutschen Wetterstationen zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Augustmonaten sein.

Zum Vergleich: Die Temperaturdifferenz aller 2000 DWD-Stationen zwischen August 2021 und August 2022 betrug lediglich 3,9 Kelvin.

Auffallend ist weiter, dieser August 2022 war der wärmste August bei der Station Gießen und übertraf sogar den heißen August 2003. Das ist erstaunlich, weil die Wetterstation bis 2005 an einem wärmeren Platz, nämlich am Ortsrand der Stadt stand.

Schließen wir aus, dass keine Veränderungen/Fehler der Messeinrichtungen vorliegen, dann konnten wir bei aller Vorsicht zeigen: Die Wetterstation Gießen ist in trockenen sonnenscheinreichen Sommern an diesem Standort eine ausgeprägte Wärmeinselstation. Sie stand dieses Jahr vor allem Ende Juli und im August inmitten einer 40°C warmen großflächigen Bodenheizplatte.

Und Wärmeinselstationen wie schon bei München zeigen einen Anstieg der sommerlichen Maximaltemperaturen. Die Zahl der heißen Tage nimmt zu.

Und die nächtliche Abkühlung von T_{min}: Durch die fortschreitende Trockenlegung der Landschaft werden die Tage heißer, (fehlende Verdunstungskälte) umgekehrt fehlt nachts zunehmend die einst im Wasser

gespeicherte Tageswärme. Die Tage werden zunehmend heißer, die Nächte sogar leicht kälter.

Frage: Was hat das mit Kohlendioxid zu tun: Antwort: Gar nichts.

Gäbe es den CO₂-Treibhauseffekt in der beschriebenen Größe, dann müssten die Trendlinien von Minimal- und Maximaltemperaturen ziemlich ähnlich sein.

Greifen wir zur Überprüfung unserer Aussagen über den Wärmeinseleffekt den Herbstmonat Oktober heraus. Der Monat war vor Jahrzehnten in der freien Fläche der erste Nebelmonat, weil die Landschaft noch weniger trockengelegt war. Auch die Nähe des Wettenberges (wet=nass) weist auf nasse Böden im Umfeld der Station zum Zeitpunkt der Namensgebung hin.

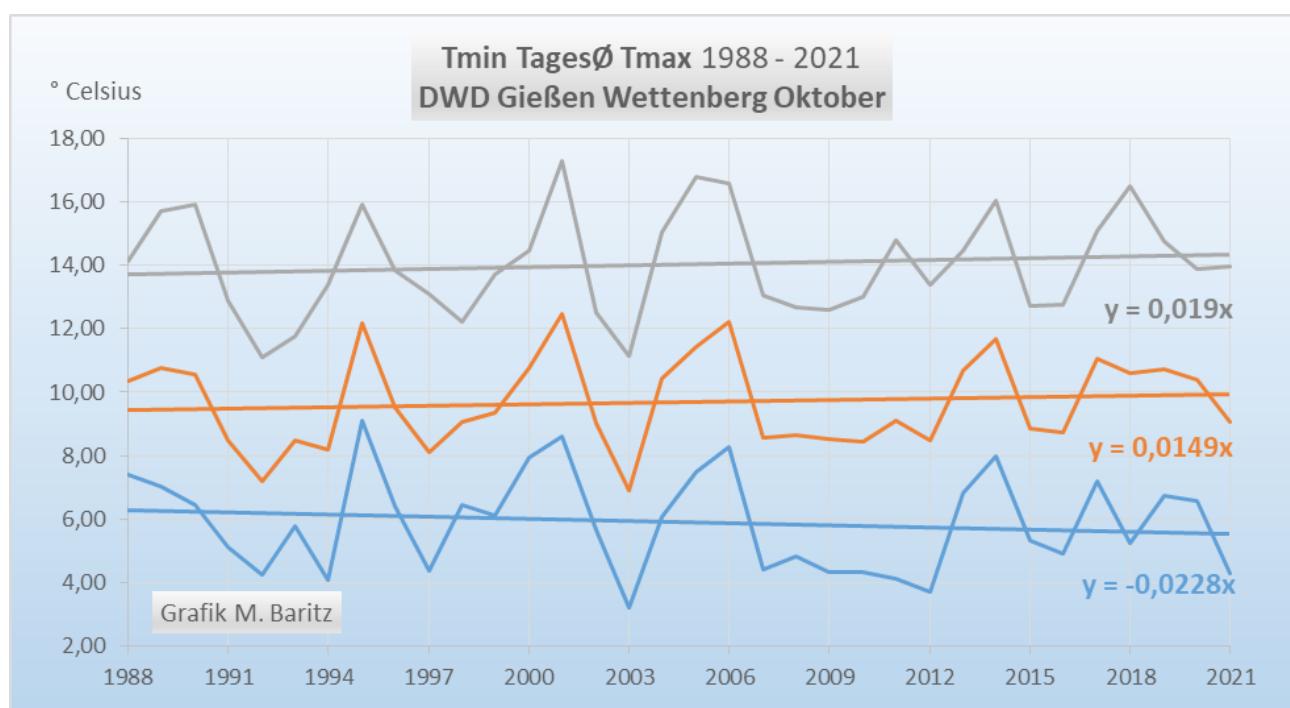


Abb.9: Der Monat Oktober wurde seit 1988 in Gießen minimal wärmer, dabei unterscheiden sich wieder die Minimum- und die Maximumtemperaturen ähnlich wie im Sommer deutlich in ihrer Steigung. Es wurde nur tagsüber, also T_{max} wärmer

Ergebnisse: Die ländliche Wetterstation Gießen könnte man als einen Sonderfall einordnen. In sonnenreichen trockenen Sommern verhält sie sich wie eine ausgesprochene Wärmeinselstation, obwohl sie in der freien Landschaft steht.

Sommer: Die Temperaturen zeigen im Sommer eine deutliche Erwärmung tagsüber. Die nächtlichen Temperaturen verhalten sich gegenläufig. Dieses Erscheinungsbild erklären wir mithilfe des anthropogenen WIEffektes. Die anhaltende Trockenlegung der bäuerlichen Agrarlandschaft erzeugt immer weniger Verdunstungskälte und lässt die Tagestemperaturen

tagsüber steigen. Umgekehrt fehlt in der Nacht die speichernde Wärmekapazität des Wassers, um der nächtlichen Abkühlung entgegen zu wirken. Das ist zugleich ein Beweis der zunehmenden Landschaftsversteppung und der Wüstenbildung im Sommer.

Winter: WI-effekt kaum vorhanden, da die Wetterstation auf freiem, im Winter nassen Feld steht. Keine Gebäudeabwärme seit 2005 mehr. Die leichte Wintererwärmung ist umso überraschender, da die Station die ersten 15 Jahre an einem wärmeren Platz in Stadt Nähe stand. Wir erklären die leichte Winter-Erwärmung sowohl am Tage als auch nachts mit natürlichen Faktoren der Klimaänderungen.

Zusammenfassung:

Mit der Zunahme von Kohlendioxid in der Atmosphäre hat diese allgemeine leichte Jahreserwärmung – siehe Abb.1 – bei der Wetterstation Gießen überhaupt nichts zu tun.

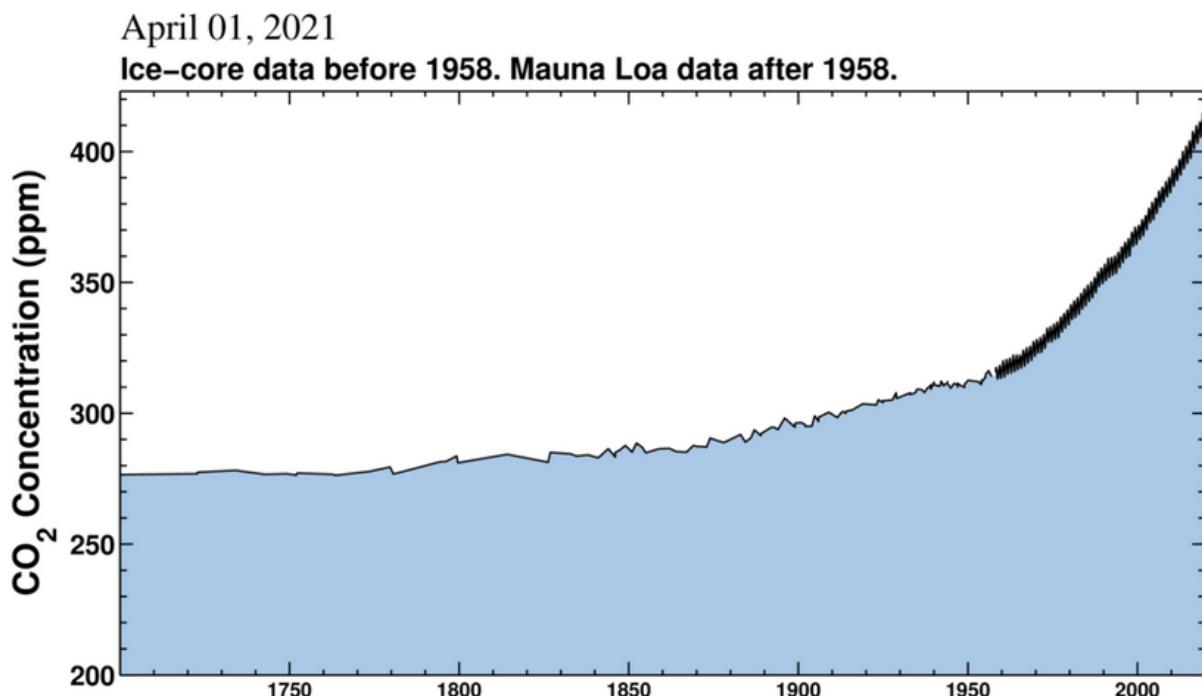


Abb.10: CO₂-Konzentrationskurve der Atmosphäre steigt steil an.

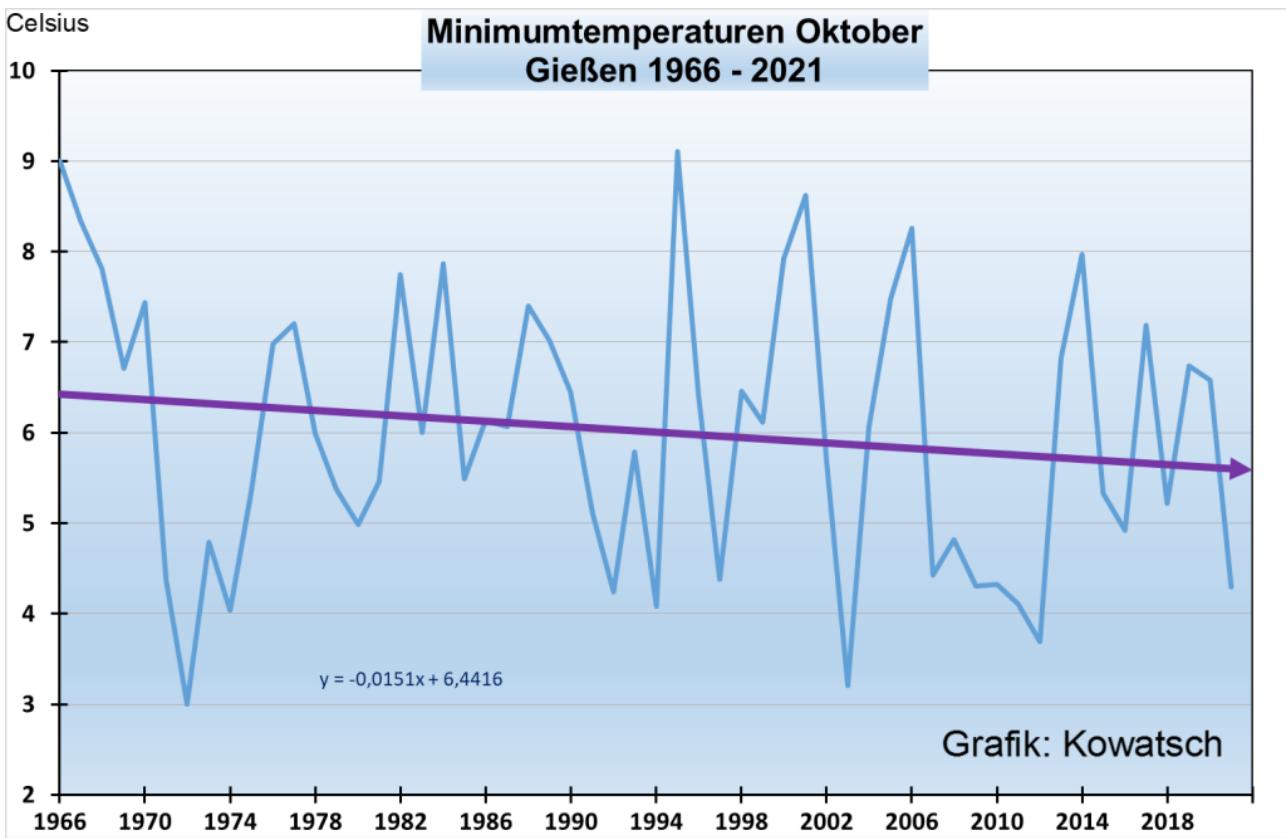


Abb. 11: CO₂ steigt und die Minimumtemperaturen fallen. Das gilt für den Monat Oktober und schon seit über 55 Jahren

Erkenntnisse

1. Ein behaupteter CO₂-Treibhauserwärmungseffekt kann nachts nicht abkühlend wirken und am Tage erwärmend. Weder in den Städten noch auf dem Lande.
2. Damit hätten wir unsere in der Überschrift aufgestellte Behauptung bewiesen. Die Zunahme des Treibhausgases CO₂ hat keinen oder fast keinen Einfluss auf den Temperaturverlauf.
3. Die Klimaerwärmung ab 1988 in Deutschland erfolgte tagsüber und vorwiegend in den Sommermonaten.

Die vier Hauptgründe der Klimaerwärmung seit 1988 sind teils natürlich, aber auch menschenverursacht

- 1) Zunahme der Sonnenstunden, die im Sommer am stärksten wirken und die trockengelegten Deutschlandflächen aufheizen.
- 2) die Änderung der Großwetterlagen, vor allem im Sommer mehr SW-Strömungen.
- 3) die weitere Landschaftsversiegelung durch Bebauung und Ausufern der Städte und Gemeinden, siehe [Versiegelungszähler](#) (derzeit 50 424 km²)
- 4) die anhaltende Trockenlegung und Versiegelung der freien Landschaft. Diese wird im Sommer zu einer großflächigen gelbbraunen Heizplatte.

Unser Fazit an die Politik und die Medien: Hört endlich auf mit der Verteufelung des lebensnotwendigen Kohlendioxids.

Das irdische Leben der Erde ist auf dem Element Kohlenstoff aufgebaut. Deswegen ist die CO₂-Zunahme der Atmosphäre erfreulich. CO₂ ist das Transportmittel für das Lebenselement Kohlenstoff. Das unsichtbare Gas ist ein Düngemittel für alle Pflanzen, führt zu einem beschleunigten Wachstum, steigert die Hektarerträge und bekämpft somit den Hunger in der Welt. Ohne Kohlendioxid wäre die Erde kahl wie der Mond. Das Leben auf der Erde braucht Wasser, Sauerstoff, Kohlendioxid und eine angenehm milde Temperatur.

Unsere Vorschläge gegen die sommerliche Klimaerwärmung in Deutschland und gegen die Zunahme der heißen Tage:

Es wird endlich Zeit, dass Natur- und Umweltschutz in den Mittelpunkt politischen Handelns gestellt werden, und nicht das Geschäftsmodell Klimaschutz mit dem CO₂-Ablaßhandel. Einige Maßnahmen zerstören die Natur und führen zur weiteren Erwärmung.

Aufhören mit der weiteren Betonierung und Asphaltierung, mit der Trockenlegung und Versiegelung einst freier nasser Naturlandschaften. Das Niederschlagswasser muss dort zurückgehalten werden wo er niedergeht. Der Meeresspiegel darf nicht weiter steigen, weil wir unseren Bodenkörper nachhaltig trockenlegen.

Wir brauchen eine Wiedervernässung der Städte und Gemeinden und der deutschen Landschaften. Der Regen muss vor Ort versickern dürfen, der Boden wieder zu einem Schwamm mit hohem Humusanteil werden. Nur so können auch die Grundwasserstände aufgefüllt werden.

Die angeblichen klimabedingten CO₂-Wetterextreme wie Hochwasserüberschwemmungen und Feuersbrünste sind eine Folge der Flächenversiegelung, der weiträumigen Trockenlegungen von Feld, Wald und Flur, eine Folge der Humuszerstörung, aber auch Behördenschlamperei. Oft auch sinnlos von den Medien übertrieben.

Fazit: Man muss lediglich die 92 Sommertage tagsüber kühlen durch Wieder-Vernässung der Landschaft.

Josef Kowatsch, aktiver Naturschützer, unabhängiger Klimaforscher.

Matthias Baritz, Naturwissenschaftler und Naturschützer

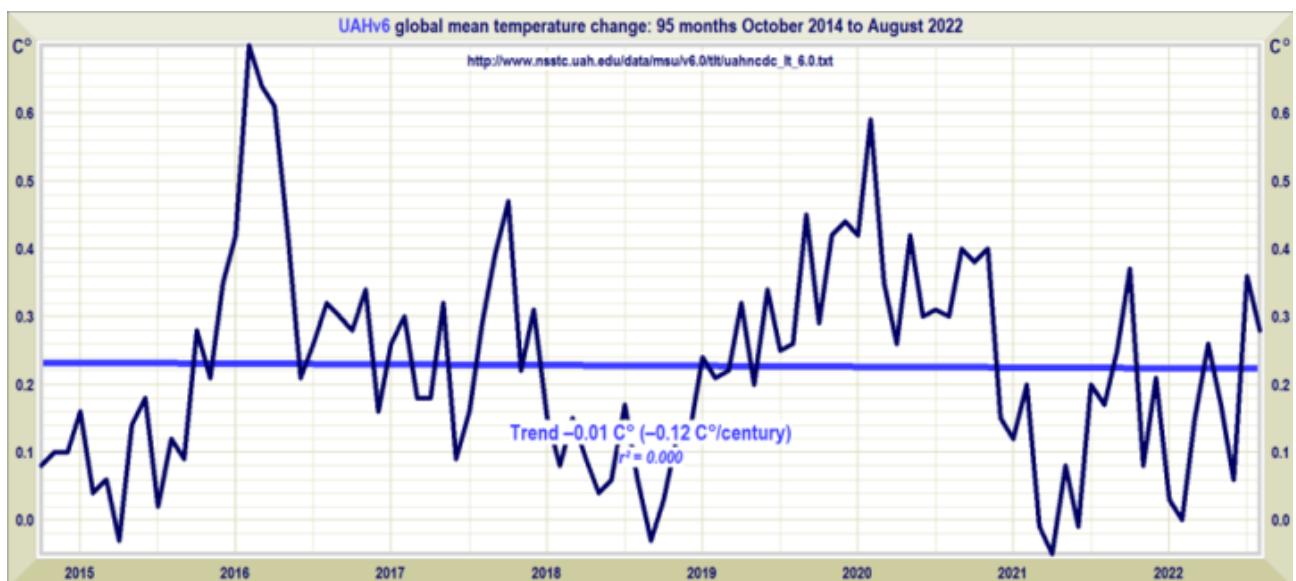
Die neue Pause hält an*

geschrieben von Chris Frey | 9. September 2022

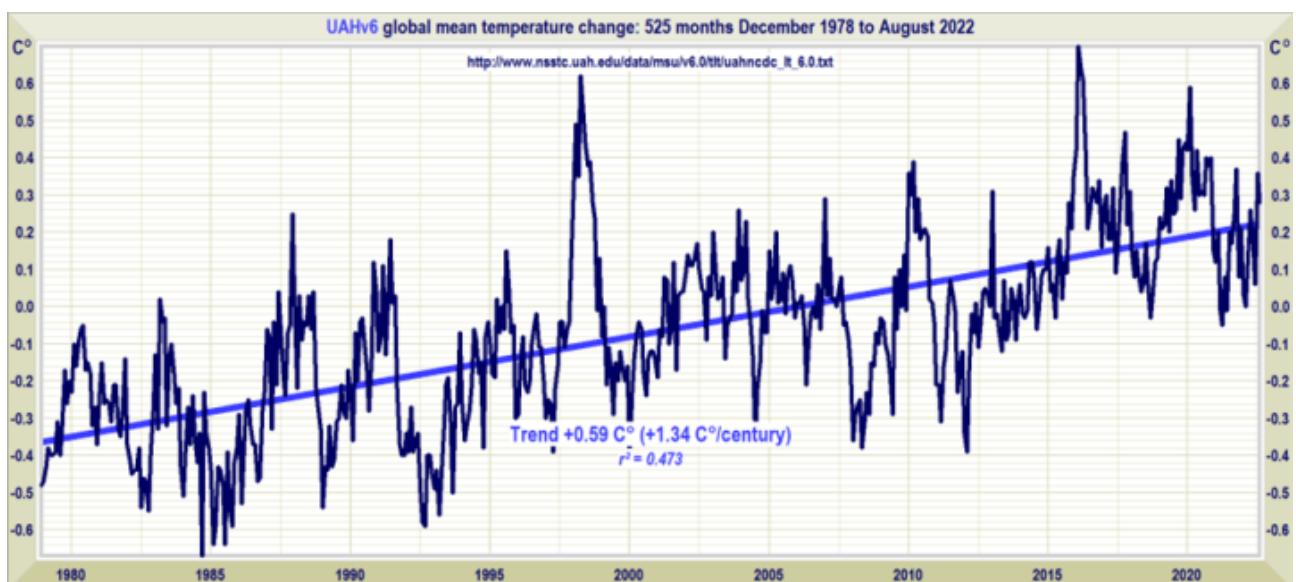
Christopher Monckton of Brenchley

[*Schwer übersetzbare Wortspiel: *The New Pause Pauses*]

Die neue Pause hat eine Pause eingelegt. Wie im Juli, so im August, gibt es laut UAH-Satellitendaten für die untere Troposphäre seit 7 Jahren und 11 Monaten einen Nulltrend bei der globalen Erwärmung:



Der Vollständigkeit halber hier der gesamte Datensatz seit seiner Veröffentlichung im Dezember 1978:



Dazu verfasst Lord Monckton einen Abschnitt, den man in seiner Art kaum passend übersetzen kann. Es geht darin im Prinzip darum, dass das Wetter in UK eben „Sommer“ ist und dass nichts passiert ist, was es nicht

früher auch schon gab – und dass von dem ganzen Klima-Theater nur Herr Putin profitiert:

Woe, woe and thrice woe! [Britain has had Mediterranean weather, and we like it, which is why we holiday there: I am about to give a piano recital in Malta]. Lake Mead is drying up!! [through over-extraction, not global warming]. The whole of Europe, including the customarily rain-sodden United Kingdom, is in the worst drought evaaah!!! [since the medieval warm period]. Rivers are running dry!!!! [nothing new there: it's called summer]. Temperatures are higher than climate scientists ever done thunk!!!! [warming is little more than a third of the originally-predicted rate]. To keep the lights on in London during a recent heatwave, the British grid authority had to pay more than \$11,300 per MWh to Putin's profit!!!!!! [compared with \$30 per MWh at the coal-fired power stations wastefully and needlessly torn down to "Save The Planet"]. And it's all because global heating!!!!!!! [actually weather]. And it's a mast year for oaks!!!!!!! [such heavy crops of acorns occur every few years]. Even the trees are alarmed!!!!!!! [Nope].



Die Grosse Eiche in Harrietsham, Kent, hängt in diesem Mastjahr voller Eicheln.

Es ist nicht die globale Erwärmung. Es handelt sich um regionales

Wetter, das vor allem auf die lang anhaltende La Niña zurückzuführen ist, die nicht unwesentlich zur neuen Pause der globalen Erwärmung in den letzten acht Jahren beigetragen hat, sowie auf eine plötzliche südliche Luftströmung aus der Sahara.

Die Marxstream-Medien* machten unkritisch die globale Erwärmung für die Dürre verantwortlich, genauso wie sie vor einigen Jahren die Überschwemmungen dafür verantwortlich machten. Kommt schon, Genossen – es ist das eine oder das andere, aber nicht beides. In Wirklichkeit sind Überschwemmungen wahrscheinlicher als Dürren, wenn es wärmer wird, weil durch das wärmere Wetter mehr Wasser aus den Ozeanen verdunstet, woraufhin nach der Clausius-Clapeyron-Beziehung die Kapazität des atmosphärischen Raums zur Aufnahme von Wasserdampf mit der Temperatur zunimmt und die Luft befeuchtet wird. Bereits 1981 wurde berichtet (Nicholson et al.), dass die Sahara um 300.000 km² geschrumpft ist, da die feuchtere Luft das Aufblühen von Wüstenrändern in Gebieten ermöglichte, die der Mensch seit Menschengedenken nicht besiedeln konnte.

[*Monckton-Wortspiel. Gemeint sind natürlich die Mainstream-Medien. A. d. Übers.]

Ein weiterer Grund für die anhaltenden Überschwemmungen und Dürren ist, dass die sehr hohen Offshore-Windmühlen, die jetzt zu lähmenden Kosten für die Steuerzahler in Form von Subventionen installiert werden, die laminare Strömung des Windes in Höhen stören, die inzwischen die Höhe der Turmspitze der Kathedrale von Salisbury, der höchsten Großbritanniens, übersteigen, was sowohl Hoch- als auch Tiefdrucksysteme abbremst und zu länger anhaltendem und intensivem Wetter aller Art führt.

Wie lässt sich also am einfachsten nachweisen, dass die globale Erwärmung gering, langsam, harmlos und insgesamt vorteilhaft war, ist und bleibt? Alles, was kompliziert ist, wird entweder die 99 % der Bevölkerung verwirren, die sich mit Gleichungen nicht anfreunden können, oder es den üblichen Verdächtigen ermöglichen, es noch komplizierter aussehen zu lassen, nur um die Verwirrung sicher zu machen.

Wie die wiederholten langen Pausen andeuten, befindet sich das Klima trotz der anhaltenden Störung durch anthropogene Treibhausgase in nahezu perfekter Thermostase, d. h. im Temperaturgleichgewicht. Die wichtigsten sensibilitätsrelevanten direkten Antriebe durch nicht kondensierende Treibhausgase und die wichtigsten indirekten oder Rückkopplungs-Antriebe, insbesondere durch zusätzlichen Wasserdampf in der Luft, wirken auf Zeitskalen von Stunden, Tagen oder höchstens Jahren. Selbst das IPCC räumt dies ein.

Daher können wir eine einfache Schätzung erster Ordnung für die wahrscheinliche Rate der globalen Erwärmung erhalten, indem wir davon ausgehen, dass aufgrund der Tatsache, dass alle sensiblen Einflüsse auf

Zeitskalen von höchstens Jahren wirken, nur eine geringe oder gar keine nicht realisierte globale Erwärmung als Ergebnis unserer vergangenen Emissionssünden in der Pipeline ist. Unter dieser Annahme (die später noch relativiert wird) wird die zu erwartende weitere Erwärmung nicht in erster Linie durch den Einfluss unserer vergangenen Emissionssünden, sondern durch unsere künftigen Emissionen verursacht.

Geht man von einer Sonneneinstrahlung von $1363,5 \text{ W/m}^2$, einer mittleren Oberflächenalbedo von 0,29, einem mittleren Oberflächenemissionsgrad von 0,94 und der Stefan-Boltzmann-Konstante von $5,6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ aus, so ergibt sich nach der Stefan-Boltzmann-Gleichung eine Emissions- oder Sonnentemperatur von 259,58 K in Oberflächennähe, wenn zu Beginn keine Treibhausgase in der Luft vorhanden wären. Das ist die naive Methode, die von den Klimatologen bevorzugt wird, die sowohl die Tatsache ausklammern, dass die Albedo ohne Treibhausgase nur die Hälfte des derzeitigen Wertes von 0,29 betragen würde (weil es keine Wolken gäbe), als auch die etwas entgegengesetzte Tatsache der Hölderschen Ungleichungen zwischen Integralen, die von den Klimatologen allzu oft vernachlässigt wird.

Basierend auf den Änderungen der Treibhausgaskonzentrationen in Meinshausen (2017) und den Formeln für Treibhausgas-Forcings des IPCC (2007, Tabelle 6.2) betrug die direkt erzwungene Erwärmung durch natürlich vorkommende, nicht kondensierende Treibhausgase bis 1850 7,52 K.

Im Jahr 1850 war die Referenztemperatur von 267,1 K (vor Berücksichtigung der Rückkopplung) die Summe von 259,58 und 7,52 K. Die von HadCRUT5 beobachtete Gleichgewichtstemperatur im Jahr 1850 (es würde 80 Jahre lang keinen Trend in der globalen Erwärmung geben) betrug jedoch 287,5 K. Daher betrug der Systemgewinnfaktor – das Verhältnis der Gleichgewichtstemperatur nach der Rückkopplung zur Referenztemperatur davor – im Jahr 1850 287,5 / 267,1 oder 1,0764.

Vergleichen Sie die Systemgewinnfaktoren von 1850 und heute. Seit 1850 ist der HadCRUT5-Wert um 1,04 K gestiegen. Die anthropogene Erwärmung seit 1850 betrug $3,23 \text{ W/m}^2$ (NOAA AGGI). Die Referenz-Sensitivität des Zeitraums war dann das Produkt aus diesem anthropogenen Antrieb des Zeitraums und dem Planck-Parameter $0,3 \text{ K/Wm}^2$, d. h. 0,97 K.

Daher beträgt die heutige Referenztemperatur (die Temperatur vor Berücksichtigung der Rückkopplung) $267,1 + 0,97 = 268,07 \text{ K}$, und die aktuelle Gleichgewichtstemperatur beträgt $287,5 + 1,04 = 288,54 \text{ K}$. Der aktuelle Systemgewinnfaktor beträgt dann $288,54 / 268,07$ oder 1,0764, genau wie im Jahr 1850. Nichtlinearitäts-Anhänger aufgepasst: Auf der Grundlage von Mainstream-Daten aus dem mittleren Bereich ist es möglich, dass die Nichtlinearität der Rückkopplung im Industriezeitalter im Laufe der Zeit gleich Null ist.

Nun könnte man einwenden, dass die Verzögerung der Erwärmung, die durch

die enorme Wärmekapazität und die langsame Umwälzung der Ozeane verursacht wird, nicht berücksichtigt wurde. Diese Verzögerung ist jedoch in den Schätzungen des IPCC bereits weitgehend berücksichtigt, da die wichtigsten Antriebe und Rückkopplungen nur kurzzeitig wirken – über Zeiträume von höchstens Jahren. Tatsächlich hat die wichtigste Rückkopplung – die Wasserdampf-Rückkopplung – nur eine Zeitskala von Stunden.

Außerdem wirkt der Ozean wie jede Wärmesenke als Puffer. Er verzögert die Rückkehr der Erwärmung aus der gemischten Schicht in die Atmosphäre, so dass jede Erwärmung in der Pipeline harmlos über Jahrhunderte bis Jahrtausende verteilt wird.

Die Rückkopplungen im Industriezeitalter werden also nicht mit der Temperatur stärker. Es gilt das Le Chatellier-Prinzip: Es gibt Kontrollen und Gleichgewichte – wie die frühere tropische Nachmittagskonvektion nach Eschenbach mit der Erwärmung oder das Wachstum der antarktischen Eisausdehnung, dito – die dazu führen, dass das Klima nahezu perfekt thermostatisch bleibt.

Selbst wenn also der anthropogene Treibhausgasantrieb in den nächsten 78 Jahren weiterhin nahezu geradlinig mit einer Rate von etwa 0. 033 Watt pro Quadratmeter und Jahr weitergehen würde, die in den letzten drei Jahrzehnten vorherrschte (NOAA AGGI), wäre die Referenztemperatur im Jahr 2100 die heutige Temperatur von 268,07 K plus $(78 \times 0,033 \times 0,3) = 268,85$ K. Wendet man den bisher konstanten Systemgewinnfaktor 1,0764 an, so ergibt sich für das Jahr 2100 eine Gleichgewichtstemperatur von 289,4 K.

Die Quintessenz ist, dass wir für den Rest dieses Jahrhunderts bis 2100 vielleicht nur $289,4 - 288,5 = 0,9$ K mehr Erwärmung erwarten können. Das ist nicht gerade planetarisch bedrohlich. Und das auf der Grundlage mittlerer Mainstream-Daten, die darauf hindeuten, dass sich – ganz so, wie man es a priori von einem durch die Atmosphäre und den Ozean begrenzten System erwarten würde – der Systemgewinnfaktor, das Maß für die Stärke aller auf das Klimasystem wirkenden Rückkopplungsprozesse, bei einer sehr geringen direkten Erwärmung nicht verändert hat und sich im Industriezeitalter nicht verändern wird.

Die Klimatologie irrt sich in ihrer elementaren Steuerungstheorie, indem sie die Tatsache vernachlässigt – die zwar einige Trolle in den Kommentaren ärgert, aber dennoch objektiv wahr ist – dass die zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehenden Rückkopplungsprozesse zwangsläufig auf jedes Kelvin der dann herrschenden Referenztemperatur gleichermaßen reagieren müssen. Rückkopplungen reagieren nicht nur auf den winzigen Bruchteil der Referenztemperatur, der direkt durch Treibhausgase erzwungen wird.

Der Fehler der Klimatologie hat viele schwerwiegende Konsequenzen. Nicht die geringste davon ist die Vorstellung, dass man einzelne

Rückkopplungsstärken sinnvollerweise in Watt pro Quadratmeter pro Kelvin der Änderung der Referenztemperatur, d.h. der Referenzsensitivität, ausdrücken kann, und nicht der absoluten Referenztemperatur, die die Summe der Emissionstemperatur und aller natürlichen und anthropogenen Referenzsensitivitäten ist.

Es gibt zwei Probleme mit dem Ansatz der Klimatologen. Das erste ist, dass Rückkopplungsprozesse auf die gesamte Referenztemperatur reagieren, ob sie nun wollen oder nicht. Das zweite ist, dass man für eine erfolgreiche Berechnung entweder die Gleichung des absoluten Systemverstärkungsfaktors kennen muss, woraufhin die Differentialrechnung ihre erste Ableitung liefert, oder die erste Ableitung selbst, woraufhin die Integralrechnung die ursprüngliche Gleichung liefert.

Die Form der potenziell relevanten Gleichungen ist jedoch unbekannt und kann nicht ermittelt werden. Schlimmer noch, die den potenziell relevanten Gleichungen zugrundeliegenden Daten sind weder bekannt noch können sie mit einer Genauigkeit ermittelt werden, die ausreicht, um eine legitime wissenschaftliche Grundlage für die verschiedenen, gewinnbringend übertriebenen Vorhersagen der globalen Erwärmung zu schaffen, die von den Computermodellen des Klimas verbreitet werden.

In einer der wichtigsten Arbeiten, die jemals in der Klimatologie zur globalen Erwärmung veröffentlicht wurden, wies Pat Frank diese Tatsache im Jahr 2019 endgültig nach, nachdem Professor Karl Wunsch die Arbeit überprüft hatte und keinen Fehler darin finden konnte, der eine Veröffentlichung verhindern würde. Die Arbeit ist seitdem in der wissenschaftlichen Literatur unwiderlegt geblieben, obwohl es online einige spektakulär unausgegorene Versuche gab, sie zu stürzen, hauptsächlich von Seiten der Klimakommunisten, aber in ein oder zwei bedauerlichen Fällen auch von Seiten der Skeptiker, die nicht wussten, dass sie mit der relevanten Mathematik nicht vertraut waren.

Dr. Franks bewundernswerte Arbeit, die von den klimakommunistischen Torwächtern der einstmais angesehenen Fachzeitschriften 13 Mal abgelehnt wurde, bevor sie einen ehrlichen und kompetenten Gutachter fand, beweist, dass die veröffentlichte Unsicherheit in einer einzigen der Tausenden von Eingangsvariablen, die in die allgemeinen Zirkulationsmodelle einfließen – der wolkenarme Anteil – so groß ist, dass jede vorhergesagte globale Erwärmung oder Abkühlung von weniger als 15 K im Vergleich zur Gegenwart reine Spekulation ist, wenn man diese Unsicherheit auf dieses Jahrhundert überträgt. Die Arbeit von Dr. Frank beweist dieses Ergebnis formal mit Hilfe von standardmäßigen und gut etablierten statistischen Methoden.

Mit einem anderen Verfahren können wir ebenfalls die Unfähigkeit der allgemeinen Zirkulationsmodelle zur Vorhersage der globalen Erwärmung nachweisen. Wir beginnen mit Tabelle 7.10 des IPCC (2021).

Temperature feedback strength λ_n (W m ⁻² K ⁻¹)	Lower	Midrange	Upper	Time
IPCC AR6 water vapor/lapse-rate differential feedback λ_1	(+1.10)	+1.30	(+1.50)	Hours
IPCC AR6 cloud differential feedback λ_2	(-0.10)	+0.42	(+0.94)	Days
IPCC AR6 surface albedo differential feedback λ_3	(+0.10)	+0.35	(+0.60)	Years
IPCC AR6 biogeophys./chem. Differential feedback λ_4	(-0.27)	-0.01	(+0.25)	Years
Diff. feedbk. strength $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$ (W m ⁻² K ⁻¹)	1.59	2.06	2.49	Years
Planck sensitivity parameter p (W m ⁻² K ⁻¹ : IPCC method)	-3.4	-3.22	-3.0	
IPCC net diff. feedback strength inc. Planck (W m ⁻² K ⁻¹)	(-1.81)	(-1.16)	(-0.51)	D
Unitless differential system-gain factor $a_c = 1/(1 - \lambda/p)$	1.8783	2.7762	5.8824	I
(2xCO ₂ forcing $\Delta Q_c = 3.93$ W m ⁻²) RCS $\Delta R_c = \Delta Q_c/p$	1.1558 K	1.2207 K	1.9606 K	F
ECS $\Delta E_c = a_c \Delta R_c$	2.1709 K	3.3889 K	11.5330 K	
cf. IPCC interval of ECS ΔE_c	2 K	3 K	5 K	
Planck sensitivity parameter p (W m ⁻² K ⁻¹ : IPCC method)	-3.4	-3.22	-3.0	
Planck param. $P = \mathbf{1}/\mathbf{p} $ (K W ⁻¹ m ² : Roe 2009 method)	0.2941	0.3106	0.3333	
($R_1 = 267.1$ K): 2xCO ₂ reference temp. $R_c = R_1 + \Delta R_c$	268.2158 K	268.3207 K	269.0606 K	A
($E_1 = 287.5$ K): 2xCO ₂ equilibrium temp. $E_c = E_1 + \Delta E_c$	289.1709 K	290.3889 K	292.5330 K	B
Unitless absolute system-gain factor $A_c = E_c / R_c$	1.0781	1.0822	1.0872	S
Abs. feedbk. strength $A = (1 - 1 / A_c) / P$ (W m ⁻² K ⁻¹)	0.2462	0.2447	0.2406	
ECS $\Delta E_c = E_c - E_1$	2.1709 K	3.3889 K	11.5330 K	

In der Tabelle sind die wichtigsten sensibilitätsrelevanten Temperatur-Rückkopplungen aufgeführt. Das IPCC gibt die Rückkopplungsstärken λ (hier in lila) dank des blödsinnigen Physikfehlers der Klimatologie in Watt pro Quadratmeter pro Kelvin der Referenzsensitivität und nicht der Referenztemperatur an.

Eine solche Wahl wäre vielleicht verzeihlich, wenn, wie es in der Elektronik oft der Fall ist, das Störsignal einen sehr großen Anteil am gesamten Eingangssignal hätte. Heute ist das Störsignal jedoch winzig: Es beträgt nur $7,5 + 0,97 = 8,47$ K in 268,07 K, also 3 % des Eingangssignals.

Die Ableitung des ECS über den differentiellen Systemverstärkungsfaktor ist in rot dargestellt, während die Ableitung des ECS auf der Grundlage der IPCC-Daten, aber über den absoluten Systemverstärkungsfaktor, in grün dargestellt ist. Beide Methoden zeigen natürlich identische Werte für ECS. Die IPCC-Methode weist jedoch mehrere Probleme auf, wie die Ableitungen daraus zeigen.

Problem 1: Obwohl im mittleren Bereich die Summe von +2,06 W/m² der einzelnen Rückkopplungsstärken und des Planck-Parameters p, der vom IPCC so ausgedrückt wird, als wäre er eine „Rückkopplung“ in Wm²K, gleich der veröffentlichten Netto-Rückkopplungsstärke von -1,16 W/m²K ist, stimmen seine untere und obere Grenze nicht mit den veröffentlichten Gesamtwerten überein. Zweifellos gibt es dafür gute Gründe, aber die Diskrepanz trägt zu der ohnehin schon enormen Unsicherheit im Intervall der Rückkopplungsstärken bei.

Problem 2: Der Planck-Parameter p ist Teil des Bezugsrahmens für die Ableitung von Gleichgewichtstemperaturen: Er sollte daher besser in

K/Wm^2 der Bezugstemperatur ausgedrückt werden. p ist die erste Ableitung der Stefan-Boltzmann-Gleichung nach der absoluten Oberflächentemperatur (heute 288 K) und der Strahlungsflussdichte über der Atmosphäre (heute 242 W/m^2): $P = 298 / (4 \times 242) = 0,3 \text{ K/Wm}^2$, was nahe genug am Kehrwert des derzeitigen Mittelwerts des IPCC von $p = 3,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ liegt.

Problem 3: Der Planck-Parameter ist mit einer weitaus geringeren Unsicherheit bekannt als die vom IPCC angenommenen $\pm 6,5 \%$, da er aus einem Verhältnis absoluter Größen abgeleitet ist, deren Werte gut gesichert sind. Nehmen wir die heutige Oberflächentemperatur von $288 \pm 2 \text{ K}$ und den Netto-Antrieb an der Oberseite der Atmosphäre von $242 \pm 2 \text{ W/m}^2$. Dann fällt der Planck-Parameter unter Verwendung der reziproken Form des IPCC auf $3,36 [3,31, 3,41] \text{ W/m}^2 \text{ K}$, ein Intervall von weniger als $\pm 1,5 \%$, und nicht die $\pm 6,5 \%$ des IPCC. Die Korrektur dieses Fehlers würde eine der vielen Ungereimtheiten korrigieren, die in der Tabelle zu finden sind, aus der hervorgeht, dass auf absoluter Basis kleinere Rückkopplungsstärken größere ECS-Werte erzeugen.

Problem 4: Bis zum IPCC (2021) war man lange davon ausgegangen, dass der CO_2 -Antrieb mit einer Genauigkeit von $\pm 10 \%$ bekannt ist. Er wurde daher als einigermaßen gesichert angesehen. Obwohl Andrews (2012) auf der Grundlage von 15 damaligen Modellen zu dem Schluss kam, dass der CO_2 -Antrieb im mittleren Bereich bei $3,45 \text{ W/m}^2$ liegt, sagt das IPCC nun, dass er $3,93 \text{ W/m}^2$ beträgt, was einem Anstieg von 14 % entspricht und weit außerhalb des Intervalls liegt, das man für den verdoppelten CO_2 -Antrieb gehalten hatte. Wenn die Unsicherheit in Bezug auf den CO_2 -Antrieb so groß ist, wie der Anstieg des IPCC im Vergleich zu früheren Berichten andeutet, ist erst recht die Unsicherheit in Bezug auf die Stärke der Rückkopplung größer.

Problem 5: Das IPCC stellt die Wolkenrückkopplung als positiv dar. Der primäre Effekt der erhöhten Wolkenbedeckung, der mit der Erwärmung zu erwarten ist – d.h. eine Erhöhung der Albedo der Erde – ist natürlich ein kührender Effekt, der mehr als genug ist, um den wärmenden Effekt der Wolken, die die nächtliche Strahlung in den Weltraum hemmen, zu überwinden.

Problem 6: Die absoluten Gesamt-Rückkopplungsstärken, die im ECS-Intervall des IPCC impliziert sind, nehmen tatsächlich ab, wenn die ECS-Schätzung zunimmt. Der Grund dafür ist, dass die absoluten Rückkopplungsstärken sehr viel kleiner sind als die höchst unsicheren und daher bedeutungslosen differentiellen Rückkopplungsstärken und dementsprechend in Bezug auf den Planck-Parameter kleiner sind als die differentiellen Rückkopplungsstärken.

Problem 7: Die Prüfsummenwerte für die untere Grenze und die Mitte des Bereichs von ECS, die aus den Rückkopplungsstärken von IPCC mit der Standardmethode der Kontrolltheorie abgeleitet wurden, bestätigen die von IPCC angegebene untere Grenze von 2 K und die Mitte des Bereichs von 3 K. Die gezeigte Methode ist daher eine angemessene Darstellung der

IPCC-Methode. Allerdings ist der so errechnete obere Grenzwert von 11,5 K in der Tabelle mehr als doppelt so hoch wie der vom IPCC angegebene Wert von 5 K. Der Grund dafür ist, dass die Form der Reaktionskurve von ECS bei Vorhandensein von Rückkopplungen rechteckig-hyperbolisch ist, so dass bei imaginären Verstärkungsfaktoren (Rückkopplungsreaktionen als Bruchteile von ECS) von mehr als 0,5 eine unkontrollierte Erwärmung zu erwarten wäre. Zu einer unkontrollierten Erwärmung kommt es jedoch nicht, sonst hätten wir es schon längst bemerkt. Stattdessen gab es eine Abfolge von langen Pausen mit kurzen Ausbrüchen von El-Niño-bedingter Erwärmung dazwischen. Diese Pausen liefern also leicht verständliche Beweise dafür, dass die von den Klimakommunisten vorausgesagte unkontrollierte Erwärmung einfach nicht stattfindet. Daher auch das Geschrei der Kreml-Agenten in den Kommentaren.

Problem 8: Die unkontrollierbare globale Erwärmung, die sich aus der Rechteck-Hyperbolizität der Reaktionskurve in Verbindung mit der überhöhten IPCC-Schätzung der Rückkopplungsstärke an der oberen Grenze ergibt, führt dazu, dass ECS nicht durch Modelle begrenzt werden kann. Die Schätzung der Obergrenze, die viel zu groß ist, um glaubwürdig zu sein, erhöht beispielsweise den impliziten Verstärkungsfaktor $hC = 1 - 1 / AC$ auf 0,83, was bedeutet, dass fünf Sechstel des ECS durch Rückkopplungen und nur ein Sechstel durch die Referenzsensitivität, die direkt durch die nicht kondensierenden Treibhausgase erzwungen wird, erzwungen werden. In einem im Wesentlichen thermostatischen System ist eine solche Schlussfolgerung so unplausibel, dass sie unsinnig ist.

Problem 9: Das Intervall des auf der Differentialbasis abgeleiteten Systemverstärkungsfaktors beträgt 2,7762 [1,8783, 5,8824], aber dieses Intervall ist bedeutsungslos. Bei der Ableitung der Unsicherheit der Rückkopplungsstärke und damit des Systemverstärkungsfaktors müssen die Summen auf der Grundlage gebildet werden, dass die Sonne scheint und dass die Rückkopplungen daher auf das gesamte Eingangssignal und nicht nur auf eine Störung darin reagieren. Die Methode der Klimatologie berücksichtigt nicht ausdrücklich die Tatsache, dass Rückkopplungen auf die gesamte Referenztemperatur reagieren. Das Intervall des absoluten Systemverstärkungsfaktors, das in der IPCC-Tabelle implizit enthalten ist, trägt dieser Tatsache Rechnung. Er beträgt 1,0781 [1,0822, 1,0872].

Problem 10: Sehr kleine Änderungen der gesamten Rückkopplungsstärke und damit des Systemgewinnfaktors würden zu dem sehr großen ECS-Intervall führen, das sich das IPCC vorstellt. Die Grenzen unterscheiden sich von den mittleren Schätzungen um kaum mehr als 0,5 %: Dennoch würden sie ausreichen, um das absurd hohe und absurd breite 3,4 [2,2, 11,5] K-Intervall des ECS zu erzeugen, das in den überzogenen Daten des IPCC für die Rückkopplungsstärken enthalten ist. Angesichts der Unsicherheiten in den Daten und der Ausbreitung dieser Unsicherheiten im Laufe der Zeit können die Klimaforscher jedoch weder die Grenzen der Rückkopplungsstärke noch die des Systemverstärkungsfaktors auch nur annähernd auf 0,5 % genau eingrenzen. Dies ist eines der schwerwiegendsten Probleme mit den Vorhersagen der GCMs zur globalen

Erwärmung. Es wäre schon vor Jahrzehnten entdeckt worden, wenn die Klimatologie nicht einen physikalischen Fehler begangen hätte.

Betrachtet man das winzige Intervall des implizit vorhergesagten absoluten Systemgewinnfaktors des IPCC (das gesamte Intervall beträgt nur etwa 1 % der mittleren Schätzung) im Lichte des sehr großen (± 15 K) ECS-Unsicherheitsbereichs, der in Dr. Franks Studie angegeben ist, wird nur allzu deutlich, dass die allgemeinen Zirkulationsmodelle, welchen Zweck sie auch immer haben mögen, bei dem Versuch, ECS einzuschränken, von keinerlei Wert sind. In dieser Hinsicht sind sie kostspielige Ratespiele, die ohne nennenswerten Verlust an Genauigkeit kostengünstig durch einen Satz Würfel ersetzt werden könnten.

Diese zahlreichen Probleme lassen sich nicht beiseite schieben, indem man behauptet, man könne Rückkopplungsberechnungen mit der Differentialmethode genauso gut durchführen wie mit der Absolutmethode. Wie wir gesehen haben, hat die Durchführung dieser Berechnungen nach der Differenzmethode den Effekt, dass viele der oben kurz beschriebenen Probleme verdeckt werden. Das Verfahren des IPCC bietet also keine zufriedenstellende Grundlage für die Entscheidung wissenschaftlich ungebildeter Regierungen, die aus Angst vor Rufmord durch Klimakommunisten in Panik geraten sind, das wirtschaftliche und politische Harakiri zu begehen, das sich jetzt ereignet.

Irgendwann werden die Marxstream-Medien erkennen, dass sie die Tatsache nicht länger verschweigen können, dass die Hauptursache für den Anstieg der sibirischen Gas- und chinesischen Lithiumkarbonatpreise und den daraus resultierenden gefährlichen Anstieg der westlichen Energiepreise die unvorsichtige Aufgabe des freien Energiemarktes und die törichte und verschwenderische Schließung der westlichen Kohlekraftwerke war, die Strom für nur 30 Dollar pro MWh erzeugten. Europa ist nun auf fatale Weise von sibirischem Gas abhängig, ein kostspieliger strategischer Fehler.

Aus Dutzenden von Abhandlungen über die Klimasensitivität und aus Gesprächen mit Klimatologen auf beiden Seiten der Debatte sowie mit den wissenden, unwissenden oder geistlosen Handlangern des Kremls wird deutlich, dass sie nicht erkannt hatten, dass alle zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehenden Rückkopplungsprozesse auf das gesamte Eingangssignal reagieren müssen und nicht nur auf eine Störung desselben.

Hätten sie das gewusst, wären sie nicht im Traum auf die Idee gekommen, Vorhersagen auf der Grundlage der differentiellen und nicht der absoluten Rückkopplungsstärken zu machen. Sie hätten erkannt, dass der Versuch, anhand der Modelle überhaupt Rückkopplungen zu diagnostizieren, zwangsläufig zum Scheitern verurteilt ist, da ihre sehr kleinen Unsicherheiten in der Rückkopplungsstärke, wenn sie real sind, zu sehr großen und folglich nicht einschränkbaren Veränderungen der Gleichgewichtsempfindlichkeit führen würden.

Das wirft die Frage auf, welches die solideste Methode zur Ableitung der Klimasensitivitäten ist. Wir bevorzugen die Methode des korrigierten Energiebudgets, von der die sehr einfache, aber recht robuste Version weiter oben in dieser Kolumne gezeigt hat, dass wir bei „business as usual“ nur 0,9 K weitere globale Erwärmung bis zum Jahr 2100 erwarten können. Eine ausgefeilte Version kommt zum gleichen Ergebnis. Die mittlere Gleichgewichtsempfindlichkeit bei verdoppeltem CO₂ beträgt nur $3,45 \times 0,3 \times 1,0764 = 1,1$ K. Das ist doch kaum lebensbedrohlich, oder?

Link: <https://wattsupwiththat.com/2022/09/03/the-new-pause-pauses/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

Neue Studie deckt mögliche Ursachen für die Kleine Eiszeit (LIA) auf...

geschrieben von Chris Frey | 9. September 2022

...darunter geringe Sonnenaktivität, Störungen des Jetstreams, vulkanische Aktivitäten und hohe Variabilität der arktischen Meereisbedeckung

Cap Allon

Eine neue [Studie](#) mit dem Titel „Split Westerlies Over Europe In The Early Little Ice Age“ [etwa: „Zweiteilung der Westwinde über Europa zu Beginn der Kleinen Eiszeit“] wurde am 20. August 2022 in Nature veröffentlicht. Die Studie von 15 Forschern unter der Leitung von Hsun-Ming Hu befasst sich mit den wahren, manchmal scheinbar widersprüchlichen Ursachen der LIA.

Im Folgenden werde ich die Studie nur mit den Worten der Wissenschaftler zusammenfassen – sofern nicht anders angegeben. Die Studie ist sicherlich faszinierend und fördert den Dialog.

Abstract

Die Kleine Eiszeit (LIA; ca. 1450-1850 n. Chr.) ist die am besten dokumentierte Kälteperiode des vergangenen Jahrtausends, die durch hochfrequenten Vulkanismus, geringe Sonnenaktivität und eine hohe Variabilität der arktischen Meereisbedeckung gekennzeichnet war.

Frühere Studien über die Veränderungen der atlantischen Zirkulation während des LIA haben sich auf die Nordatlantische Oszillation (NAO) bezogen, aber neuere Studien haben festgestellt, dass die Klimamuster des LIA eine Komplexität zu besitzen scheinen, die von einem NAO-Analogon nicht erfasst wird.

Hier stellen wir eine neue niederschlagsempfindliche Stalagmitenaufzeichnung aus Norditalien vor, welche die letzten 800 Jahre abdeckt.

Wir zeigen, dass während des frühen LIA (1470-1610 n. Chr.) ein verstärkter atmosphärischer Höhenrücken über Nordeuropa die klimatologischen Westwinde von Mittel- und Nordeuropa absprallte, möglicherweise verursacht durch den gleichzeitigen Rückgang des arktischen Meereises.

Angesichts der anhaltenden Eisschmelze in den nördlichen hohen Breiten und der abnehmenden Sonneneinstrahlung in den kommenden Jahren könnte die frühe LIA als Analogon für die hydroklimatischen Bedingungen in Europa in den kommenden Jahrzehnten dienen.

[Hervorhebung im Original]

Einführung

Die Westwinde über dem Nordatlantik sind die Hauptquelle für den Feuchtigkeitstransport nach Europa, insbesondere im Winterhalbjahr (Oktober-März).

Ein bekannter Einfluss auf ihren Verlauf und ihre Stärke ist der Druckunterschied zwischen dem Islandtief und dem Azorenhoch; Variationen dieses Druckunterschieds führen zur Nordatlantischen Oszillation NAO; ergänzende Abb. 1A) und beeinflussen die Niederschlagsmuster in Europa (ergänzende Abb. 1B):

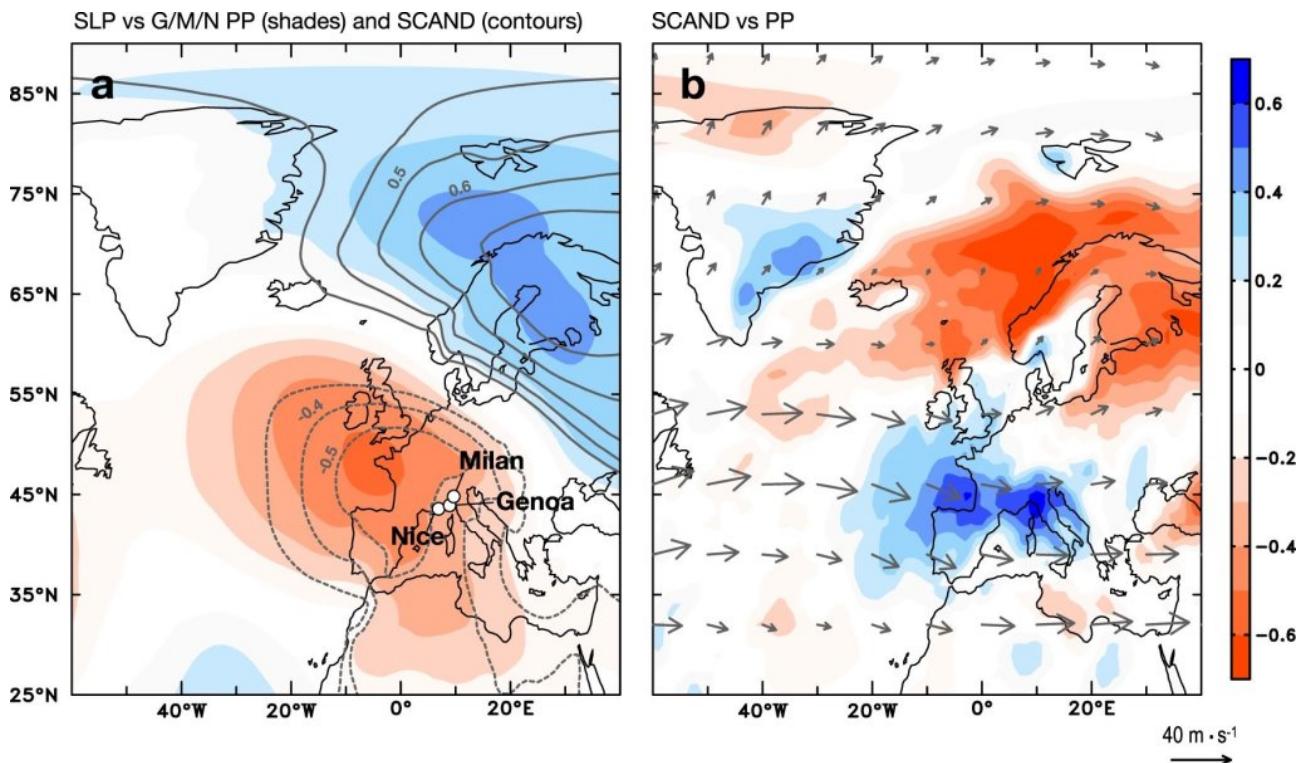


Abb. 1: Klima und Luftdruck-Variabilität über dem Atlantik

Zu der Graphik:

a) Korrelation zwischen SLP und (i) mittlerem Niederschlag an den Stationen Genua, Mailand und Nizza (G/M/N PP) (Schattierungen); (ii) Skandinavien-Index (SCAND) des Climate Prediction Center (CPC) (Konturen) im Zeitraum September-Februar 1950-2008 u.Z.

b) Vektoren: klimatologische Winde auf 200-mb-Ebene plus Regression der 200-mb-Winde auf den SCAND-Index multipliziert mit zwei Standardabweichungen des SCAND-Index im Zeitraum September-Februar 1950-2008 u.Z., was eine positive SCAND-Bedingung anzeigt.

Schattierungen: Korrelation zwischen dem SCAND-Index und dem Niederschlag im Zeitraum September-Februar 1950-2008 n.Chr. Die Schattierungen und Konturen zeigen den/die Korrelationskoeffizienten über dem 90%igen Vertrauensniveau an. Die Klimadaten stammen aus der Reanalyse v3 des 20. Jahrhunderts

Ein weiteres Merkmal, das zu Schwankungen der Westwinde führt, sind atmosphärische Blockierungen, d. h. anhaltende und stationäre Hochdrucksysteme, die die reguläre Westströmung für mehrere Tage bis Wochen blockieren.

Atmosphärische Blocking-Ereignisse über dem Nordatlantik und insbesondere über Skandinavien spielen eine wichtige Rolle bei extremen Winterwetterlagen über Europa, da sie die Lage der Westwinde und die damit verbundenen Zugbahnen von Sturmzyklonen beeinflussen.

Ihr Vorhandensein verhindert den Transport warmer und feuchter Luftmassen nach Europa, was zu Kälteperioden in Nord- und Mitteleuropa wie im Winter 2010/11 führt.

Um die Variabilität der Westwinde und das Auftreten von atmosphärischen Blockierungen auf verschiedenen Zeitskalen besser zu verstehen, werden natürliche Archive benötigt, die über die instrumentelle Ära hinausreichen.

Mehrere Proxy-Aufzeichnungen haben die Variabilität der nordatlantischen Westwinde in den vergangenen Jahrtausenden und insbesondere während der Kleinen Eiszeit (LIA; ca. 1450-1850 n. Chr.) aufgezeichnet. **Dies war die kälteste Episode des vergangenen Jahrtausends, die durch eine geringe Sonneneinstrahlung, große Schwankungen der Meereisausdehnung und häufige Vulkanausbrüche gekennzeichnet war.**

[Hervorhebung im Original]

Eine frühe Rekonstruktion der NAO während des letzten Jahrtausends deutete auf eine anhaltend positive NAO während der mittelalterlichen Klimaanomalie hin, bevor es während der LIA zu einer Verschiebung zu negativen NAO-Bedingungen kam, aber diese Schlussfolgerung wurde seitdem durch andere NAO-Rekonstruktionen der LIA in Frage gestellt.

Eine neuere Multiproxy-Rekonstruktion legt stattdessen nahe, dass die NAO während der LIA neutral bis schwach positiv war. Es wurde versucht, unterschiedliche Proxy-Rekonstruktionen im Rahmen der NAO in Einklang zu bringen, aber eine andere Möglichkeit ist, dass stattdessen verschiedene Muster der großräumigen atmosphärischen Zirkulation im Spiel sein könnten.

Hier stellen wir eine neue, auf Stalagmiten basierende Aufzeichnung des Herbst-Winter-Niederschlags aus Norditalien vor, die sich über die letzten 800 Jahre erstreckt. Unsere Aufzeichnungen dokumentieren eine verstärkte atmosphärische Aufwölbung (Antizyklone) über Nordeuropa, die mit einer Aufspaltung der klimatologischen Westwinde einhergeht, wobei sich der Hauptzweig in Richtung Mittelmeer und ein schwächerer Zweig nordwärts in Richtung Grönland erstreckt. Diese Zirkulation ist charakteristisch für eine ausgeprägte positive Phase des skandinavischen Telekonnektionsmusters, einer Form der winterlichen großräumigen atmosphärischen Zirkulationsvariabilität über dem Nordatlantik und Europa, die sich dynamisch von der NAO unterscheidet.

Die Kleine Eiszeit

Während der LIA war das Klima im nordatlantischen/europäischen Raum überwiegend kalt, aber die Proxy-Aufzeichnungen zeigen eine beträchtliche Variabilität auf Zeitskalen von mehreren Dekaden bis zu Jahrhunderten innerhalb dieses Zeitraums.

Auf Jahrhundert-Skalen zeigt die Bäsura-Aufzeichnung [NW-Italien] ein

ausgeprägtes feuchtes Intervall in Norditalien während der frühen LIA (1470-1610 n. Chr.), was auf möglicherweise starke und anhaltende positive SCAND[Scandinavia pattern]-ähnliche Bedingungen hindeutet.

Innerhalb dieses Zeitraums zeigt der Básura-Datensatz (Abb. 2f unten) jedoch eine starke mehrdekadische Variabilität: Die Niederschläge nahmen zu Beginn der LIA zu, erreichten ~1550 n. Chr. ihren Höhepunkt und nahmen dann bis 1620 n. Chr. ab.

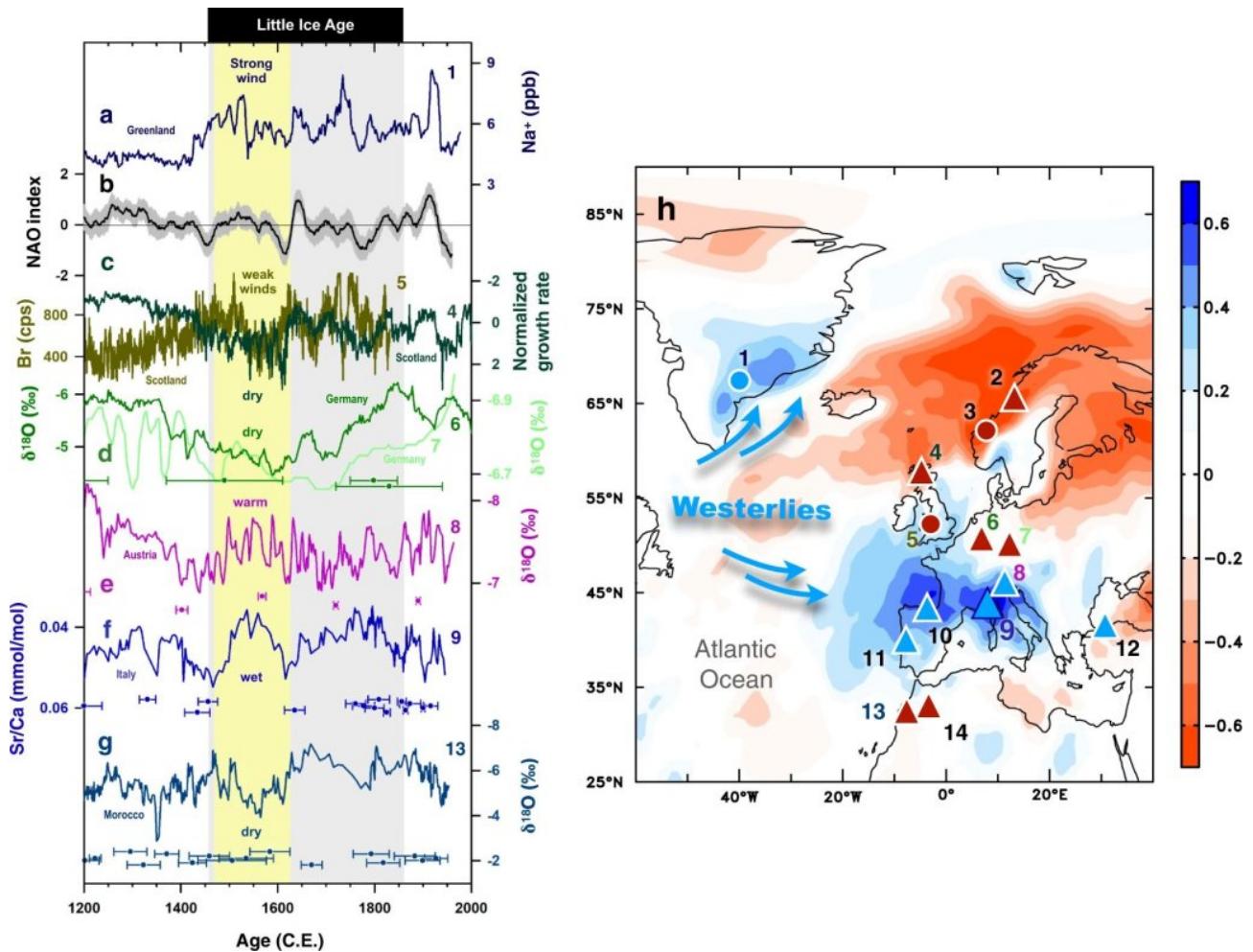


Abb. 2: Klimaaufzeichnungen aus Europa und Nordafrika für die letzten 800 Jahre

Zu der Graphik:

- Na⁺-Konzentration im Eiskern GISP2 als Indikator für die Windstärke.*
- Rekonstruierter Index der Nordatlantischen Oszillation (NAO).*
- Grün: Wachstumsrate der Stalagmiten aus der Roaring Cave (Schottland) als Indikator für die Niederschlagsmenge. Eine niedrige Wachstumsrate deutet auf eine positive NAO-Phase hin. Hellbraun: Bromkonzentration aus äolischen Sedimenten als Indikator für die Windstärke. Hohe Werte weisen auf starke Winde hin.*

d) Bunker (dunkelgrün) und Bleßberg (hellgrün) δ^{180} -Aufzeichnung aus Deutschland. Niedrige Werte weisen auf ein warmes und feuchtes Klima hin.

e) Spannagel δ^{180} -Aufzeichnung aus Österreich. Niedrige Werte weisen auf ein warmes Klima hin.

f) Bäsura Sr/Ca-Aufzeichnung aus Norditalien. g Ifoulki δ^{180} -Aufzeichnung aus Marokko. Das graue vertikale Band markiert die Kleine Eiszeit. Der gelbe vertikale Balken hebt den Zeitraum 1470-1610 n. Chr. hervor. Farbige Punkte und Balken sind U-Th-Alter mit 2-Sigma-Unsicherheiten.

h) Karte mit Klimakonfiguration und Lage der zitierten Aufzeichnungen. Die rot-blauen Schattierungen zeigen den/die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Skandinavien-Index und dem Bodenniederschlag im Zeitraum September-Februar 1950-2008 n. Chr. Die Klimadaten stammen aus der Reanalyse v3 des 20. Dreiecke und Kreise markieren westlich beeinflusste Standorte mit einem feucht-warmen (blau) oder trocken-kalten (rot) Klima. Die Bäsura-Höhle ist durch einen dunkelblauen Rand hervorgehoben. 1: GISP2. 2: Korallgrottan-Höhle. 3: Neflon. 4: Roaring-Höhle. 5: Äußere Hebriden. 6: Bunkerhöhle. 7: Bleßberghöhle 8: Spannagelhöhle. 9. Bäsura-Höhle. 10: Kaite-Höhle. 11: Buraca-Gloriosa-Höhle. 12: Sofular-Höhle. 13: Ifoulki-Höhle. 14: Chaara-Höhle.

Das feuchte Intervall zu Beginn des LIA in Norditalien entspricht einer Periode starker Westwinde über dem Nordatlantik (1470-1610 n. Chr.), wie eine Natriumionenaufzeichnung in einem grönlandischen Eiskern nahelegt (Abb. 2a), die mit einem neutral-positiven NAO-Modus einherging, wie eine zusammengesetzte NAO-Rekonstruktion zeigt (Abb. 2a).

Auf den Britischen Inseln herrschte während dieses Zeitraums jedoch ein relativ trockenes und weniger windiges Klima, wie eine auf Stalagmiten basierende Rekonstruktion der Roaring Cave (Abb. 2c, grün) und die Aufzeichnung von Bromin aus äolischen Sedimenten in Schottland (Abb. 2c; hellbraun) zeigen.

Trockene und kalte Bedingungen werden auch für Deutschland abgeleitet, basierend auf δ^{180} -Daten von Stalagmiten aus der Bunkerhöhle (Abb. 2d, dunkelgrün) und der Bleßberghöhle (Abb. 2d, hellgrün), sowie für das hoch gelegene Schweden (ergänzende Abb. 7a), basierend auf δ^{180} -Daten von Stalagmiten und lakustrischen Aufzeichnungen.

Die Niederschlags- und Windminima in diesen Regionen spiegeln also nicht einen neutral-positiven NAO-Modus wider. Unsere Sr/Ca-Aufzeichnung aus der Bäsura-Höhle (Abb. 2f) deutet dagegen darauf hin, dass in Südeuropa warme und feuchte Bedingungen herrschten, was auch durch eine δ^{180} -Aufzeichnung aus der Spannagl-Höhle in Österreich (Abb. 2e) belegt wird.

Ähnlich warme und feuchte Bedingungen weisen Stalagmiten aus Portugal (ergänzende Abb. 7b), Spanien (ergänzende Abb. 7c) und der Türkei

(ergänzende Abb. 7d) auf, während Stalagmiten aus Marokko ein trockenes Intervall verzeichnen (Abb. 2g und ergänzende Abb. 7f).

Atmosphärischer Höhenrücken über Skandinavien zwischen 1470 und 1610 n. Chr.

Das trockene/kalte Klima in Nordeuropa zwischen 1470 und 1610 n. Chr. kann mit einer neutral-positiven NAO-Phase während dieses Zeitraums in Einklang gebracht werden, wie Ortega et al. (2015) vorschlagen, und zwar durch verstärkte atmosphärische Höhenrücken und damit eine erhöhte Häufigkeit von atmosphärischen Blockierungen über Skandinavien.

Comas-Bru und McDermott (2013) haben argumentiert, dass der zusätzliche Einfluss des SCAND-Musters auf eine NAO die Nicht-Stationarität in der Beziehung zwischen dem europäischen Winterklima und der NAO erklären kann.

Die Kombination der Aufzeichnungen aus Grönland und Bäsura deutet darauf hin, dass ein solcher Höhenrücken die Westwinde während des frühen LIA aufspaltete, wobei ein nördlicher Zweig in Richtung Arktis gerichtet war, was mit dem windigen/warmen/feuchten Klima über Südostgrönland übereinstimmt, und ein südlicher Zweig in Richtung Mittelmeer, was mit den erhöhten Niederschlägen in der Bäsura-Höhle übereinstimmt (Abb. 2h).

Diese klimatischen Bedingungen ähneln den anomal feuchten Bedingungen in Südostgrönland und im nordwestlichen Mittelmeerraum während positiver SCAND-Phasen (Abb. 1b und ergänzende Abb. 1d). Die positive SCAND-Phase erklärt nicht die frühe LIA-Trockenheit über Nordafrika, aber dies könnte auf ein verstärktes Azorenhoch während einer neutral-positiven NAO-Phase zurückgeführt werden (Abb. 2a), das den Feuchtigkeitstransport nach Marokko verhinderte (Abb. 2b).

Zusammenhänge mit dem Rückgang des arktischen Meereises und dem solaren Antrieb

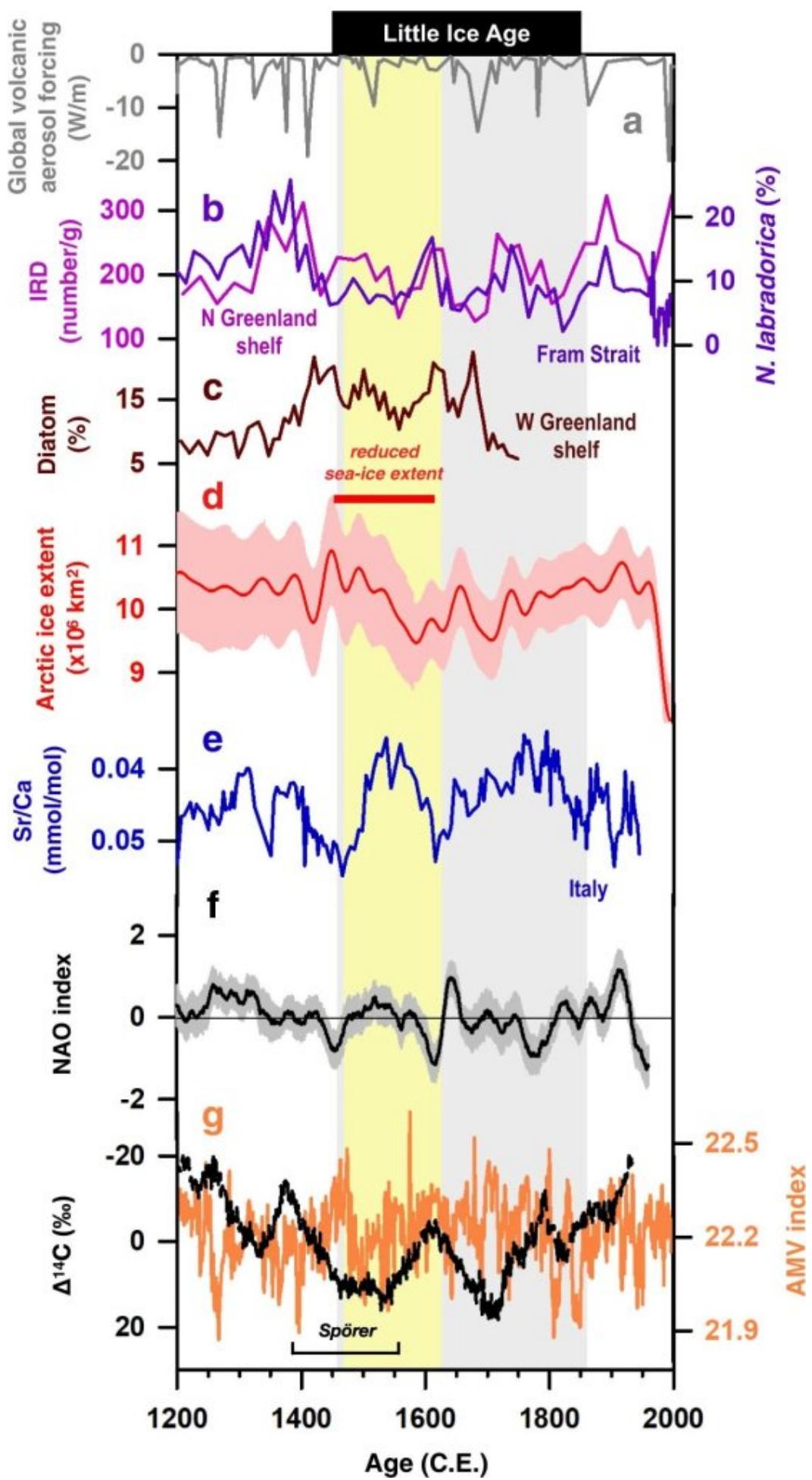


Abb. 3: Vergleich von vulkanischem Antrieb, Sonnenaktivität, Meereisvariabilität und Bäsura-Aufzeichnung

Zu dieser Graphik:

- a) Globaler vulkanischer Aerosolantrieb.
- b) Violett: Konzentration von benthischen Foraminiferen vom nordgrönländischen Schelf (PS2641-4; ergänzende Abb. 2) als Indikator für die Meereisbedeckung. Rosa: Eisschutt (IRD) (MSM5/5; ergänzende Abb. 2) aus der Framstraße. Hohe Werte dieser beiden Datensätze weisen auf eine große Meereisbedeckung hin.
- c) Fünf-Punkte-Mittelwert der Kieselalgenkonzentration (*Thalassiosira nordenskioeldii*) vom westgrönländischen Schelf (GA306-4; ergänzende Abb. 2). Ein hoher Wert bedeutet eine große Meereisbedeckung.
- d) Rot: 40 Jahre geglättete rekonstruierte spätsommerliche arktische Meereisausdehnung.
- e) Bäsura Sr/Ca-Aufzeichnung.
- f) Rekonstruierter NAO-Index. g Orange: Atlantischer multidekadischer Variabilitätsindex. Schwarz: Gesamte Sonneneinstrahlung. Die Intervalle des Spörer-Minimums (1388-1558 n. Chr.) und des Meereisrückgangs (1450-1620 n. Chr.) sind markiert. Der graue vertikale Balken kennzeichnet die Kleine Eiszeit. Der gelbe vertikale Balken hebt die Periode 1470-1610 n. Z. hervor.

Aufzeichnungen von Eisschutt aus der Framstraße (Abb. 3b), von Foraminiferen abgeleitete Meereisaufzeichnungen vom nordgrönländischen Schelf (Abb. 3b) und auf Diatomeen basierende Meereisrekonstruktionen vom westgrönländischen Schelf (Abb. 3c) zeigen alle eine ausgedehnte Meereisbedeckung im Nordatlantik während der mittleren bis späten 1300er Jahre.

Diese ausgedehnte Meereisbedeckung im Nordatlantik wurde vermutlich durch den intensiven Vulkanismus (Abb. 3a) und die geringe Sonneneinstrahlung (Abb. 3g) in den späten 1200er bis frühen 1300er Jahren ausgelöst, was wiederum eine Veränderung der Ozeanzirkulation und eine Abkühlung in Europa ab etwa 1400 n. Chr. zur Folge hatte.

Ab 1400 n. Chr. nahm die Ausdehnung des Meereises aufgrund des Eindringens von warmem Atlantikwasser in den Nordatlantik erheblich ab (Abb. 3b, c), was sich in einer positiven Phase der atlantischen multidekadischen Variabilität widerspiegelt (Abb. 3g).

In Anbetracht der Unsicherheiten bei der Datierung größerer Sr/Ca-Abnahmen in Bäsura zwischen 1466 ± 20 und 1559 ± 40 n. Chr. fällt die von uns abgeleitete Periode mit skandinavischer Rückenbildung in das

Intervall mit dem arktischen Meereismaximum um 1450 n. Chr. bis zum Minimum um 1586 n. Chr., da dieses Intervall als Ereignis mit „verringerter Meereisausdehnung“ identifiziert wurde. Eine solche skandinavische Aufwölbung kann durch den Meereisverlust in der Barent-Kara-See ausgelöst werden. Direkte Meereisdaten aus dem Barent-Kara-Meer sind zwar nicht verfügbar, aber gekoppelte Modellsimulationen, die auf der Assimilation verfügbarer globaler Proxydaten beruhen, deuten auf einen Rückgang des Barent-Kara-Meereises im Zeitraum 1470-1520 n. Chr. hin.

Der Rückgang des Meereises führt zu erhöhten Wärmeflüssen in die Atmosphäre, die wiederum eine stationäre Rossby-Welle anregen, die sich in Richtung Südosten ausbreitet und den atmosphärischen Höhenrücken über Nordeuropa verstärken kann [auch bekannt als „meridionaler“ Jetstream]. Diese Rückkopplung zwischen Ozean und Atmosphäre könnte somit einen Mechanismus für die Verbindung zwischen der verringerten Meereisausdehnung und dem skandinavischen Höhenrücken während der Jahre 1470-1610 n. Chr. liefern, die unsere Ergebnisse nahelegen (Abb. 2g).

Der atmosphärische Höhenrücken in der frühen LIA könnte durch die geringe Sonneneinstrahlung noch verstärkt worden sein (Abb. 3g).

Modellsimulationen und Proxy-Aufzeichnungen deuten darauf hin, dass Veränderungen der Sonneneinstrahlung erhebliche Auswirkungen auf die Ozonchemie in der Stratosphäre haben können, die den Polarwirbel stören und somit den troposphärischen Jetstream und die atmosphärische Zirkulation beeinflussen.

Unsere Sr/Ca-Daten aus dem Bäsura-Stalagmiten, die von 0,055 mmol/mol um 1460 n. Chr. auf 0,035 mmol/mol um 1550 n. Chr. abfallen, deuten darauf hin, dass sich der skandinavische Rücken in diesem Zeitraum zunehmend verstärkt hat (Abb. 3e). Dieses 90-Jahres-Intervall fällt in die Zeit des Spörer-Minimums (1388-1558 n. Chr., Abb. 3g), was den Zusammenhang zwischen atmosphärischen Veränderungen und solarer Variabilität bestätigt.

Der Rückgang der Meereisausdehnung zwischen 1450 und 1620 n. Chr. ist wohl von längerer Dauer als in den vergangenen 1400 Jahren und ausgeprägter als während der mittelalterlichen Klimaanomalie (ca. 800-1300 n. Chr.).

Unsere Ergebnisse zeigen auf Proxy-Daten basierende Belege für eine verstärkte atmosphärische Aufwölbung über Nordeuropa während dieses mehrdekadischen Intervalls während der frühen LIA, möglicherweise als Reaktion auf den Rückgang des Meereises und das solare Minimum. Unsere Ergebnisse bieten somit möglicherweise eine Analogie für die kommenden Jahrzehnte, in denen die Sonne in ein großes Minimum eintreten könnte.

Die gesamte Studie mit ausführlichen Literaturhinweisen und zusätzlichen Graphiken steht [hier](#).

Link: <https://electroverse.co/little-ice-age-causes/>

Die Energie der Nationen – Energieblindheit führt zu politischen Fehlentscheidungen.

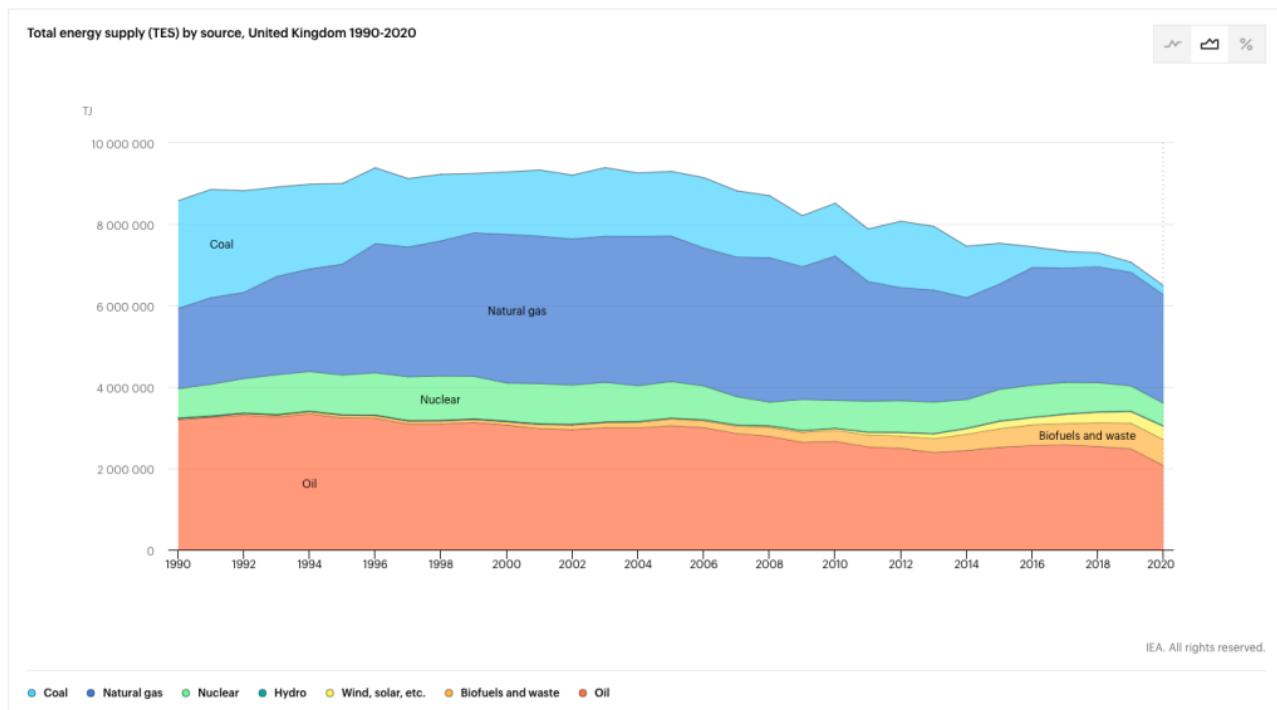
geschrieben von Chris Frey | 9. September 2022

John Constable and Debra Lieberman

I. Der Energieverbrauch im Westen ist ins Stocken geraten

Seit etwa 2005 ist in fast allen westlichen Volkswirtschaften eine historisch beispiellose und äußerst alarmierende Entwicklung des Energieverbrauchs zu beobachten: Er ist entweder rückläufig oder stagniert. Diese bemerkenswerte, aber wenig diskutierte Tatsache gefährdet fast jeden Aspekt unserer öffentlichen Politik, von der Eindämmung des Klimawandels über die nationale Sicherheit bis hin zum gesellschaftlichen Fortschritt selbst. Die Pläne von Präsident Biden, die Ausgaben für erneuerbare Energien wie Wind- und Solarenergie im Rahmen des Inflation Reduction Act massiv zu erhöhen, sorgen für Schlagzeilen, und es ist nicht schwer zu verstehen warum.

Nach Daten des [Ministeriums](#) für Wirtschaft, Energie und Industriestrategie ist der Gesamt-Energieverbrauch im Vereinigten Königreich beispielsweise auf ein Niveau zurückgegangen, das seit den 1950er Jahren nicht mehr erreicht wurde; seit dem Höchststand im Jahr 2003 ist ein Rückgang um 30 Prozent zu verzeichnen, was erstaunlich ist, wenn man bedenkt, dass die Bevölkerung im gleichen Zeitraum um 12,5 Prozent auf 67 Millionen Menschen gestiegen ist.

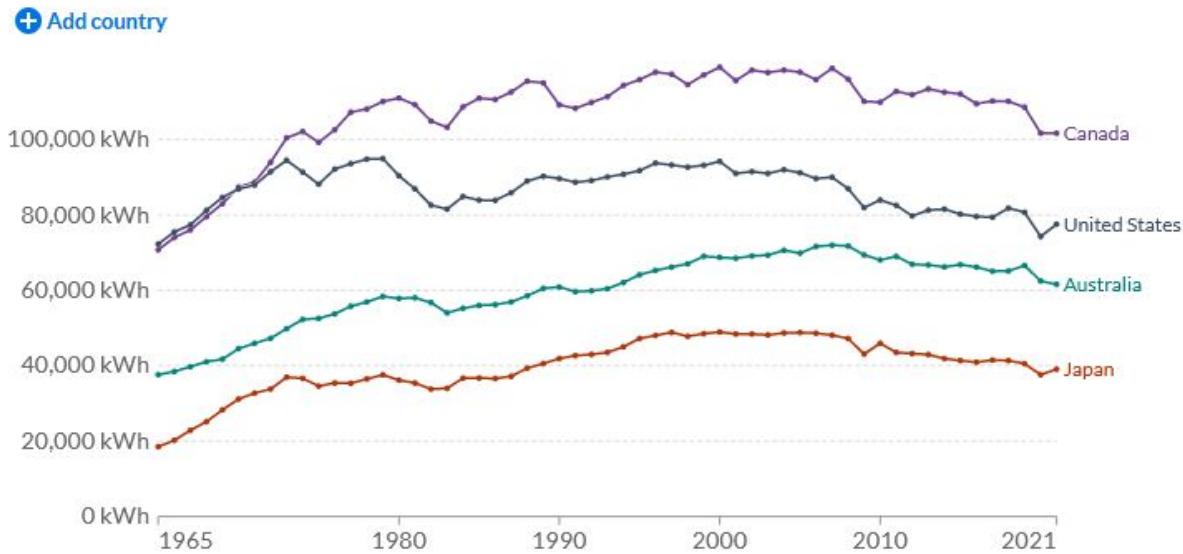


Gesamtenergieversorgung (TES) nach Quellen, Vereinigtes Königreich 1990-2020, [Internationale Energieagentur](#)

Nach [Angaben](#) der Europäischen Umweltagentur ist der Energieverbrauch in der EU mit der Finanzkrise 2008 zum Stillstand gekommen und seit dem Höchststand im Jahr 2006 um etwa 13 Prozent gesunken. Er liegt nun auf einem Niveau, das seit 1990 nicht mehr erreicht wurde. Auch in Nordamerika [stagniert](#) der Energieverbrauch. Nach 2007 ging der Gesamt-Energieverbrauch in den Vereinigten Staaten deutlich zurück, flachte dann ab und ging aufgrund der Pandemie erneut zurück, so dass er bis 2020 etwa 13 % des Höchststandes von 2007 verloren hatte. Ein Teil dieser verlorenen Nachfrage konnte 2021 wieder aufgeholt werden, als die Beschränkungen im Bereich der öffentlichen Gesundheit aufgehoben wurden, aber es bleibt abzuwarten, ob die Nachfrage auch nur auf das frühere Niveau zurückkehren wird, auf dem sie stagnierte. Die kanadische Nachfrage schwächtelt in ähnlicher Weise. Auf der anderen Seite des Pazifiks verzeichnet Australien seit 2008 ein schwaches bis gar kein Nachfragewachstum, und die japanische Energienachfrage ist gegenüber ihrem Höchststand von 2004 um über 20 Prozent gesunken.

Energy use per person

Energy use not only includes electricity, but also other areas of consumption including transport, heating and cooking.



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

OurWorldInData.org/energy • CC BY

[[Link](#) zu dieser Graphik. Beim Anklicken desselben kann man interaktiv viele weitere Informationen einholen]

Dieses Muster gilt nicht nur für den Energieverbrauch im Allgemeinen, sondern auch für den Stromverbrauch. Seit dem Höchststand von 2005 ist der Stromverbrauch im Vereinigten Königreich um etwa 20 Prozent auf ein Niveau gesunken, das zuletzt Anfang der 1990er Jahre erreicht wurde. Ein Rückgang des Verbrauchs einer Energieform, die ein Schlüsselindikator für eine moderne Gesellschaft ist, ist kein gutes Zeichen.

Manch einer wird sich zu Recht fragen: „Ist eine geringere Energienachfrage, auch bei Strom, nicht nur ein Beweis für mehr Effizienz?“ Die kontraintuitive Antwort lautet: „Nein“. Tatsächlich wird durch eine höhere Energieeffizienz in einem Bereich lediglich Energie für den Verbrauch in einem anderen Bereich bereitgestellt. Die Energieeffizienz wird entweder die Nachfrage nach der nun billigeren Ware oder Dienstleistung erhöhen, oder, wenn die Nachfrage nach der Ware oder Dienstleistung nicht schnell steigen kann, wird die eingesparte Energie zur Verbesserung der Lebensqualität in einem anderen Bereich eingesetzt, so dass der Gesamtenergieverbrauch tendenziell steigen wird. Das Geld, das Sie durch die Umstellung auf energieeffiziente Glühbirnen und Geräte gespart haben, können Sie nun für einen Urlaub oder einen neuen Tesla ausgeben, oder, viel weiter oben in der Kette, für die Verbesserung höherer gesellschaftlicher Güter wie neuen Straßen, eine bessere Gesundheitsversorgung oder eine stärkere militärische Verteidigung. Wie Bargeld bleibt auch Energie nie auf dem Tisch liegen. Es gibt keine offensichtlichen Grenzen für Verbesserungen unseres

Wohlbefindens – und Energie bietet die Mittel dazu.

Dies ist eine Frage der dokumentierten Geschichte. Die immer effizientere Nutzung von Kohle ab dem späten Mittelalter führte zu Jahrhunderten größerer Kreativität, Freiheit und Unternehmertum – und zu mehr Kohleverbrauch, nicht weniger. Tatsächlich führte der erhöhte Kohleverbrauch zu größerem Wohlstand und höherem Entwicklungsstand, der schließlich zur Nutzung von Elektrizität als Energieträger und höherwertigen Energiequellen wie Öl, Gas und Uran führte, deren Einsatz den Energieverbrauch noch weiter erhöhte. Die Geschichte zeigt eindeutig, dass Verbesserungen der Energieeffizienz zu einem Anstieg des Verbrauchs führen und es daher äußerst unwahrscheinlich ist, dass sie die Ursache für die weitreichenden länderübergreifenden Rückgänge der westlichen Energienachfrage sind. Wie gesunde Menschen haben auch gesunde Volkswirtschaften einen starken Appetit. Ein Arzt, der mit einem Patienten konfrontiert wird, der nicht genug isst, würde sich kaum über dessen Effizienz freuen, sondern sich stattdessen um die zugrundeliegenden physischen und psychischen Bedingungen sorgen. Genauso sollten wir uns Sorgen machen, wenn wir eine hungernde Wirtschaft sehen, und eine sofortige Untersuchung anordnen.

Was ist also die Ursache für den Einbruch des westlichen Energieverbrauchs? **Bedauerlicherweise sind es die Umweltpolitik und ihre weitreichenden, unbeabsichtigten Folgen. Die schädlichsten dieser Eingriffe sind die Emissionshandelssysteme und die beispiellosen Investitionen in erneuerbare Energien, die beide die Kosten für die Verbraucher erheblich in die Höhe treiben und den Verbrauch einbrechen lassen.** Das EU-Emissionshandelssystem erhöht die Energiekosten in der EU um etwa 17 Milliarden Euro pro Jahr, und die neue unabhängige Version des Vereinigten Königreichs wird im laufenden Haushaltsjahr voraussichtlich unglaubliche 6,7 Milliarden Euro kosten. Darüber hinaus hat die EU seit 2008 unglaubliche 800 Mrd. Euro für die Förderung erneuerbarer Energien ausgegeben, eine Summe, die immer noch um 69 Mrd. EUR pro Jahr steigt. Allein das Vereinigte Königreich zahlt jedes Jahr über 12 Milliarden Euro für die Aufstockung der Einnahmen aus Wind- und Solarenergie. Die USA sind bisher ein relativ unbedeutender Akteur und haben von 2008 bis 2018 lediglich 120 Mrd. Euro ausgegeben, was wahrscheinlich einer der Gründe dafür ist, dass die Lage auf dieser Seite des Atlantiks nicht so schlimm ist.

[Hervorhebung vom Übersetzer]

Die Erwartung war, dass diese Subventionen die Kosten für erneuerbare Energien senken und den Ausstoß von Treibhausgasen zu erschwinglichen Kosten reduzieren würden. Beide Hoffnungen sind enttäuscht worden. Die Kapital- und vor allem die Betriebskosten sind hartnäckig hoch geblieben, während die Kosten für das Netzmanagement stark steigen. Da Ökostrom immer noch extrem teuer ist, übersteigen die Kosten für die Vermeidung des Ausstoßes einer Tonne Kohlendioxid durch die Umstellung auf Wind- oder Solarenergie selbst die höchsten Schätzungen der sozialen

Kosten des Kohlenstoffs, d. h. des monetarisierten Wertes des Schadens, der dem menschlichen Wohlergehen durch den von diesem Kohlendioxid verursachten Klimawandel entsteht, bei weitem. Die Schlussfolgerung ist offensichtlich: Das Medikament ist schlimmer als die Krankheit.

Die Absichten mögen gut gewesen sein, aber durch diese enormen Subventionen für erneuerbare Energien haben es die Politiker versäumt, ein wirtschaftlich überzeugendes Beispiel für eine kohlenstoffarme Energiewende zu liefern, und es ist ihnen nur gelungen, Energie viel teurer zu machen, was zu Preisrationierung und sinkendem Verbrauch führt.

Das waren sehr schwere politische Fehler. Wie sind wir hierher gekommen? Die Antwort liegt zum Teil darin, dass es keine natürlichen Intuitionen gibt, um über den Begriff „Energie“ nachzudenken.

II. Wir sind „Energie-blind“

Der Mensch hat die Fähigkeit, über ein breites Spektrum von Phänomenen nachzudenken. Die Evolution durch natürliche Auslese hat den Menschen – wie auch viele andere Tiere – mit der Fähigkeit ausgestattet, viele überlebenswichtige Aspekte der biologischen, physikalischen und sozialen Welt schnell zu erfassen und Entscheidungen zu treffen. Es kostet uns keine Mühe zu wissen, wann wir von einem Raubtier bedroht werden, dass feste Gegenstände nicht durcheinander gehen, wann wir von Freunden gemocht oder nicht gemocht werden, welche Nahrungsmittel sicher sind, welche Menschen attraktive Sexualpartner sind und welche Menschen zur Familie gehören und daher als Partner nicht geeignet sind. Der mentale Werkzeugkasten ist voll von solchen Spielereien, und reichhaltige Intuitionen leiten unser Denken in vielen Bereichen. Aber es scheint uns an Intuitionen in Bezug auf die „Physik der Energie“ zu fehlen.

In der Tat verfügen wir über erstaunlich wenige wissenschaftlich exakte kognitive Intuitionen, die uns bei Entscheidungen über den Charakter von Energie und ihre Bedeutung leiten. Ohne Wissenschaft sind wir mehr oder weniger Energie-blind, so wie Fische vielleicht blind für die Idee des Wassers sind. Das ist vielleicht auch zu erwarten, denn der Begriff der Energie ist eine neue Entwicklung in der Wissenschaft, die erst Anfang bis Mitte des 19. Jahrhunderts begann. Und ein Teil des Problems, das wir beim Verständnis dieses Konzepts haben ist, dass es extrem abstrakt ist. Energie ist kein Stoff wie Kohle oder Öl, sondern eine abstrakte Eigenschaft aller Stoffe, nämlich die Fähigkeit, eine Veränderung in der Welt herbeizuführen – Arbeit zu verrichten, ein Potenzial, das in Joule gemessen wird.

Joule können als Eigenschaft der chemischen Bindungen in fossilen Brennstoffen, der Kräfte, die ein Atom zusammenhalten, der sich bewegenden Objekte wie Wind oder Wasser, der elektromagnetischen Sonnenstrahlung und der Objekte, die durch die Schwerkraft aufeinander einwirken, erkannt werden. Alle haben die Fähigkeit, Veränderungen zu

bewirken, aber diese Fähigkeit variiert sowohl in ihrer Quantität, was intuitiv offensichtlich ist, als auch, was noch viel wichtiger ist, in ihrer **Qualität**, ihrer Fähigkeit, Arbeit zu leisten, die Welt zu verändern, und hier ist der Verstand besonders schwach, das Wesentliche zu erfassen. Ja, es gibt eine große Menge an Energie in der Sonne und im Wind, die um den Globus wehen. Aber diese Energie ist von sehr geringer Qualität und nicht verfügbar, um viel nützliche Arbeit zu leisten. Auch die vibrierenden Atome in den Gegenständen um Sie herum, während Sie diesen Artikel lesen, oder die fallenden Regentropfen enthalten viel Energie, die jedoch im Grunde nutzlos ist. Wind und Sonnenlicht sind nur ein wenig besser. Es gibt einen Grund, warum kein Lebewesen davon leben kann, Energie aus dem Wind zu gewinnen – die Qualität ist einfach zu gering – und es gibt einen Grund, warum die Organismen, die es schaffen, Leben aus Sonnenenergie aufzubauen, nämlich Pflanzen, relativ einfach und im Allgemeinen stationär sind. Mit einer minderwertigen Energieform wie der Sonnenstrahlung kann man an der Erdoberfläche nur sehr wenig anfangen. Lebewesen, die sich von Pflanzen ernähren, können komplexer sein; Lebewesen, die Pflanzenfresser fressen, können noch komplexer sein.

Die Wissenschaft der Thermodynamik lehrt uns, dass es auf die Qualität eines Brennstoffs ankommt, wenn er für uns einen hohen Wert haben soll, und dass der Brennstoff einen sehr geringen Grad an Unordnung (niedrige Entropie) aufweisen muss, wenn er eine komplexe Gesellschaft wie die unsere unterstützen soll. Aber wir haben kaum eine Ahnung davon, und unsere Energieblindheit zwingt uns, uns auf Beweise und Vernunft zu verlassen, die uns sagen, dass fossile Brennstoffe von hoher thermodynamischer Qualität sind, ebenso wie spaltbares Uran. Im Vergleich dazu ist die reichlich vorhandene Energie aus erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne von geringer Qualität. Sowohl Wind- als auch Sonnenstrahlung sind so ungeordnet, dass ihre Entropie derjenigen von Niedertemperatur-Zufallswärme, d. h. der zufälligen Bewegung von Atomen und Molekülen, nahe kommt. Ihr Potenzial, etwas zu bewirken – also Veränderungen herbeizuführen – ist sehr begrenzt.

Darüber hinaus erfordert die Umwandlung von Sonnen- und Windlicht in Netzstrom Turbinen und Photovoltaikanlagen, die ihrerseits komplexe und teure Materiezustände sind, sowie eine Reihe ausgeklügelter und teurer Netzkomponenten wie Batterien, um die Energie nutzbar zu machen. Das macht erneuerbare Energien von Natur aus teuer. Die Sonne und der Wind mögen kostenlos sein, aber nicht die Gewinnung, Umwandlung und stabile Lieferung an den Markt.

Seit den 1990er Jahren und verstärkt seit Anfang der 2000er Jahre haben jedoch viele energieblinde Entscheidungsträger in den westlichen Staaten die rasche Einführung erneuerbarer Energien durch Subventionen forciert, in dem Irrglauben, dass die Kosten sinken würden. **Die geringe thermodynamische Qualität von Wind- und Sonnenstrahlung bedeutet jedoch, dass es keine Hoffnung auf eine signifikante Senkung der Kosten für erneuerbare Energien im Vergleich zu fossilen Brennstoffen und**

Kernenergie gibt. Der Qualitätsunterschied ist einfach zu groß, um ihn zu überbrücken. Gegenwärtig können wir es uns leisten, erneuerbare Energien als Veblen-Güter zu nutzen, weil der Großteil unserer Energie noch aus hochwertigen Quellen stammt, aber wenn erneuerbare Generatoren mit erneuerbarer Energie hergestellt und gewartet werden, wird die in der Wirtschaft verbleibende Marge für andere menschliche Wünsche klein sein, viel kleiner als die, die benötigt wird, um selbst bescheidene Anforderungen zu erfüllen. Alle würden darunter leiden, mit Ausnahme derjenigen, die den Sektor der erneuerbaren Energien besitzen und kontrollieren und die sich eines großen relativen Reichtums und einer großen gesellschaftspolitischen Macht erfreuen würden. Man kann nicht umhin, sich historisch an diejenigen zu erinnern, die die erneuerbaren Energiequellen besaßen, die das Europa vor den fossilen Brennstoffen versorgten, nämlich die Landaristokratie und der Adel. Diese vorfossile Gesellschaftsstruktur ist Geschichte und sollte es auch bleiben.

[Hervorhebung vom Übersetzer]

III. Vor uns liegendes Unheil

Wir müssen auf diese Gefahren aufmerksam werden, bevor es zu spät ist. Es steht eine Menge auf dem Spiel. Reichtum ist mehr als nur Eigentum, das einen austauschbaren Wert hat; es sind all die herrlich unwahrscheinlichen Zustände der Materie um uns herum, die unseren menschlichen Zwecken dienen. Ja, Ihr iPhone ist Reichtum, aber auch ein sauberer und angenehmer Lebensraum, eine nationale Infrastruktur, gesellschaftliche Institutionen und sogar geistige Traditionen wie die Wissenschaft selbst. All diese Dinge werden durch den Einsatz von Energie geschaffen, um an der Welt zu arbeiten, manchmal über sehr lange Zeiträume.

Wohlstand ist das Ergebnis der Energie der Nationen. Qualitativ hochwertige und zunehmende Energienutzung schafft und erhält unwahrscheinliche Zustände der Materie, die den menschlichen Bedürfnissen entsprechen. Eine minderwertige und abnehmende Energienutzung bewirkt das Gegenteil. Überlegen Sie einmal, wie viel Energie eine Jäger- und Sammlerfamilie im Laufe ihres Lebens verbraucht hätte, verglichen mit dem, was Sie in einem Jahr oder sogar in einer einzigen Stunde verbrauchen könnten. Es ist beleidigend puritanisch zu sagen, dass dies nur unnötige Verschwendungen ist. Die Verfügbarkeit hochwertiger Energiequellen hat die Herstellung zahlreicher kultureller Artefakte ermöglicht, die das Leben der Menschen gesünder, länger und erfüllter machen. Die Sterblichkeitsraten, insbesondere bei Kindern, sind im historischen Vergleich außerordentlich niedrig. Viele Menschen auf der Welt – und nicht nur die reichsten – haben heute eine kontrollierte Temperatur in ihren Wohnungen und an ihren Arbeitsplätzen, einen geringen Gehalt an Krankheitserregern in ihren Lebensmitteln, Transportmöglichkeiten nach Belieben, Zugang zu Bildung und umfangreiche Informationsspeicher. Ganz zu schweigen von den vielen anderen thermodynamischen Unwahrscheinlichkeiten, die uns als Organismen zugute

kommen, einschließlich hochentwickelter intellektueller Traditionen, die es uns ermöglichen, einer neuen Bedrohung wie einem bisher unbekannten Virus zu begegnen und ihn mit Technologie zu bekämpfen, bevor es uns auslöscht.

Der Rückgang des Energieverbrauchs ist daher eine sehr ernste Angelegenheit. Er bedeutet nicht nur einen Rückgang unserer Fähigkeit, neuen Wohlstand zu schaffen und das menschliche Wohlergehen noch weiter zu verbreiten, sondern auch unserer Fähigkeit, die komplexe Umwelt zu erhalten, die wir so gestaltet haben, dass sie ein sicherer Ort ist, an dem wir leben und unsere Familien großziehen können. Alles in der menschlichen Sphäre um uns herum – Maschinen, Straßen, Häuser, Gesundheits- und Bildungssysteme, Ernährung – muss instand gehalten werden; alles erfordert den ständigen Einsatz von Energie, um den Verfall zu verhindern. Ein gesellschaftlicher Rückschritt in Richtung thermodynamisches Gleichgewicht, der ohne angemessene Energiezufuhr sicher ist, wird unwillkommen und entsetzlich sein.

Bevor Sie uns als „Chicken Littles“ abtun, die den Untergang des Himmels heraufbeschwören (obwohl wir das sind und es auch sind), geben wir zu, dass die Welt da draußen alles andere als dystopisch ist. Selbst in Ländern, in denen der Energieverbrauch sinkt, ist der Schmerz noch nicht groß. Und dafür gibt es einen guten Grund. Während der westliche Energieverbrauch stagniert oder zusammenbricht, steigert ein Land seinen Energieverbrauch, stützt unseren Verbrauch mit seinen Exporten und vermittelt dem Rest der Welt ein falsches Gefühl der Sicherheit: China.

Seit 2007, als der Westen mit seiner Energiediät begann, ist der chinesische Energieverbrauch um mehr als 50 Prozent und der Stromverbrauch um mehr als 200 Prozent gestiegen. Im Jahr 2007 verbrauchten die USA 30 Prozent mehr Strom als China, aber Chinas Stromverbrauch ist jetzt 70 Prozent höher als der der USA. Darüber hinaus ist China zu 90 Prozent von den thermodynamisch überlegenen fossilen Brennstoffen und der Kernenergie abhängig, und nur ein Teil des immensen Reichtums, der in China durch diese Brennstoffe erzeugt wird, wird exportiert. Was machen sie mit dem Rest? Die Zeit wird es zeigen.

IV. Der Westen muss seinen Kurs ändern!

Aber gerade jetzt muss der Westen mit äußerster Dringlichkeit die Verschlechterung der Qualität seiner Energieversorgung und den daraus resultierenden Einbruch des Energieverbrauchs umkehren. Weitere Verbesserungen der Energieeffizienz mögen kurzfristig helfen, die Verbraucher zu schützen, indem sie Geld auf der Bank halten und sie vor den Folgen einer schlechten Energiepolitik bewahren, aber sie sind kein langfristiger Ersatz für eine gesunde und physisch gesunde Energieversorgung. Wenn uns die Lebensqualität der Menschen wichtig ist – wenn wir unsere Freiheit schätzen – dann ist das Herumspielen mit Energiequellen geringer Dichte eine Sünde; und wenn die Verringerung der Kohlenstoffemissionen ein Erfordernis ist, wie wir glauben, dann zeigt

die Vernunft, dass fossile Brennstoffe die notwendige Brücke zu einer kohlenstoffarmen Zukunft auf der Grundlage der Kernenergie sind.

Da die chinesische Wirtschaft auf einer thermodynamisch soliden Grundlage steht und die westliche nicht, hat sich die Welt innerhalb eines Wimpernschlags auf den Kopf gestellt. Die wirtschaftlichen Folgen sind gravierend, die Auswirkungen auf die Sicherheit potenziell erschreckend. Unsere Energieblindheit ist sowohl kostspielig als auch gefährlich.

John Constable and Debra Lieberman

John Constable is the author of Europe's Green Experiment: A costly failure in unilateral climate policy & Debra Lieberman is an author and Professor of Psychology at the University of Miami.

Link:

https://quillette.com/2022/08/24/the-energy-of-nations/?mc_cid=598040100b&mc_eid=08ba9a1dfb

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE