

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

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2022

Meridionaler Transport, die wichtigste Klimavariabale

Javier Vinós & [Andy May](#)

„Der atmosphärische Wärmetransport auf der Erde vom Äquator zu den Polen wird weitgehend von den Stürmen der mittleren Breiten übernommen. Es gibt jedoch keine zufriedenstellende Theorie zur Beschreibung dieses grundlegenden Merkmals des Erdklimas.“ Leon Barry, George C. Craig & John Thuburn (2002)

3.1 Einführung

Nahezu die gesamte Energie, die das Klimasystem und das Leben auf der Erde antreibt, stammt von der Sonne. Die eingehende Sonnenstrahlung wird auf 173.000 TW geschätzt. Im Gegensatz dazu wird der geothermische Wärmefluss aus radiogenem Zerfall und Urwärme auf 47 TW, die menschliche Wärmeproduktion auf 18 TW und die Gezeitenenergie von Mond und Sonne auf 4 TW geschätzt. Andere Energiequellen wie Sonnenwind, Sonnenpartikel, Sternenlicht, Mondlicht, interplanetarer Staub, Meteoriten oder kosmische Strahlung sind vernachlässigbar. Die Sonneneinstrahlung macht somit über 99,9 % des Energieeintrags in das Klimasystem aus.

Die von der Sonne empfangene Energie ändert sich im Laufe des Jahres um 6,9 % aufgrund des sich ändernden Abstands zwischen Erde und Sonne. Die Erde ist der Sonne am 4. Januar am nächsten (Perihel) und am 4. Juli am weitesten entfernt (Aphel). Obwohl die Hälfte der Erde zu jeder Zeit von der Sonne beleuchtet wird (50,2 % aufgrund des Größenunterschieds), verursachen die Veränderungen in der Ausrichtung der Erdachse zur Sonne, die unregelmäßige Verteilung der Landmassen, Veränderungen der Albedo und regionale Veränderungen der Oberflächen- und Atmosphärentemperatur erhebliche jahreszeitliche Veränderungen in der Menge der reflektierten kurzwelligen Sonnenstrahlung (RSR) und der ausgehenden langwelligen Strahlung (OLR). Infolgedessen ändert sich die Temperatur der Erde ständig und der Planet befindet sich nie im Energie-Gleichgewicht.

Anders als man naiverweise erwarten könnte, ist die Erde kurz nach der Juni-Sonnenwende am wärmsten, wenn sie am weitesten von der Sonne entfernt ist, und kurz nach der Dezember-Sonnenwende am kältesten, wenn sie 6,9 % mehr Energie von der Sonne erhält. Die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde beträgt ca. 14,5 °C (schwere Eishausbedingungen), aber im Laufe des Jahres erwärmt und kühlt sie sich um 3,8 °C ab (Abb. 3.1). Wie zu erwarten, gibt die Erde bei Abkühlung

mehr Energie ab (Total Outgoing Radiation, TOR) und bei Erwärmung weniger, unabhängig davon, was sie gerade empfängt, so dass die Vorstellung einer Energiebilanz am oberen Rand der Atmosphäre (TOA) eindeutig falsch ist. Die Erde weist nur geringe zwischenjährliche Temperaturschwankungen auf, aber es gibt keinen Grund zu der Annahme, dass wir die Prozesse, die an der thermischen Homöostase der Erde beteiligt sind, richtig verstehen.

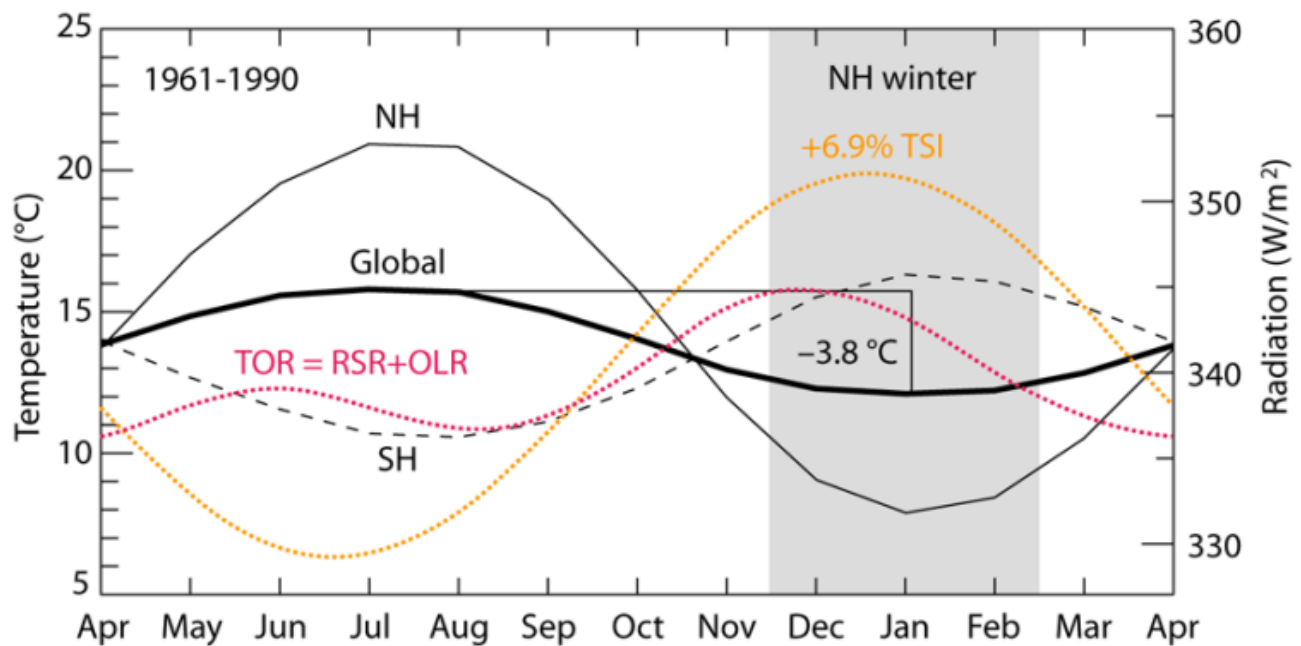


Abb. 3.1. Jährliche Temperatur- und Strahlungsveränderung.

In Abb. 3.1 ändert sich die globale Oberflächentemperatur des Planeten (dicke Linie) im Laufe eines Jahres um 3,8 °C, hauptsächlich weil die NH (dünne Linie) um 12 °C schwankt. Der Planet ist im Januar am kältesten, obwohl er Anfang Januar, wenn sich die Erde im Perihel befindet, 6,9 % mehr Gesamtsonneneinstrahlung (TSI, gestrichelte gelbe Linie) erhält. Der Planet hat zwei Spitzen des Energieverlustes (TOR, Total Outgoing Radiation, ausgehende Langwelle und reflektierte Kurzwelle, gepunktete rote Linie), wenn jede Hemisphäre abkühlt, wobei der höchste Wert während der Abkühlung der NH erreicht wird. Zwischen November und Januar strahlt der Planet mehr Energie ab (TOR) als zu jeder anderen Zeit. Die SH ist die gestrichelte Linie. Der NH-Winter ist der hellgraue Bereich. Die Temperaturdaten für 1961-1990 stammen von Jones et al. 1999. Die Strahlungsdaten stammen aus Carlson et al. 2019.

Aus Abbildung 3.1 geht klar hervor, dass das Klimasystem zwar vollständig von der Sonneneinstrahlung angetrieben wird, die Temperatur der Erde aber dadurch bestimmt wird, was das Klimasystem mit dieser Energie macht, und das Klimasystem ist äußerst komplex. Wie Barry et al. (2002) in dem Zitat oben in diesem Teil sagen, fehlt der modernen Klimatologie eine richtige Theorie darüber, wie die Energie innerhalb des Klimasystems unseres Planeten bewegt wird. Es ist möglich, ein

Modell zu erstellen, das nicht richtig verstanden wird, auch wenn es sehr komplex ist, aber ein solches Modell zu glauben, ist töricht.

Die Energie der Sonne kommt in einer geraden Linie von ihrer Oberfläche, wie man bei einer totalen Sonnenfinsternis deutlich sehen kann. Die Sonne hat am Himmel der Erde eine scheinbare Größe von $0,5^\circ$ und befindet sich in der Ebene der Sonnenbahn, der so genannten Ekliptik. Die Ekliptik ist die Projektion der Erdbahnebene auf den Himmel, und sie ist auch der Weg, den die meisten senkrechten Sonnenstrahlen während eines 24-Stunden-Tages um den Globus zur lokalen Mittagszeit zurücklegen. Aufgrund der Achsenneigung der Erde steht die Sonne nicht immer direkt über dem Äquator, sondern bewegt sich von $23,44^\circ\text{N}$ zur Juni-Sonnenwende bis $23,44^\circ\text{S}$ zur Dezember-Sonnenwende. Die Position der Sonne zu einer bestimmten Tageszeit bestimmt den Einfallswinkel ihrer Strahlung. Bei einem höheren Einfallswinkel (Sonne tiefer am Horizont) wird die von der Sonne kommende Energie über eine größere Fläche verteilt, wodurch die Energiemenge pro horizontaler Flächeneinheit abnimmt. Der Fluss der Sonnenstrahlung pro horizontaler Flächeneinheit an einem bestimmten Ort ist die Sonneneinstrahlung, und sie ist zur Mittagszeit umso höher, je näher der Breitengrad an der Deklination der Sonne liegt, die die Position der Ekliptik in Bezug auf den Äquator markiert. Die Sonneneinstrahlung ist die wichtigste Determinante für die lokale Temperatur.

Aufgrund der Position der Sonne im Verhältnis zur Erde gelangt die meiste Energie in das Klimasystem in den Tropen. Die OLR steigt jedoch mit der absoluten Temperatur und sinkt mit dem Treibhauseffekt und der Wolkenbedeckung. Da die durchschnittliche absolute Oberflächentemperatur nicht so stark mit dem Breitengrad variiert (278-300 K zwischen 60°N - 60°S) und die Treibhausgaskonzentration und die Wolkenbedeckung in den Tropen tendenziell höher sind, variiert die OLR nicht stark mit dem Breitengrad. Das Ergebnis ist, dass der Nettostrahlungsfluss am TOA im Jahresdurchschnitt zwischen ca. 30°N - 30°S positiv (mehr ein- als ausgehend) und zwischen ca. 30° und dem Pol negativ ist. Während der Dezember-Feb-Saison ist der Nettofluss nördlich von 15°N jedoch negativ (Abb. 3.2), und der größte Teil der Nordhemisphäre verliert Energie. Die daraus resultierende Abkühlung aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung und des Nettoenergiedefizits führt zu einem latitudinalen Temperaturgradienten (LTG). Durch den meridionalen Transport (MT) wird Energie entlang des LTG (Abb. 3.2) von Breiten, in denen ein Netto-Energiegewinn (Energiequelle) besteht, zu Breiten, in denen ein Netto-Energieverlust (Energiesenke im Weltraum) besteht, bewegt.

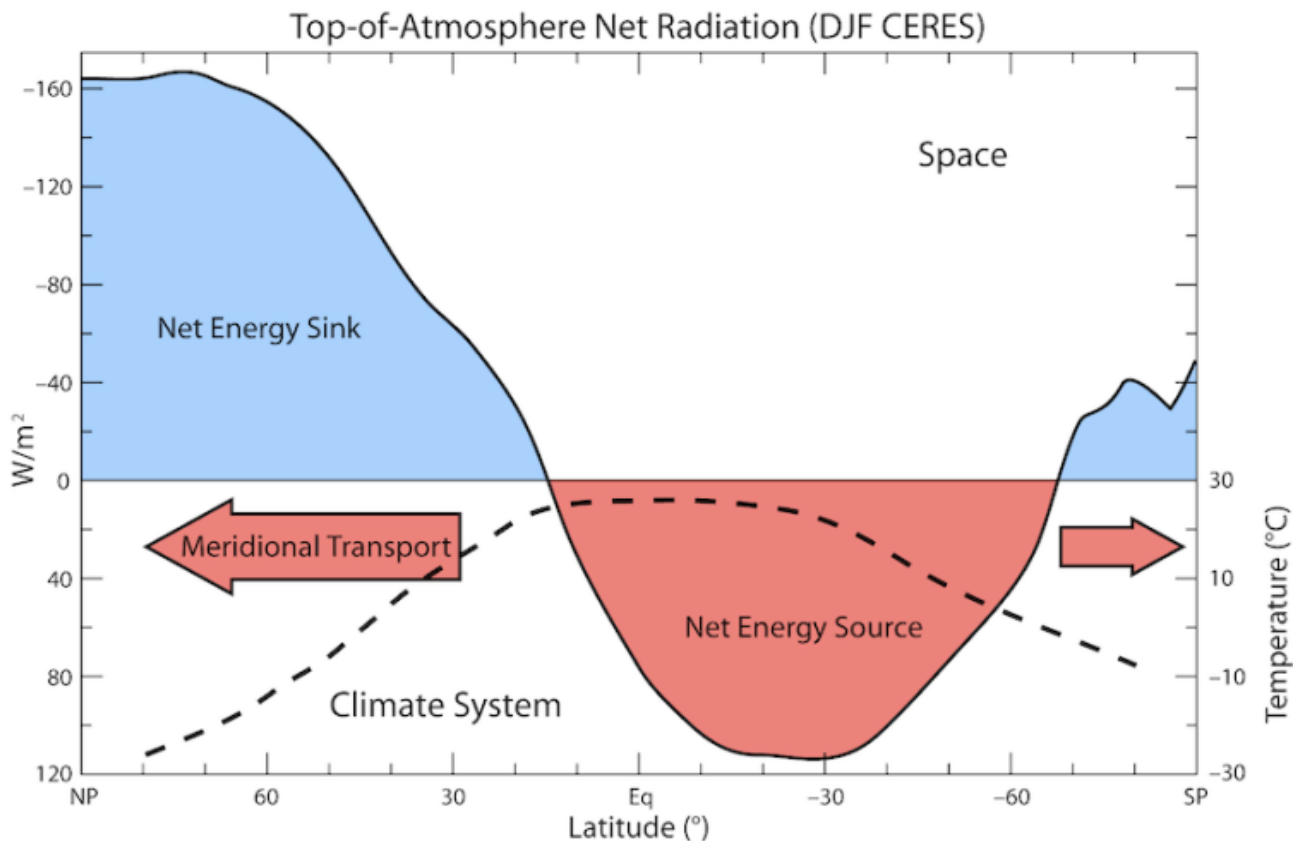


Abb. 3.2. Nettostrahlungsfluss an der Oberseite der Atmosphäre für Dezember bis Februar.

In Abb. 3.2 zeigen die positiven Werte des Nettostrahlungsflusses (rote Fläche) einen Netto-Energiefluss in das Klimasystem an, während negative Werte (blaue Fläche) eine Netto-Energiesenke anzeigen, d. h. einen Nettofluss in den Weltraum. Die Flächen sind aufgrund der Geometrie der Erde nicht proportional zur Energiemenge. Durch den meridionalen Transport wird unter anderem Energie von Regionen mit einem Energieüberschuss in Regionen mit einem Energiedefizit entlang des Temperaturgradienten verschoben. Der Temperaturgradient ist die gestrichelte Linie, die der oberflächennahen Lufttemperatur im Januar entspricht. Durch den meridionalen Transport wird viel mehr Energie in Richtung des Winterpols bewegt. Temperaturdaten von Hartmann 1994. Strahlungsdaten von Randall 2015.

Ohne MT würde die Temperatur in den Regionen, in denen der Netto-Energiefluss am TOA negativ ist, kontinuierlich abnehmen, bis die OLR-Emissionen so niedrig sind, dass sie mit der Sonneneinstrahlung übereinstimmen. In den polaren Nachtregionen läge diese Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt ($-273,15^{\circ}C$). MT wird von der Atmosphäre und dem Ozean entlang des Temperaturgradienten getragen und ist zeitlich variabel. In der Winterhemisphäre wird viel mehr Energie transportiert (stärkere MT) (Abb. 3.2).

3.2 Der Temperaturgradient in den Breitengraden bestimmt das Klima des Planeten

Im physikalischen Universum neigen Prozesse dazu, spontan entlang von Gradienten zu verlaufen, sei es ein Massen- oder Energiegradient oder eine andere Ausprägung davon wie Schwerkraft, Druck oder Temperatur. Das LTG der Erdoberfläche ist eine direkte Folge des Breitengradienten der Sonneneinstrahlung. Die Enthalpie (volumen- und druckbereinigte Energie) tendiert dazu, sich entlang der LTG von Regionen mit höherer zu Regionen mit niedrigerer Enthalpie zu bewegen. Dies ist die Grundlage der MT, aber angesichts der Komplexität des Klimasystems ist dies alles andere als ein passiver Prozess, der nur von der Temperaturdifferenz zwischen den Tropen und den Polen abhängt. Vielmehr handelt es sich um einen hochgradig regulierten Prozess, der bei einem geringeren Temperaturunterschied mehr Energie und bei einem größeren Temperaturunterschied weniger Energie liefern kann. Wie im nächsten Teil gezeigt wird, hat die MT in den ersten beiden Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts zugenommen, obwohl sich die Arktis erwärmt hat, was die LTG verringert.

Wir wissen, dass sich das LTG der Erde im Laufe der geologischen Vergangenheit des Planeten stark verändert hat. In Teil I haben wir gesehen, dass Wladimir Köppen, der russisch-deutsche Wissenschaftler, der im 19. Jahrhundert den Sonnen-Klima-Effekt untersuchte, eine Klimaklassifikation erstellte, die mit einigen Änderungen immer noch verwendet wird. Die Klimazonen werden anhand von Temperatur, Niederschlag und ihrer jahreszeitlichen Verteilung definiert. Viele Pflanzen- und Tiergruppen sind auf einen Lebensraum mit einer engen Temperaturspanne beschränkt, und einige geologische Prozesse sind ebenfalls temperaturabhängig. Mit Hilfe dieser Art von Informationen hat Christopher Scotese mit seinem Paleomap-Projekt(1) die Klimageschichte der Vergangenheit kartiert. Die so gewonnenen Informationen ermöglichen es ihm, alle paar Millionen Jahre ein halbes Dutzend Klimazonen geografisch zu rekonstruieren und daraus die sich verändernden LTG der Erdvergangenheit zu rekonstruieren. Scotese et al. (2021) definieren das Klima und die globalen Temperaturen jeder Periode auf der Grundlage ihrer LTG und zeigen, dass es sich dabei um eine grundlegende Klimavariablen handelt. Scotese definiert das gegenwärtige (21. Jahrhundert) LTG und die globale Temperatur als strenge Eishausbedingungen, was durch die massiven permanenten Eisschilde über der Antarktis und Grönland belegt wird.

Die Existenz sehr unterschiedlicher vergangener Klimata auf der Erde stellt die moderne Klimatologie vor ein unüberwindbares Problem. Während des letzten glazialen Maximums (LGM) vor 20.000 Jahren war die von der Sonne empfangene Energie die gleiche wie heute. Und nicht nur das, auch die Werte für die Präzession und die Schiefe waren die gleichen wie heute, und die Exzentrizität der Umlaufbahn war sehr ähnlich. Die Verteilung der Sonnenenergie über der Erde und der Gradient der Sonneneinstrahlung in Breitenrichtung waren fast identisch mit der

heutigen Situation, doch das Klima war ganz anders. Der Energieeintrag in das Klimasystem muss geringer gewesen sein, weil die Albedo höher und der Treibhauseffekt geringer war. Ein geringerer Energieeintrag und ein größeres LTG hätten den Tropen durch eine viel stärkere MT die Wärme entziehen müssen, was aber nicht der Fall war. Die tropischen Temperaturen während des LGM sind nach wie vor umstritten, aber es scheint, dass sie nur 1-2 °C niedriger waren als heute (Annan & Hargreaves 2015). Dies steht im Einklang mit den von Scotese et al. (2021) vorgelegten Beweisen, dass sich die tropischen Temperaturen im Laufe der letzten 540 Millionen Jahre trotz enormer Veränderungen der Durchschnittstemperatur des Planeten (9-30 °C) nicht wesentlich verändert haben.

Wenn das LGM ein Problem für die Funktionsweise der MT während einer Eiszeit darstellt, so führt das ausgeglichene Klima des frühen Eozäns zu einem Paradoxon, das die moderne Klimatologie nicht lösen kann. Derzeit befindet sich die Erde in einem strengen Eishausklima mit einer sehr steilen LTG. Die Temperatur fällt vom Äquator bis zum Winterpol um 0,6-1 °C/°Breite. Derart kalte oder kältere Bedingungen wie heute waren in den letzten 540 Myr relativ selten (weniger als 10 % der Zeit). Im frühen Eozän herrschte auf der Erde eine geschätzte Durchschnittstemperatur von 23,8 °C, die Scotese als Treibhausbedingungen bezeichnet. Das LTG des frühen Eozäns war mit 0,25-0,45 °C/Breite sehr flach, wobei die Temperaturen am Nordpol das ganze Jahr über über dem Gefrierpunkt lagen, was durch das Vorhandensein von frosttoleranten Lebensformen belegt wird. Diese Gewächshausbedingungen sind noch seltener anzutreffen. Über 80 % des phanerozoischen Äons hatte die Erde eine Durchschnittstemperatur von 17-20 °C (Scotese et al. 2021).

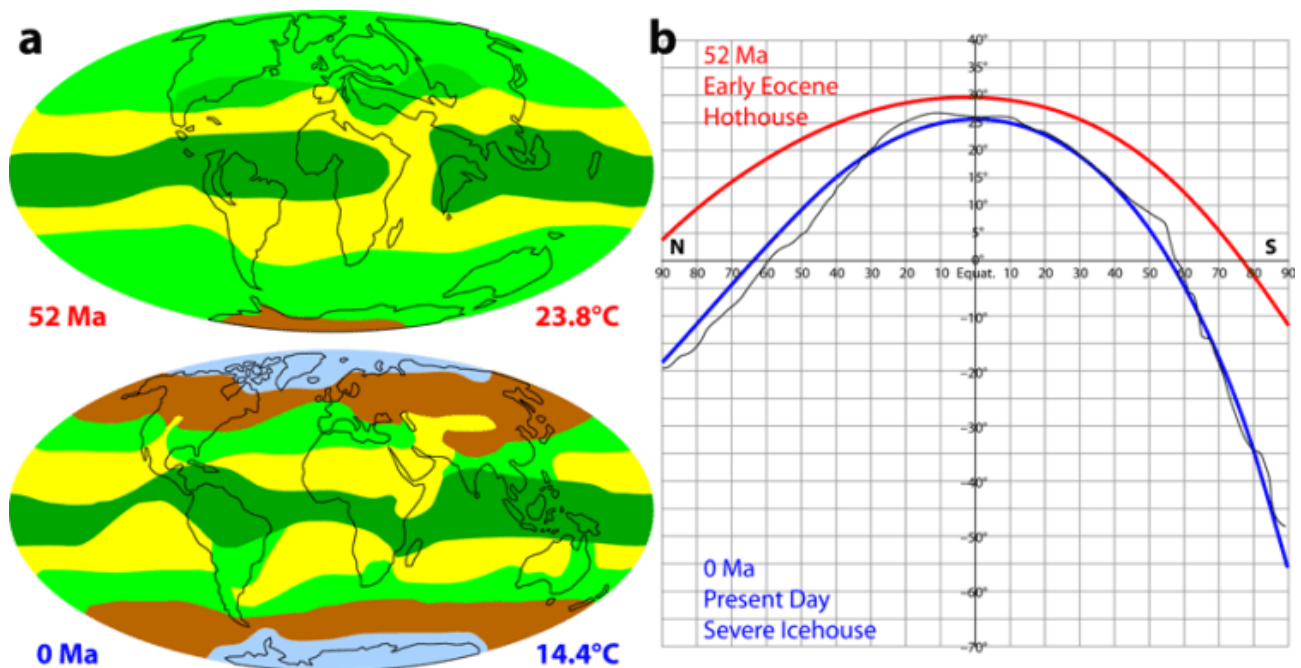


Abb. 3.3. Das Klima der Erde wird durch den latitudinalen Temperaturgradienten definiert.

Abb. 3.3 (a) zeigt die Klimagürtel des frühen Eozäns (oben), die von Scotese et al. 2021 aus fossilen und geochemischen Belegen abgeleitet wurden, und die gegenwärtigen strengen globalen Eishausbedingungen (unten). Die Farben stehen für: äquatoriale feuchte (dunkelgrün), subtropische trockene (gelb), warme gemäßigte (hellgrün), kühle gemäßigte (braun) und polare (hellblau) Gürtel. Bei den angegebenen Temperaturen handelt es sich um den geschätzten globalen Mittelwert für diesen Zeitraum. Tafel (b) zeigt die jeweiligen latitudinalen Temperaturgradienten, wie sie für das frühe Eozän (rot) und die Gegenwart (blau) im Vergleich zu den gemessenen (schwarz, feine Linie) abgeleitet wurden. Nach Scotese et al. 2021.

Das Klima des frühen Eozäns, der Kreidezeit und des frühen Paläogens wird als gleichmäßig definiert, gekennzeichnet durch eine warme Welt mit reduziertem LTG und geringer Saisonalität. Das Versagen der modernen Klimatheorie, diese Perioden zu erklären, wurde als „Gleichgewichtsklima-Problem“ bezeichnet (Huber & Caballero 2011). Um die warmen kontinentalen Innentemperaturen des frühen Eozäns und die über dem Gefrierpunkt liegenden Winter in hohen Breiten zu reproduzieren, müssen die Modelle den CO₂-Gehalt auf 4700 ppm und die tropischen Temperaturen auf 35 °C anheben. Die besten CO₂-Schätzungen für das Klimaoptimum des frühen Eozäns (Beerling & Royer 2011; Steinthorsdottir et al. 2019) gehen jedoch von einem CO₂-Gehalt von 500-1000 ppm aus, und es ist unklar, ob eine tropische Temperatur von über 30 °C möglich ist. Die Überlebensgrenze für Säugetiere liegt bei einer Feuchttemperatur von 35 °C, ab der sie keine Wärme mehr abgeben können (Sherwood & Huber 2010). Die höchste Feuchttemperatur auf der Erde beträgt heute 30 °C, und es gibt keinen Grund zu der Annahme, dass sie zu irgendeinem Zeitpunkt in der Vergangenheit an Orten, an denen Säugetierfossilien gefunden wurden, höher war.

Die Wurzel des Problems des gleichmäßigen Klimas ist das „Paradox des geringen Gradienten“ (Huber & Caballero 2011). Konzeptionell gehen wir davon aus, dass für warme Pole mehr Wärme dorthin transportiert werden muss, um das Defizit der Sonneneinstrahlung auszugleichen. Wärme-MT ist ein sehr wichtiger Teil des planetarischen Energiehaushalts, und es wird allgemein angenommen, dass die Pole ohne sie viel kälter wären. Die MT hängt jedoch vom LTG ab, da ein Großteil des polwärts gerichteten Transports im gegenwärtigen Klima durch atmosphärische Wirbel erfolgt, die aus barokliner Instabilität resultieren (wo Temperaturgradienten an Oberflächen mit konstantem Druck existieren). Das Paradoxon entsteht dadurch, dass die warmen Pole des frühen Eozäns und ihr viel flacheres LTG widersinnigerweise eine geringere MT implizieren. Es ist kein Wunder, dass die Klimamodelle solche Probleme haben, sie zu reproduzieren. In Teil VI wird eine mögliche Lösung für das Paradoxon angeboten.

3.3 Der meridionale Transport wird hauptsächlich von der

Atmosphäre getragen

Die untere Atmosphäre ist ein dünner Gasfilm, der gerade einmal $1/600$ des Erddurchmessers (ca. 10 km) ausmacht und die entscheidende Aufgabe hat, stets eine für komplexes Leben verträgliche Oberflächentemperatur aufrechtzuerhalten, was zumindest in den letzten 540 Myr der Fall war. Dazu muss sie Temperaturunterschiede an der Oberfläche ausgleichen, die durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung entstehen. Zunächst muss sie den Unterschied zwischen Tag und Nacht ausgleichen. Dies geschieht hauptsächlich durch den Treibhauseffekt, der die nächtliche Abkühlung verringert, und durch die Wirkung der Wolken, die die Albedo während des Tages erhöhen und die nächtliche Abkühlung verringern. Außerdem muss er die Abnahme der Sonneneinstrahlung in den Breitengraden und die jahreszeitlichen Veränderungen aufgrund der Achsenneigung des Planeten ausgleichen. Dies geschieht durch den meridionalen Wärmetransport.

Von diesen drei Faktoren, die für die thermische Homöostase der Erde verantwortlich sind – Treibhauseffekt, Wolken und MT – hat sich die moderne Klimatologie ausschließlich auf den ersten konzentriert und die CO₂-Klimahypothese als „Steuerknüppel“ entwickelt (Lacis et al. 2010). Der Einfluss der Wolken und ihrer Variabilität auf den Klimawandel ist noch weitgehend unbekannt. Wie Abbildung 3.2 andeutet, wird Energie zwischen dem Klimasystem und der Außenwelt nur über die TOA ausgetauscht, was dazu führt, dass MT zwangsläufig einen Nettonullwert hat, wenn sie über das Klimasystem integriert wird. Die Verlagerung von Energie von einer Region in eine andere ändert nicht die Energiemenge innerhalb des Systems. Diese Tatsache hat zu der allgemeinen Überzeugung geführt, dass Veränderungen der MT keine signifikante Ursache für den Klimawandel sein können, was den grundlegendsten Fehler der modernen Klimatologie darstellt.

Die Atmosphäre hat die außergewöhnliche Fähigkeit, eine große Menge an Energie schnell und effizient über die gesamte Erdoberfläche zu transportieren. Folglich wird die Meteorologie hauptsächlich von der Atmosphäre getragen. Nur in den tiefen Tropen (10°S-10°N) reicht die Atmosphäre nicht aus, um die Anforderungen der MT zu erfüllen. Dies ist die Region, in der die meiste Energie in das Klimasystem gelangt (Abb. 3.4, schwarze gestrichelte Linie). Der obere Zweig der Hadley-Zelle transportiert jedoch trockene statische Wärme (sensible + geopotentielle Wärme; Abb. 3.4 rot gestrichelte Linie) polwärts, was teilweise durch den äquatorwärts gerichteten Transport latenter Wärme durch den unteren Zweig kompensiert wird (Abb. 3.4 rot gestrichelte Linie). Aus diesem Grund muss der Ozean den größten Teil des Wärmetransports in den tiefen Tropen übernehmen. Der Ozean ist jedoch beim Wärmetransport weniger effizient als die Atmosphäre, und der in den Tropen erforderliche Energietransport ist aufgrund seiner Größe sehr groß, insbesondere im Pazifik. ENSO ist die Antwort auf dieses Problem, denn El Niño sorgt dafür, dass die überschüssige Wärme, die der reguläre MT nicht transportieren kann, in regelmäßigen Abständen aus den tiefen Tropen abgeführt wird. ENSO ist Teil des globalen MT-Systems.

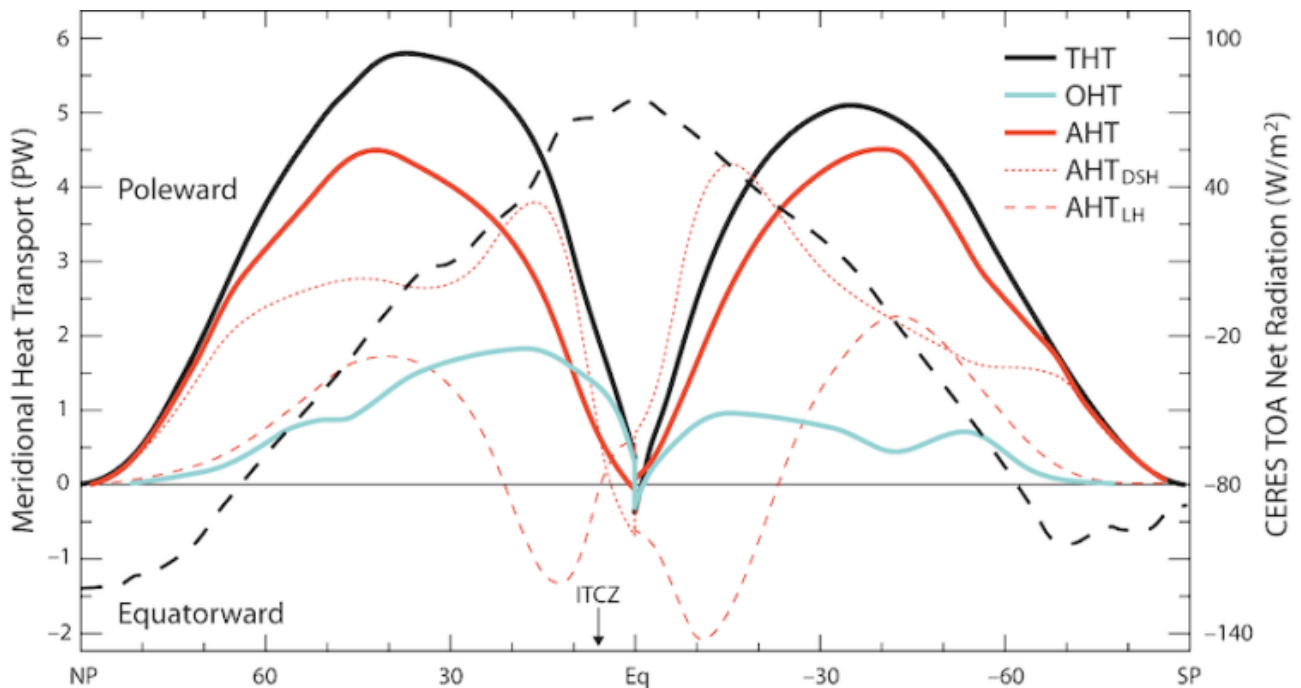


Abb. 3.4. Aufschlüsselung des meridionalen Transports.

In Abb. 3.4 ist die linke Skala der meridionale Transport in petaWatt, berechnet aus Geschwindigkeits-Potential-Temperaturfeldern und dargestellt mit polwärts gerichteten positiven Werten. THT ist der gesamte Wärmetransport; OHT ist der ozeanische Wärmetransport; AHT ist der atmosphärische Wärmetransport; DSH ist die trockene statische Wärme (sensible + geopotentielle); LH ist die latente Wärme; ITCZ ist die intertropische Konvergenzzone. Die Grafik ist nach Yang et al. 2015. Die rechte Skala bezieht sich auf die schwarze gestrichelte Linie, die den CERES TOA-Nettostrahlungsfluss in W/m^2 angibt; ein positiver Wert bedeutet einen Nettozufluss bzw. eine Erwärmung. Die Darstellung ist nach Randall 2015.

Außerhalb der Reichweite der Hadley-Zelle gibt der Ozean den größten Teil der von ihm transportierten Energie an die Atmosphäre ab, insbesondere an den Grenzströmen des westlichen Ozeanbeckens in den mittleren Breiten, und der polwärts gerichtete atmosphärische Latentwärmefluss wird wichtig. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die meiste Energie in der photischen Schicht der tropischen Ozeane in das Klimasystem eintritt, dass sie dann außerhalb der tiefen Tropen hauptsächlich durch die Ozeane und ENSO transportiert wird, und dass die meiste Energie dann in die Atmosphäre übertragen wird, die den Großteil des Transports in den mittleren und hohen Breiten übernimmt. Sobald die Meereiskante erreicht ist, wird der Transport im Wesentlichen ausschließlich von der Atmosphäre durchgeführt, da der Energiefluss durch das Meereis viel geringer ist als der von der flüssigen Ozeanoberfläche. Abgesehen von der Sonneneinstrahlung ist der restliche Energiefluss über die Meeresoberfläche fast überall und zu jeder Zeit positiv in Richtung Atmosphäre, mit Ausnahme einiger Regionen in hohen Breiten im Sommer (Yu & Weller 2007). Die Meeresoberflächentemperatur

ist für den Energiefluss zwischen Ozean und Atmosphäre nicht so wichtig wie die Windgeschwindigkeit und die Luftfeuchtigkeit, die wichtigsten Faktoren für die Verdunstung.

Abbildung 3.4 zeigt, dass MT asymmetrisch ist. Der polwärts gerichtete Transport an der Äquatorlinie ist nahezu null, mit einem kleinen interhemisphärischen Transport (0,2 PW nordwärts). Die Position der intertropischen Konvergenzzone (ITCZ, der klimatische Äquator, der die nördlichen und südlichen Hadley-Zellen trennt) schwankt zwischen 15°S und 30°N und liegt im Jahresmittel bei ca. 6°N. Der Polwärtstransport nimmt mit der Entfernung vom Äquator zu, da die Wärme aus einer größeren Region polwärts transportiert wird. Die MT der nördlichen Hemisphäre (NH) ist größer, weil die MT der nördlichen Ozeane größer ist. Dies ist auf eine nordwärts gerichtete interhemisphärische ozeanische MT von 0,4 PW, hauptsächlich durch den Atlantischen Ozean, zurückzuführen, die zum Teil durch eine südwärts gerichtete interhemisphärische MT von 0,2 PW durch die Atmosphäre aus der ITCZ kompensiert wird (Marshall et al. 2013). Polwärts von 45° wird die nördliche atmosphärische MT größer als die südliche, was auf einen größeren fühlbaren Wärmetransport durch Wirbel zurückzuführen ist, insbesondere im Winter. Dieser Transport spiegelt einen größeren Ozean-Atmosphären-Fluss an der westlichen Grenze der mittleren Breitenströme wider (Yu & Weller 2007), der für ein wärmeres Winterklima in den europäischen mittleren Breiten und für die arktische Wintererwärmung verantwortlich ist. Wie in Abbildung 3.4 zu sehen ist, ist die 70-90° TOA-Nettostrahlung in der Arktis negativer als in der Antarktis. Dies ist das offensichtliche Ergebnis eines größeren Wärmetransports in die Arktis im Winter.

Der Transport von Energie durch die Atmosphäre ist mit dem Transport von Masse, Impuls, Chemikalien, Feuchtigkeit und Wolken verbunden. Er findet in der Troposphäre statt, hauptsächlich auf den bevorzugten Routen über den Ozeanbecken, und in der Stratosphäre. Wie wir in Abschnitt 2.5 gesehen haben, findet ein Drehimpulsaustausch zwischen dem festen Erdozean und der Atmosphäre statt. In niedrigen Breiten sind die Oberflächenwinde östlich und fließen in die der Erdrotation entgegengesetzte Richtung, so dass die Atmosphäre durch Reibung mit dem festen Erdozean an Drehimpuls gewinnt, was ihre Rotationsgeschwindigkeit verringert, während in mittleren Breiten die Oberflächenwinde westlich sind und die Atmosphäre Drehimpuls an den festen Erdozean verliert, was ihre Rotationsgeschwindigkeit erhöht, so dass ein polwärts gerichteter atmosphärischer Drehimpulsfluss erforderlich ist, um den Drehimpuls zu erhalten und die Rotationsgeschwindigkeit beizubehalten.

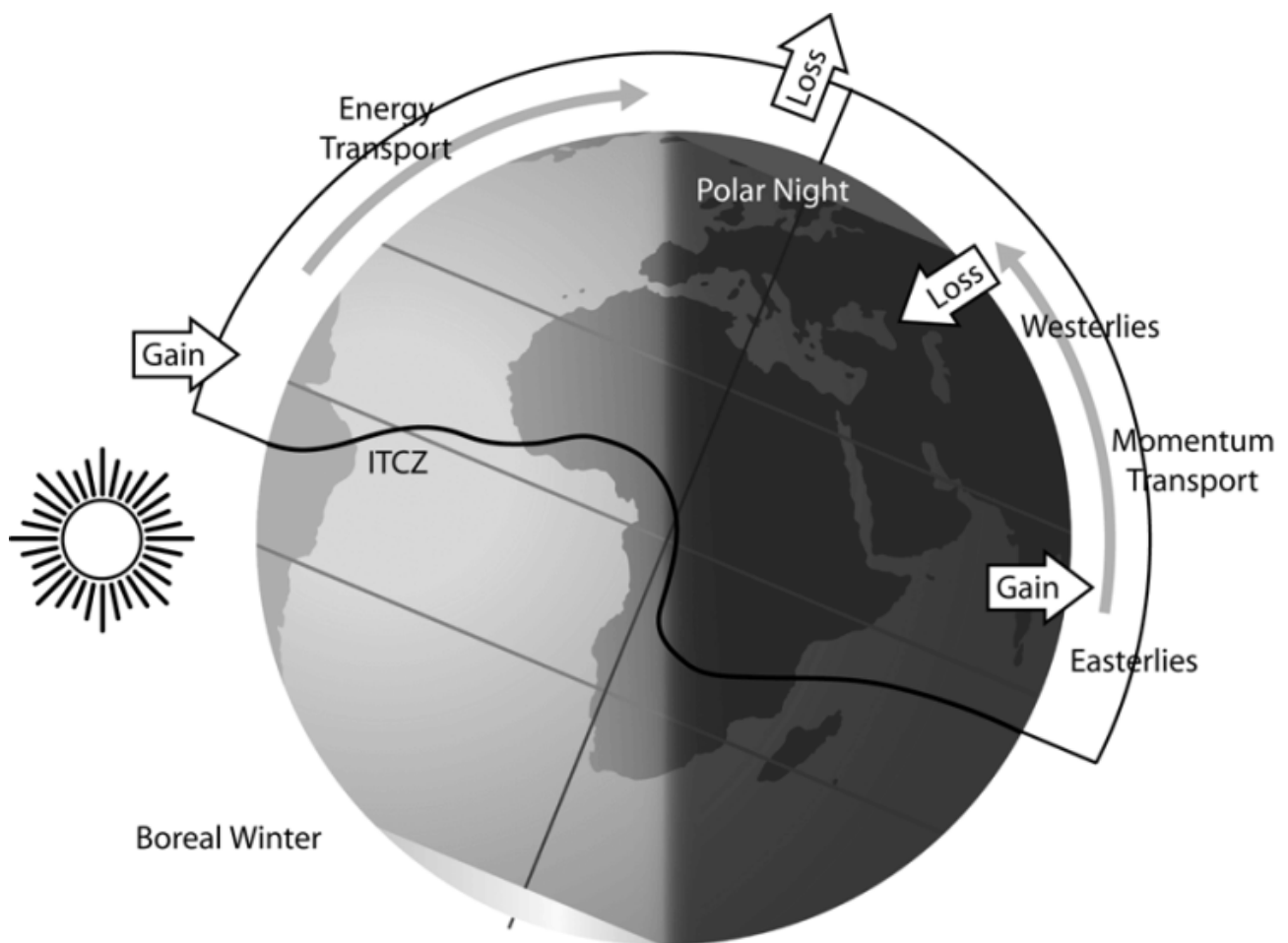


Abb. 3.5. Meridionaler Transport von Energie (links) und Drehimpuls (rechts), der sich aus dem beobachteten Zustand der Atmosphäre ergibt.

Im Energiehaushalt gibt es einen Netto-Strahlungsgewinn in den Tropen und einen Netto-Verlust in hohen Breitengraden. Um den Energiehaushalt in jedem Breitengrad auszugleichen, ist ein polwärts gerichteter Energiefluss erforderlich, wie in Abb. 3.5 dargestellt. Im Drehimpulshaushalt gewinnt die Atmosphäre in niedrigen Breiten durch östliche Oberflächenwinde Drehimpuls und verliert ihn in den mittleren Breiten durch westliche Oberflächenwinde. Ein polwärts gerichteter atmosphärischer Drehimpulsfluss ist impliziert. Es ist bekannt, dass der meridionale Energie- und Impulstransport durch ENSO, die quasi-biennale Oszillation und die Sonnenaktivität moduliert wird. Abb. 3.5 ist nach Marshall & Plumb 2008

Änderungen des atmosphärischen Drehimpulses (AAM) müssen durch Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit des festen Erdozeans ausgeglichen werden, um den Impuls zu erhalten, und sie sind hauptsächlich auf die saisonalen Änderungen der zonalen Windzirkulation zurückzuführen. Die zonale Windzirkulation ist im Winter stärker, wenn mehr Drehimpuls in der Atmosphäre verbleibt, weil das LTG tiefer ist, so dass sich die Erde im Januar und Juli schneller dreht und im April und Oktober langsamer, wenn die zonale Zirkulation schwächer ist. Wie in Teil II erwähnt, werden diese kleinen Änderungen in der

Rotationsgeschwindigkeit der Erde als Änderungen der Tageslänge (ΔLOD) im Mikrosekundenbereich gemessen, d. h. als Differenz zwischen der Tageslänge und 86 400 internationalen Standardsekunden. Die jahreszeitlichen Schwankungen der ΔLOD spiegeln Veränderungen der zonalen Zirkulation (Lambeck & Cazennave 1973) und damit der MT wider. Die zweijährige Komponente von ΔLOD spiegelt Änderungen des QBO wider (Lambeck & Hopgood 1981), die drei- bis vierjährige Komponente entspricht dem ENSO-Signal (Haas & Scherneck 2004), und die dekadische Änderung von ΔLOD spiegelt Änderungen der Sonnenaktivität wider (Barlyaeva et al. 2014).

Die Sonne, QBO und ENSO sind drei Faktoren, die die Kopplung der tropischen Stratosphäre mit dem Polarwirbel (PV) und der polaren Troposphäre beeinflussen und den Wärme- und Feuchtigkeitstransport zum Winterpol regulieren. Da sie die zonale Windzirkulation beeinflussen, ist es nicht verwunderlich, dass sie auch die Rotationsgeschwindigkeit beeinflussen. Doch während die Rolle von ENSO und QBO bei der Veränderung von AAM und ΔLOD weithin bekannt ist und darüber berichtet wird, wird die Rolle der Sonne weitgehend ignoriert.

3.4 Wintertransport in die Arktis. Die größte Wärmesenke des Planeten

Man geht davon aus, dass der hemisphärische Temperaturunterschied (Abb. 3.1) vor allem auf den größeren Landanteil in der NH (67,3 % der globalen Landmasse) zurückzuführen ist, der sich stärker erwärmt und abkühlt als die Meeresoberfläche. Die Antwort ist jedoch komplexer, da sie auch die Asymmetrie der MT einbezieht (Kang et al. 2015). Wie wir gesehen haben, sind einige der Folgen davon die bevorzugte Lage der ITCZ in der NH und ein interhemisphärischer Nettowärmetransport von der SH in die NH. Die Asymmetrie des hemisphärischen Transports resultiert auch aus der Verringerung der MT zur Südpolarkappe, die durch den Antarktischen Zirkumpolarstrom und den Südlichen Ringmodus behindert wird, die die Antarktis klimatisch isolieren. Das Ergebnis dieser Asymmetrien ist, dass trotz des viel kälteren Südpols mehr Energie zum Nordpol transportiert wird (Peixoto & Oort, 1992). Infolge der wärmeren Atmosphäre verliert die Polarregion 70-90°N im Laufe des Jahres etwa 10 W/m² mehr Wärme als die Polarregion 70-90°S. Der Verlust ist im borealen Winter, wenn die Atmosphäre 120 W/m² über 70°N transportiert, viel größer als im Sommer, wenn sie 80 W/m² transportiert (Peixoto & Oort, 1992). Der größte Teil des Transports wird durch instationäre Wirbel und die mittlere meridionale Zirkulation bewirkt, aber der Unterschied zwischen Winter und Sommer ist hauptsächlich auf stationäre Wirbel entlang von Sturmbahnen zurückzuführen, die im Winter für den größten Teil der Zunahme verantwortlich sind (Abb. 3.6). Über 80 % der Energie, die während der warmen Jahreszeit in die Nordpolarregion transportiert wird, wird zum Schmelzen von Schnee und Eis und zur Erwärmung des Ozeans verwendet. Etwa zwei Drittel dieser Energie sind gespeicherte Energie, die in der kalten Jahreszeit durch Abkühlung und Wiedereinfrieren in die Atmosphäre zurückgeführt wird und größtenteils durch OLR verloren geht.

Infolge dieser Unterschiede verliert die Nordpolarregion in den jeweiligen Wintern 20 % mehr Energie als die Südpolarregion und stellt damit die größte Wärmesenke des Planeten dar (Abb. 3.2).

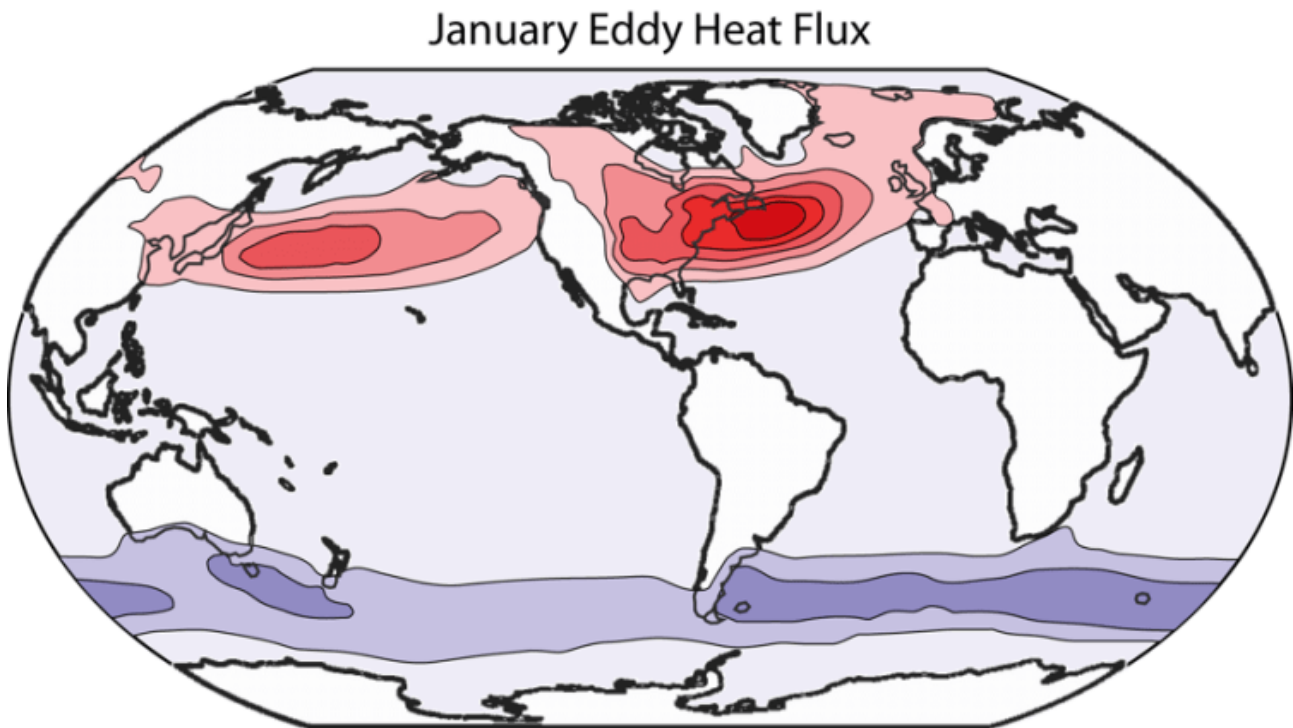


Abb. 3.6. Wärmestrom durch Wirbel im Januar nach Norden.

In Abb. 3.6 sehen wir, dass der subtropische NH-Jet während des borealen Winters zwei Maxima stromabwärts des Himalaya und der Rocky Mountains über dem Pazifik bzw. Atlantik aufweist. Diese Windgeschwindigkeitsmaxima führen zu kräftigen Sturmwirbeln in den mittleren Breitengraden, die den Sturmzügen folgen, die die Haupttore in die Arktis bilden. Die Kontur ist 5 K m/s. Die blaue Schattierung im SH zeigt die südwärts gerichtete Strömung an. Abb. 3.6 ist nach Hartmann 2016

Im Winter wird fast die gesamte Energie, die an dieser Wärmesenke verloren geht, von der Atmosphäre dorthin transportiert, da die Gleichgewichtstemperatur des Meerwassers in Kontakt mit dem Eis unabhängig von der atmosphärischen Temperatur und der Meereisdicke praktisch konstant ist. Meereis ist ein sehr guter Isolator ($K \approx 2,2 \text{ W/m K}$). Im Vergleich zu einem Verlust von 310 W/m^2 für freiliegende Gewässer bei einem Temperaturunterschied von 30°C reduziert eine 2 m dicke Eisschicht den Verlust auf nur 30 W/m^2 (Peixoto & Oort, 1992). Es ist klar, dass der große Verlust an winterlichem Meereis in den letzten 45 Jahren eine starke negative Rückkopplung auf die globale Erwärmung darstellt.

Trockene statische (sensible + geopotentielle) Wärme wird sowohl von der mittleren (20-100 km Höhe) als auch von der unteren Atmosphäre in die

winterliche Arktis gebracht, während latente Wärme (Feuchtigkeit) fast ausschließlich von der unteren Atmosphäre transportiert wird. Abbildung 3.7 zeigt den winterlichen atmosphärischen Wärmetransport in der NH. Der Transport in der oberen Atmosphäre ist interhemisphärisch, macht aber nur 0,1 % der Atmosphärenmasse aus und ist daher für energetische Betrachtungen irrelevant. Die Stratosphäre enthält 15 % der atmosphärischen Masse, und ihr meridionaler Transport wird als Brewer-Dobson-Zirkulation (BDC) bezeichnet. Die Luft tritt am tropischen Kanal (Abb. 3.7) in die Stratosphäre ein, und zwar durch eine kalte Region oberhalb der tropischen Tropopause, wo sie den größten Teil ihres Wasserdampfs verliert. In der oberen Stratosphäre ist der tiefe Zweig der BDC interhemisphärisch und bewegt sich auf den Winterpol zu. In der unteren Stratosphäre ist der flache Zweig der BDC polwärts gerichtet, obwohl er in Richtung des Winterpols stärker ist. In den mittleren und hohen Breiten sinkt die BDC-Luft durch die Tropopause in Richtung Oberfläche. Die BDC wird durch das thermische Gleichgewicht der meridionalen Winde, das durch das LTG hergestellt wird, und durch planetarische und synoptische Wellen angetrieben, die Energie und Impuls an die mittlere Strömung abgeben, wenn sie sich auflösen.

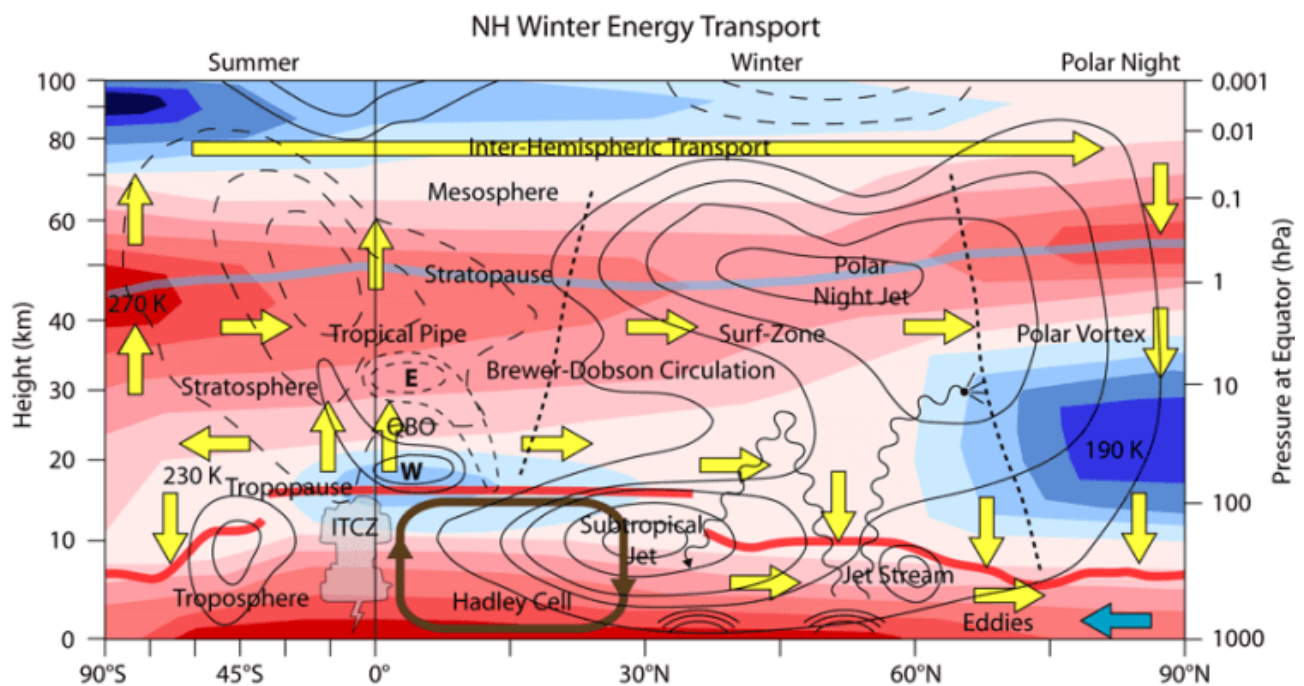


Abb. 3.7. Schematische Darstellung der atmosphärischen Zirkulation zur Dezembersonnenwende in einer zweidimensionalen unteren und mittleren atmosphärischen Ansicht.

In Abb. 3.7 geben die Hintergrundfarben die relativen Temperaturen in 10-K-Schritten an, wobei Rot für wärmer und Dunkelblau für kälter steht. Die vertikale Skala ist logarithmisch, und die SH-Breitenskala ist komprimiert. Westliche Winde werden durch dünne Linien dargestellt, östliche Winde durch dünne gestrichelte Linien. Die Tropopause (dicke orangefarbene Linie) trennt die Troposphäre und die Stratosphäre, die

Stratopause (dicke stahlblaue Linie) die Stratosphäre und die Mesosphäre. Die dicken gepunkteten Linien trennen den Tropen-Kanal (Aufstiegszone), die Brandungszone (Wellenbrecherzone) und den Polarwirbel. Planetarische Wellen (Wellenlinien) werden in kontrastreichen Bereichen (konzentrische Linien an der Oberfläche) erzeugt und können die Stratosphäre durchqueren, abgelenkt werden und sich in der Stratosphäre brechen oder in die Troposphäre zurückgebrochen werden. Die quasi-biennale Oszillation (QBO) ist mit ihren östlichen und westlichen Komponenten in Äquaturnähe dargestellt. Die intertropische Konvergenzzone (ITCZ) ist als hohe Gewitterwolke dargestellt. Die Hadley-Zirkulation ist in Dunkelbraun dargestellt. Andere atmosphärische Zirkulationen sind durch gelbe Pfeile dargestellt, mit Ausnahme der äquatorwärts gerichteten Zirkulation der unteren Troposphäre in Türkis. Die stratosphärische Zirkulation wird als Brewer-Dobson-Zirkulation bezeichnet. Ihr tiefer Zweig (obere Stratosphäre) und die mesosphärische Zirkulation sind vom Sommer- zum Winterpol interhemisphärisch. Die troposphärische Zirkulation wird hauptsächlich von Wirbeln getragen, der Rest von der mittleren Restzirkulation. Zur Dezembersonnenwende herrscht in den Regionen nördlich von 72° Polarnacht. Die Abbildung stammt von Vinós 2022.

Die herbstliche Abkühlung der arktischen Atmosphäre führt zum Ende des sommerlichen Polarwirbels, da der Druck abnimmt und die Ostwinde, die eine Ausbreitung der Wellen nach oben verhindern, durch Westwinde ersetzt werden. Es bildet sich ein polzentrierter Sturmwirbel (Tiefdruckzentrum mit gegen den Uhrzeigersinn drehenden Winden), der als Polarwirbel (PV) bezeichnet wird. Die winterlichen Westwinde der NH sind so stark, dass sie nur die vertikale Wellenausbreitung bis in die Stratosphäre von planetarischen Wellen der höchsten Amplitude (zonale Wellenzahl 1 und 2) zulassen. Die Wellen geben ihren Impuls und ihre Energie in einem Bereich der Stratosphäre ab, der als „Surf-Zone“ bezeichnet wird (McIntyre & Palmer 1984). Die Auswirkung auf die mittlere zonale Zirkulation ist eine Verlangsamung der Westwinde, wodurch die thermische Struktur gestört wird. Da das LTG bei schwächeren Westwinden nicht aufrechterhalten werden kann, wird die Luft innerhalb der PV nach unten gedrückt und erwärmt sich adiabatisch, während sie außerhalb der PV nach oben gedrückt wird und abkühlt. Die arktische Polaratmosphäre kann sich in der unteren Stratosphäre um 30 °C und in der oberen Stratosphäre um bis zu 100 °C erwärmen. Da die arktische Atmosphäre während des Winters einer starken Strahlungskühlung unterliegt, kühlt sich die Stratosphäre ab, und die Westwinde gewinnen wieder an Geschwindigkeit. Wenn sich die Wellenausbreitung abschwächt, geschieht das Gegenteil, und die Temperatur in 30 km Höhe über der Arktis kann auf bis zu -80 °C sinken.

Nördlich von 20°N wird die Atmosphäre zum Hauptträger der Wärme in Richtung Pol. Während des NH-Winters wird die Wärme hauptsächlich durch planetarische Wellen und stark veränderliche Wirbel (Zyklonen) in die Arktis transportiert. Sturmwirbel entstehen, breiten sich aus und lösen sich bevorzugt in Sturmbahnen auf. Sie bilden sich tendenziell dort, wo

die Temperaturgradienten an der Oberfläche groß sind (Shaw et al. 2016). Der Jetstream beeinflusst ihre Geschwindigkeit und Zugrichtung. Der winterliche Wärmestrom der Stürme zeigt die bevorzugten Gebiete für Sturm-Zugbahnen (Abb. 3.6; Hartmann 2016).

Einige wenige Extremereignisse pro Saison, die mit einzelnen Wettersystemen verbunden sind, sind für einen großen Teil der in den arktischen Winter transportierten Wärme und Feuchtigkeit verantwortlich. In Abbildung 3.8 ist eines dieser Extremereignisse dargestellt, das in den letzten Tagen des Jahres 1999 und den ersten Tagen des Jahres 2000 stattfand und von Woods und Caballero (2016) untersucht wurde.

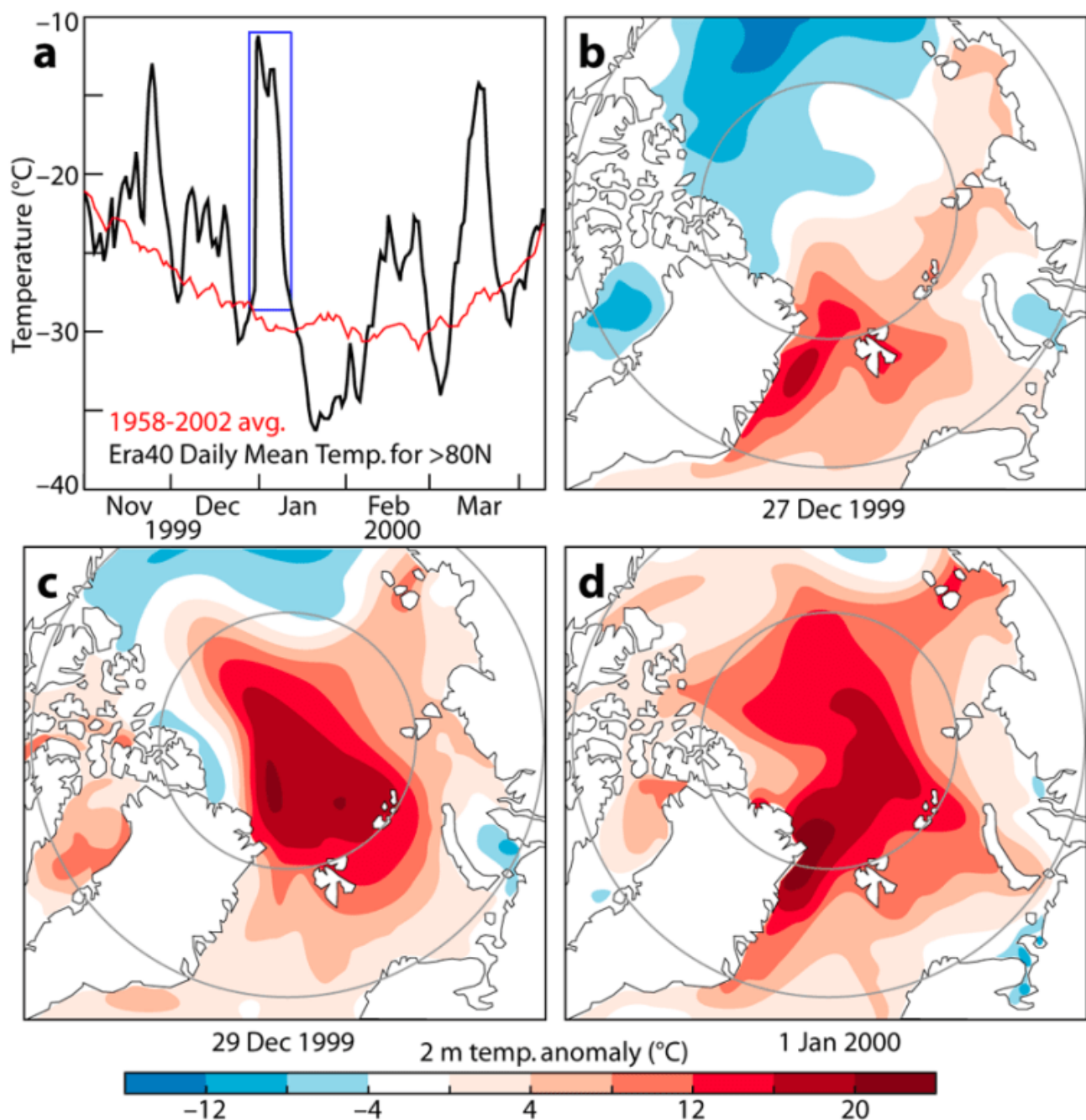


Abb. 3.8. Intensives Vordringen feuchter Warmluft in die Arktis im Winter.

In Abb. 3.8 ist in Feld (a) der Tagesmittelwert der Temperatur nördlich von 80°N für November 1999 bis März 2000 (schwarze Linie) aus der ERA40-Wetter-Reanalyse und der Durchschnittswert von 1958 bis 2002 (rote Linie) dargestellt. Ein blaues Rechteck markiert das Ereignis. Die Daten stammen vom Dänischen Meteorologischen Institut (2021). b-d) Anomalie der Lufttemperatur in der Arktis zu verschiedenen Zeiten während des Intrusionseignisses. Die Abbildung ist nach Woods & Caballero (2016)

Nach Nakamura und Huang (2018) entwickelt sich ein Blocking wie ein Stau, wenn die Kapazität des Jetstreams für den Fluss der Wellenaktivität (ein Maß für die Mäanderbildung) überschritten wird. Großräumige Blockierungsbedingungen entwickeln sich östlich jedes Ozeanbeckens und lenken Zyklone der mittleren Breiten polwärts ab (Woods et al., 2013). Infolgedessen ist ein großer Teil der in die Arktis transportierten latenten Wärme das Ergebnis einer begrenzten Anzahl von Wettersystemen, die hauptsächlich durch ein nordatlantisches Tor (300-60°E) in die Arktis gelangen, gefolgt von einem nordpazifischen Tor (150-230°E) und einem weniger wichtigen sibirischen Tor (60-130°E; Mewes & Jacobi 2019; Woods et al. 2013). Über dem Atlantik ist die Winterblockierung stark antikorreliert mit der Nordatlantischen Oszillation (Wazneh et al., 2021).

Wenn wir wissen, wie die Wärme in die Arktis transportiert wird, können wir das Phänomen der arktischen Verstärkung untersuchen. Allgemeine Zirkulationsmodelle haben seit ihren Anfängen eine polare Verstärkung als Folge der globalen Erwärmung vorhergesagt. Denn wie in Abbildung 3.3 zu sehen ist, ist die Temperaturveränderung bei Klimaveränderungen auf der Erde umso größer, je höher der Breitengrad ist. Bei der heutigen globalen Erwärmung wurde jedoch keine antarktische Verstärkung beobachtet, und 1995 war die arktische Verstärkung trotz der intensiven globalen Erwärmung in den vorangegangenen 20 Jahren so gering, dass Curry et al. (1996) feststellten: *„Das relative Fehlen einer beobachteten Erwärmung und der relativ geringe Eisrückgang könnten darauf hindeuten, dass die GCMs die Empfindlichkeit des Klimas gegenüber Prozessen in den hohen Breitengraden überbetonen.“* Das sollte sich in diesem Jahr ändern, als sich die arktische Erwärmung plötzlich beschleunigte (Abb. 3.9). Aber die Frage ist immer noch gültig. Warum war die arktische Verstärkung vor 1996, als eine intensive globale Erwärmung stattfand, gering und nach 1996, als die globale Erwärmungsrate abnahm (die Pause), groß? Die moderne Klimatologie hat darauf keine Antwort.

[Kursiv im Original]

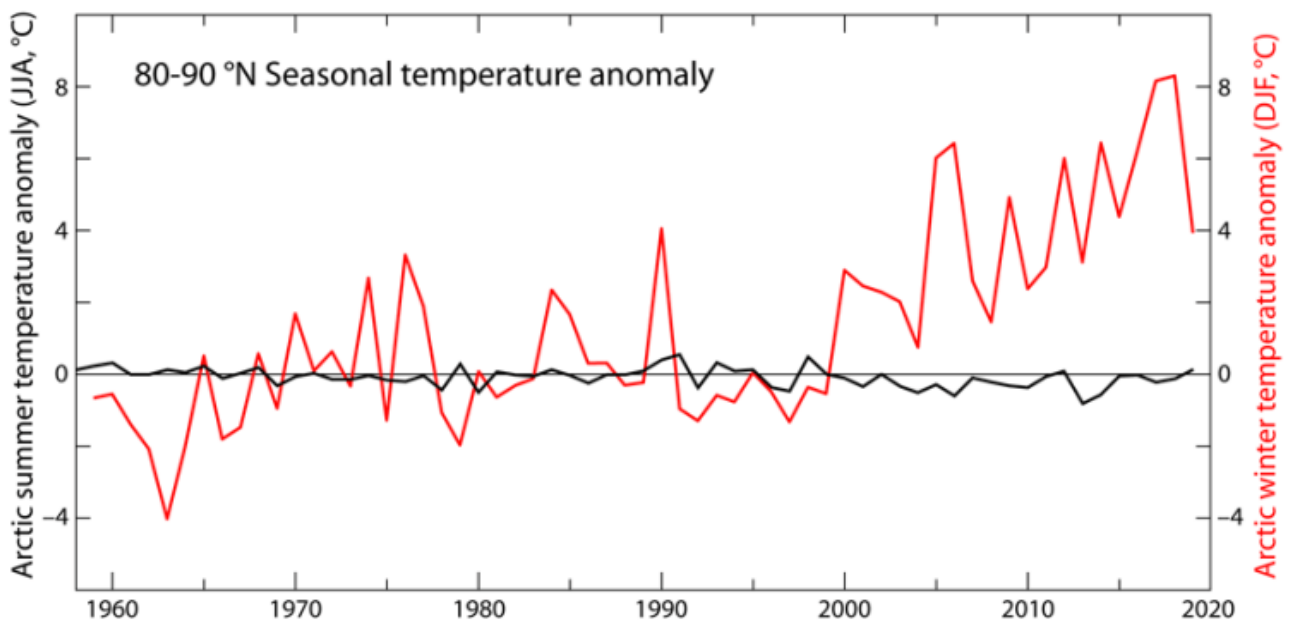


Abb. 3.9. Arktische saisonale Temperaturanomalie.

In Abb. 3.9 ist die schwarze Kurve die mittlere Temperaturanomalie des Sommers (Juni-August), die mit dem operationellen atmosphärischen Modell des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) für die Region $+80^{\circ}\text{N}$ berechnet wurde. Die rote Kurve ist die entsprechende mittlere Temperaturanomalie im Winter (Dezember-Februar) für dieselbe Region. Referenzklima ist das ECMWF- ERA40-Reanalysemodell für 1958-2002. Die Daten stammen vom Dänischen Meteorologischen Institut.

Wie wir oben gesehen haben (z.B. Abb. 3.2), stellt die Arktis im Winter die größte Wärmesenke (Nettoenergieverlust an den Weltraum) des Planeten dar. Die Niederschlagsmenge in der Arktis beträgt im Sommer ca. 1,5 cm, sinkt aber im Winter auf ca. 0,2 cm (Wang & Key, 2005), den niedrigsten Wert außerhalb der Antarktis. Infolgedessen wird die Bewölkung im Winter geringer, was den Energieverlust erhöht. Mit einer geringeren Wolkenbedeckung, fast keinem Wasserdampf und keinem Albedo-Effekt hat die Arktis im Winter im Wesentlichen keine Rückwirkungen auf den Treibhauseffekt durch CO_2 . Mehr noch, van Wijngaarden & Happer (2020) stellen fest, dass *„die relativ warmen Treibhausgasmoleküle in der Atmosphäre über der kalten Oberfläche die Erde dazu veranlassen, mehr Wärme von den Polen in den Weltraum abzustrahlen, als dies ohne Treibhausgase möglich wäre.“*

[Kursiv im Original]

Es ist klar, dass die Verstärkung der Arktis die Folge eines Anstiegs der MT ist, da die Arktis ein negatives jährliches Energiebudget hat und der Anstieg des Treibhauseffekts es nicht weniger negativ macht. Die Erwärmung in der Arktis, insbesondere im Winter, kann nur durch eine Zunahme des Wärmetransports aus niedrigeren Breiten entstehen. Der

Anstieg des arktischen Wärmetransports, der nicht zurück in niedrigere Breiten exportiert wird, verteilt sich auf erhöhte OLR und erhöhte langwellige Abwärtsstrahlung. Die verstärkte Abwärtsstrahlung erhöht die Oberflächentemperatur, aber aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit von Eis und da der Wärmestrom im Winter immer vom wärmeren Ozean in die Atmosphäre fließt, kommt es häufig zu Temperaturinversionen, die oft von Feuchtigkeitsinversionen begleitet werden, und die Abkühlung durch Strahlung setzt sich von der Spitze der Inversion oder der Oberseite der Wolken fort, bis der Wasserdampf gefriert und ausfällt, wodurch der ursprüngliche sehr kalte Zustand wiederhergestellt wird (Abb. 3.8a).

Der Wärmetransport im arktischen Winter wird zu Zeiten verstärkt, wenn über dem Pol hohe Druckverhältnisse herrschen, die zu einem schwachen oder gespaltenen Wirbel führen. Warme Luft dringt dann in die zentrale Arktis ein, wo sie über die kalte Luft aufsteigt (isentropischer Auftrieb) und diese nach außen drückt. Infolgedessen bewegen sich kalte arktische Luftmassen über die Kontinente der mittleren Breiten und erzeugen anomal niedrige Temperaturen und Schnee. Seit Beginn der arktischen Verstärkung hat die Häufigkeit kalter Winter in den mittleren Breiten zugenommen, was die Modelle nicht erklären können (Cohen et al. 2020), aber etwas Ähnliches fand zwischen 1920-40 statt (Chen et al. 2018).

In diesem Teil haben wir untersucht, wie das LTG die grundlegendste Klimavariablen darstellt und durch welche Mechanismen es die MT von Energie in Richtung der Pole antreibt. Im nächsten Teil werden wir untersuchen, was passiert, wenn sich diese Mechanismen auf koordinierte Weise ändern, wie es geschah, als die arktische Verstärkung nach 1996 begann.

(1) <http://www.scotese.com/climate.htm>

References

Glossary/abbreviations

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2022/08/16/the-sun-climate-effect-the-winter-gatekeeper-hypothesis-iii-meridional-transport-the-most-fundamental-climate-variable/>

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

Die „bevor stehende Klima-Anarchie“ ... Lauft schnell weg!!!

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2022

[David Middleton](#)

Wussten Sie, dass „?!?“ ein Interrobang ist? Ich wusste es auch nicht, bis ich anfang, diesen Beitrag zu schreiben.

Was kommt nach der bevor stehenden Klima-Anarchie?

[PARAG KHANNA](#)

15. AUGUST 2022

Khanna ist Gründer von Future Map und Autor des neuen Buches [MOVE: The Forces Uprooting Us.](#)

Im Jahr 2021 erreichen die weltweiten Kohlendioxidemissionen mit [36,3 Milliarden Tonnen](#) den höchsten jemals gemessenen Wert. In diesem Jahr wird die Zahl der internationalen Flüchtlinge die 30-Millionen-Grenze überschreiten, ebenfalls die höchste Zahl aller Zeiten. Angesichts des Anstiegs des Meeresspiegels und der Temperaturen sowie des Aufflammens geopolitischer Spannungen kann man sich der Schlussfolgerung nur schwer entziehen, dass die Menschheit auf einen systemischen Zusammenbruch zusteuert. Die Supermächte werden keine Rettung sein: Die USA, die in einem „neuen Kalten Krieg“ gefangen sind, schwanken zwischen Populismus und Inkompetenz, während China im eigenen Land blockiert bleibt und viele Nationen im Ausland verprellt.

Wir sind nicht sehr gut darin, die nächsten fünf Tage vorauszusagen, geschweige denn fünf Jahre.

...

Heute ist es in Mode, vom Zusammenbruch der Zivilisation zu sprechen. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) stellt [fest](#), dass bereits ein Anstieg um 1,5 Grad Celsius bis 2025 verheerende Folgen für die weltweiten Ernährungssysteme haben wird.

...

[TIME](#)

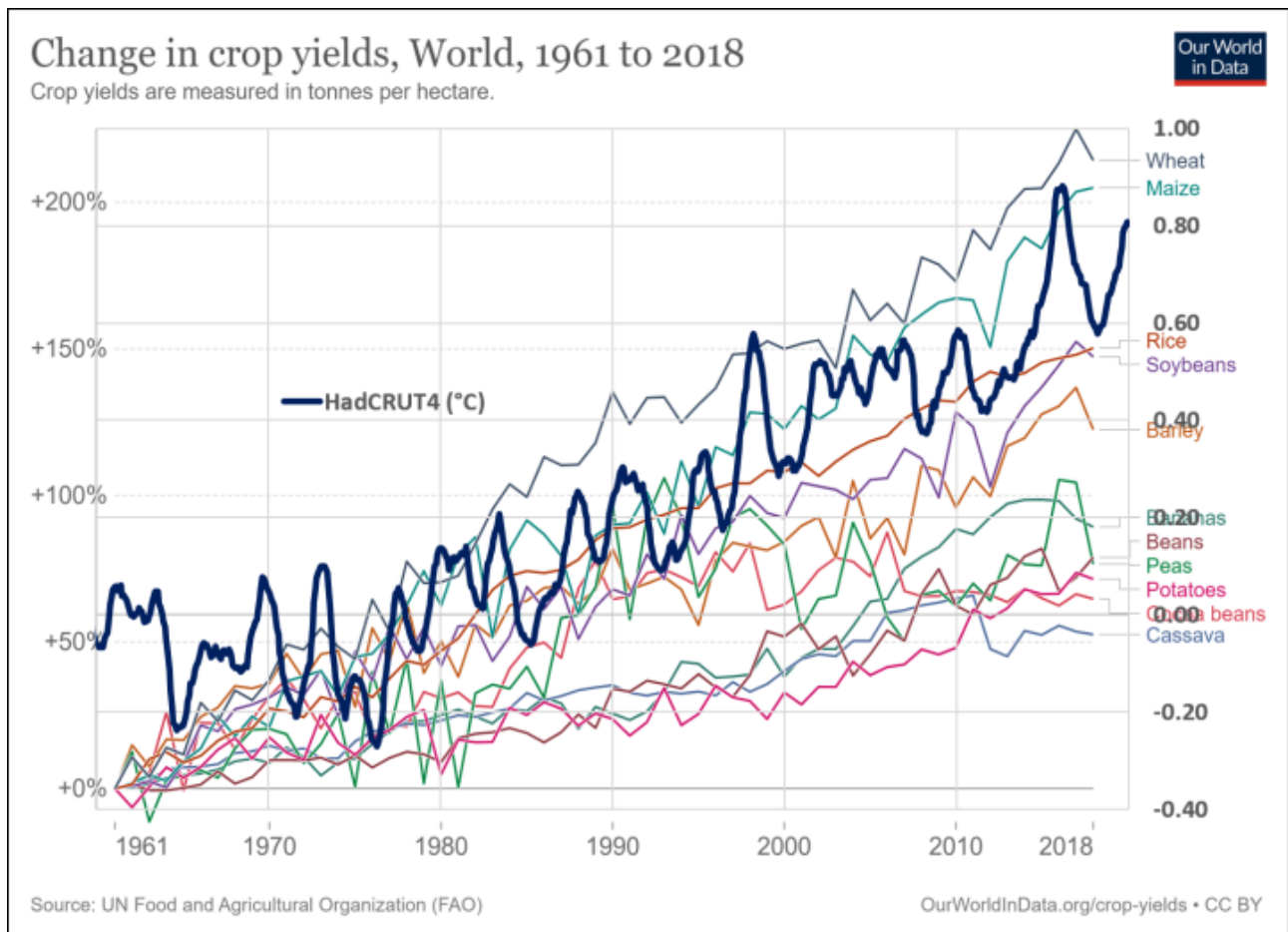
Wirklich?!?

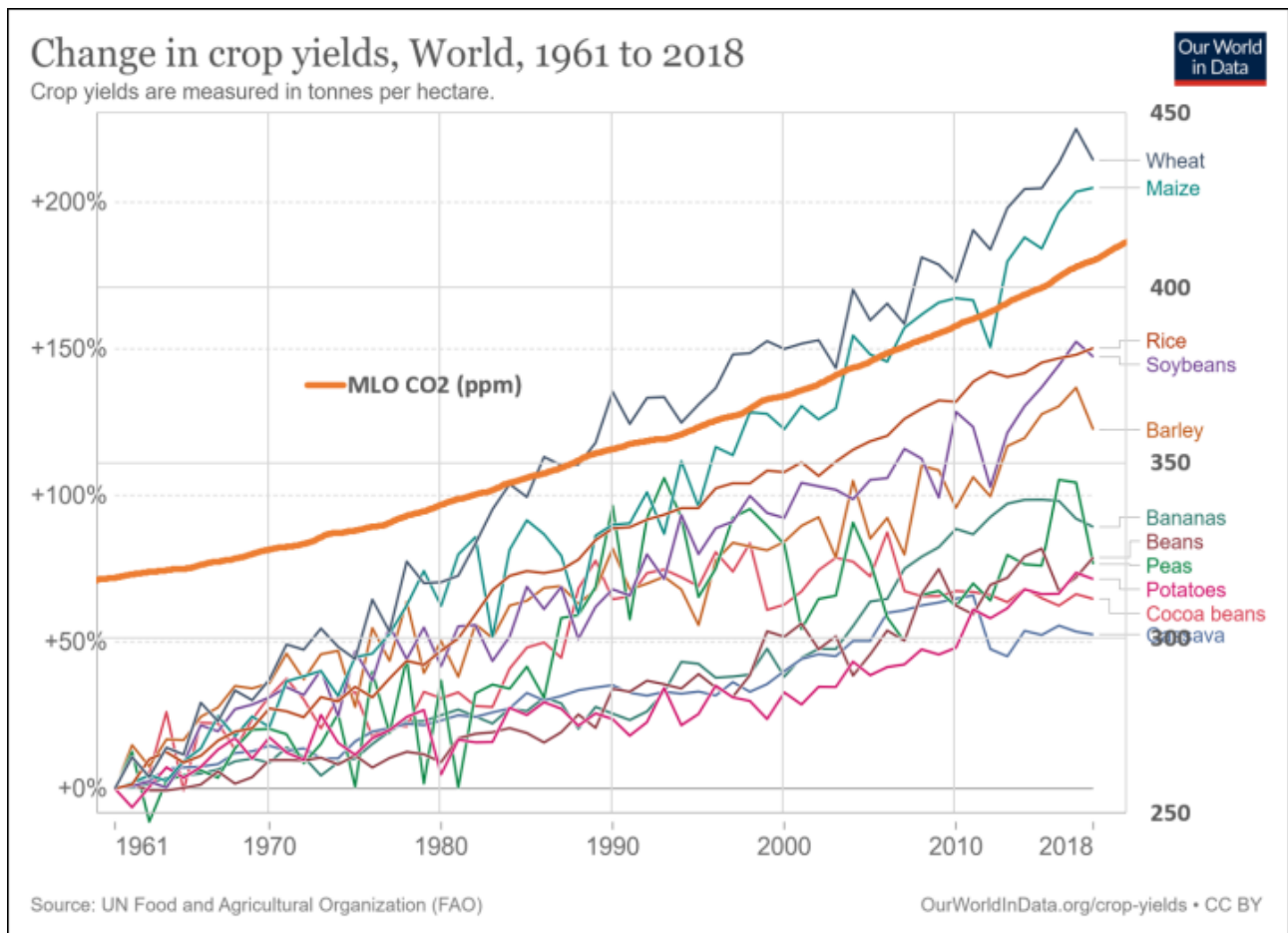
Das Jahr 2025 kommt schon in drei Jahren. Schauen wir auf die Daten:

- Versorgung mit Nahrungsmitteln ([Our World in Data](#))

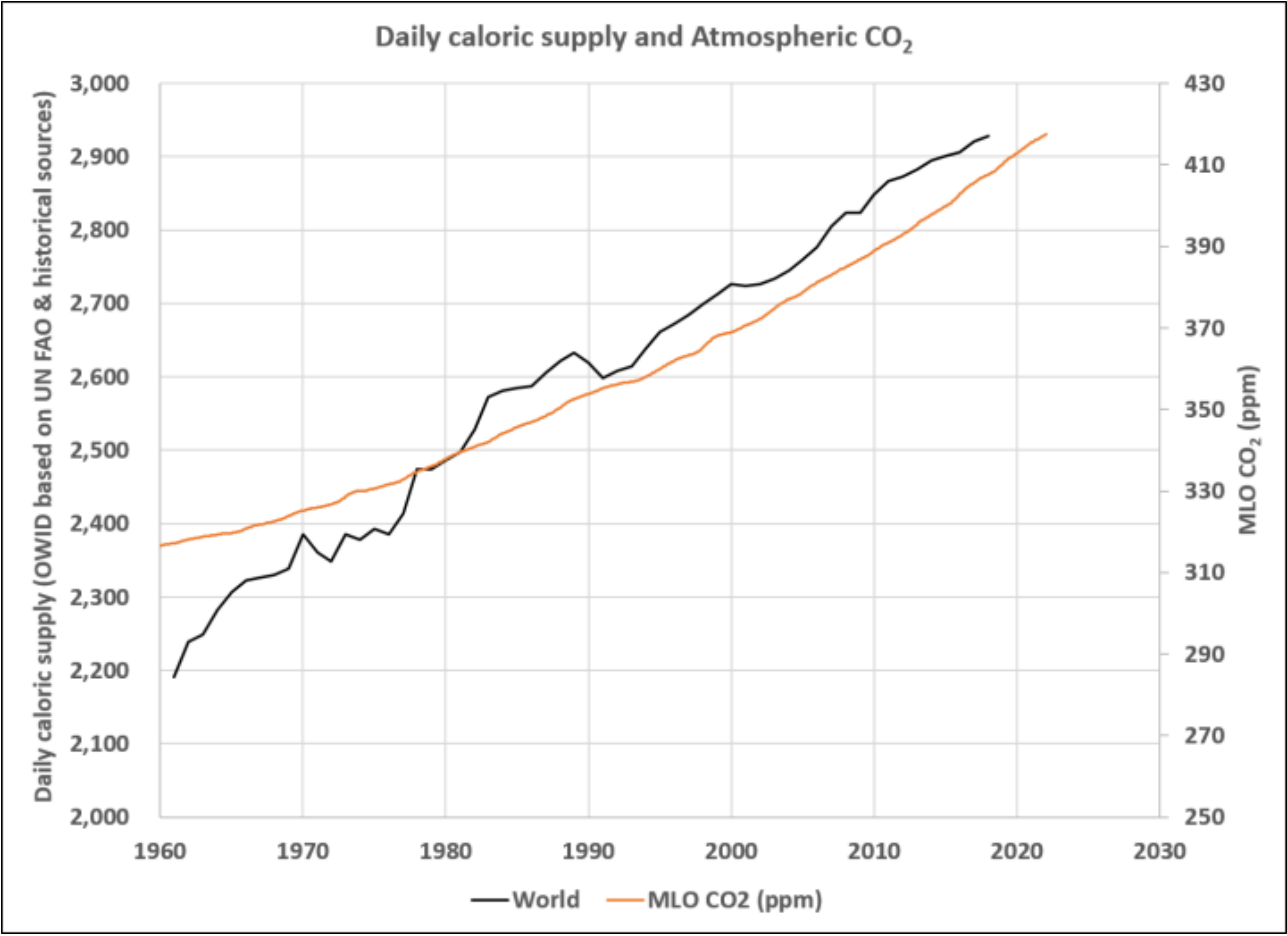
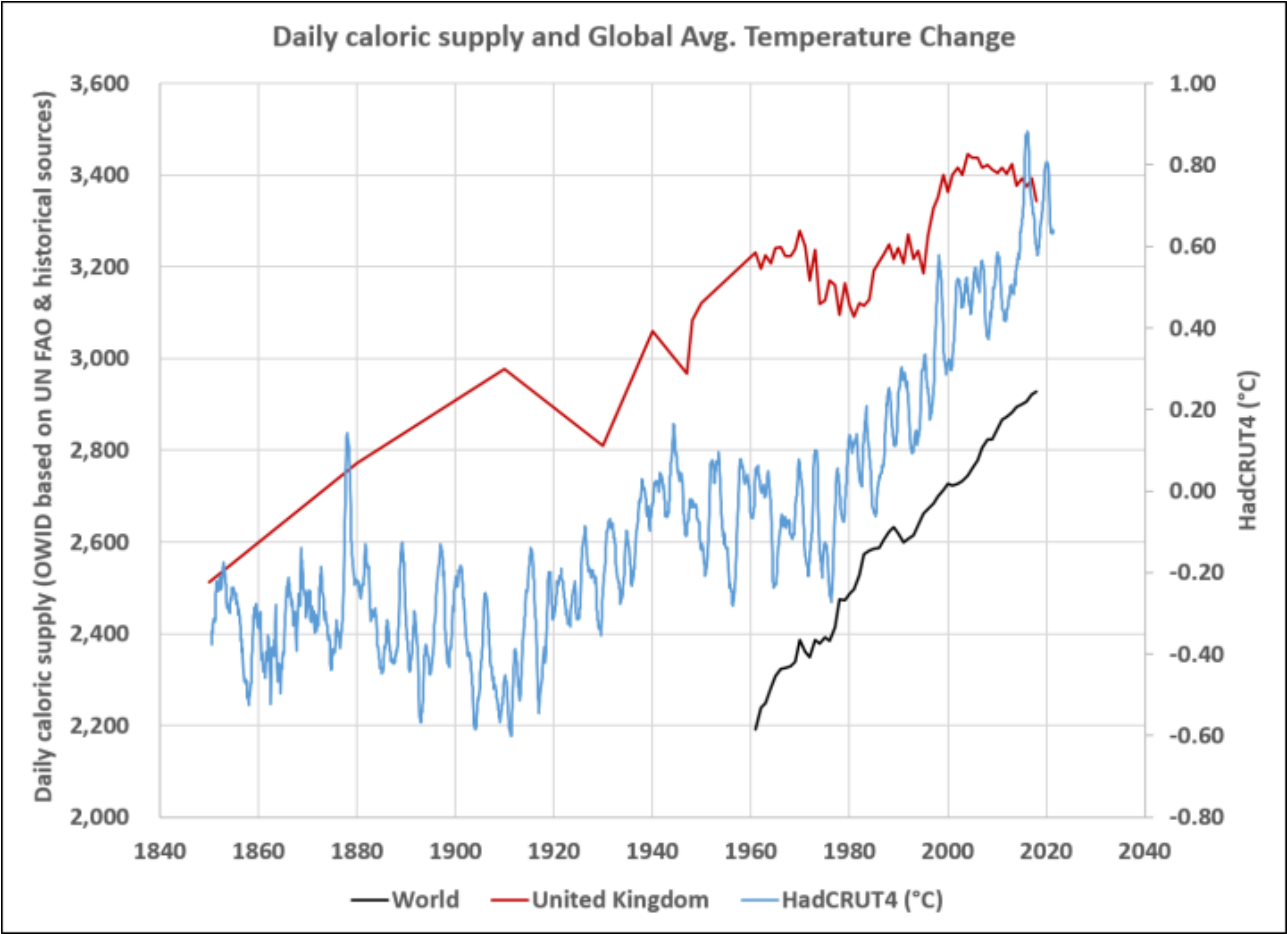
- Ernteerträge ([Our World in Data](#))
- Temperaturänderung und CO₂ ([Wood For Trees](#))

Ernteerträge





Tägliche Versorgung mit Nahrung pro Kopf



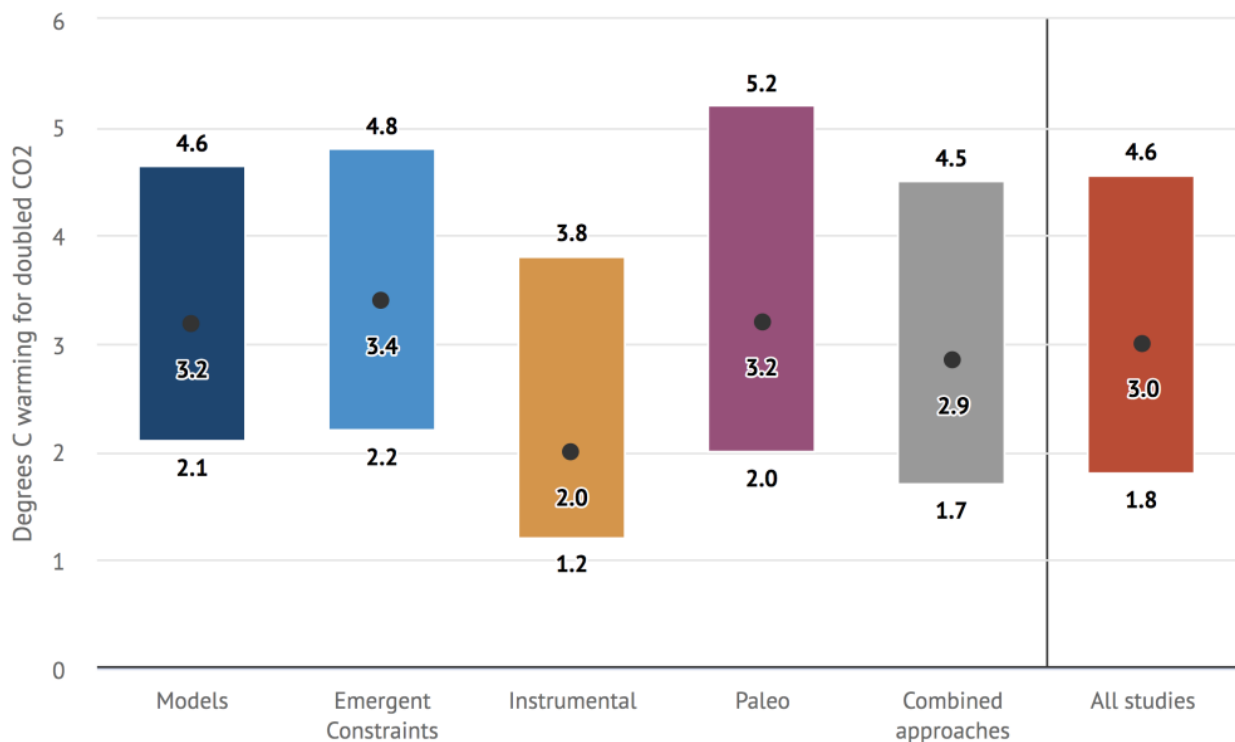
Aber laut des Artikels wird es noch schlimmer:

In der Zwischenzeit warnt der jüngste [IPCC-Bericht](#), dass wir die Emissionen bis 2025 umkehren müssen oder mit einem irreversiblen, sich beschleunigenden Zusammenbruch kritischer Ökosysteme rechnen müssen, und dass selbst bei Umsetzung der Ziele des Pariser Abkommens ein [Anstieg](#) um 2,4 Grad Celsius nahezu unvermeidlich ist. Mit anderen Worten: Das „Worst-Case“-Szenario RCP 8.5, das in vielen Klimamodellen verwendet wird, ist eigentlich eine Basislinie.

TIME

RCP8.5 ist so nahe an der physikalischen Unmöglichkeit, wie es der menschlichen Vorstellungskraft möglich ist. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird sich gegenüber dem angenommenen vorindustriellen Niveau gegen Ende dieses Jahrhunderts wahrscheinlich verdoppeln.

Equilibrium climate sensitivity from different types of studies



CB

Echte (instrumentelle) Daten ergeben eine [Alfred-E.-Neuman-Klimasensitivität](#) (What me worry?). [Kohlenstoff-Kurzbeschreibung](#)

Klimasensitivitäten, die aus direkten Beobachtungsmessungen (instrumentell) abgeleitet werden, ergeben Klimasensitivitäten, die von harmlos bis leicht besorgniserregend reichen. Es ist auch wichtig zu wissen, dass die Gleichgewichts-Klimaempfindlichkeit (ECS) nicht der Schlüsselparameter ist. Entscheidend ist die vorübergehende

Klimareaktion (TCR). Dabei handelt es sich um die Erwärmung, die gleichzeitig mit dem Anstieg des atmosphärischen CO₂ auftritt, und sie beträgt im Allgemeinen nur etwa 1/2 bis 2/3 der ECS. So würde eine ECS von 2 °C wahrscheinlich einem Temperaturanstieg von 1,0 bis 1,3 °C entsprechen, wenn sich die atmosphärische CO₂-Konzentration verdoppelt. Der Rest der ECS-Erwärmung findet theoretisch in den folgenden 500 Jahren oder so statt, wenn die [fehlende Wärme](#) nach Trenberth aus den Tiefen der Ozeane zurückkehrt. Zwischen 0,5 und 0,8 °C der vorhergesagten TCR-induzierten Erwärmung sind bereits eingetreten... Unter der Annahme, dass die ECS-Schätzung von 2,0 °C vernünftig ist, wird „business as usual“ bis 2100 nur zu einer zusätzlichen Erwärmung von 0,5 °C oder weniger führen.

Und noch schlimmer:

Nehmen wir an, dass wir bis 2050 tatsächlich auf das Worst-Case-Szenario zusteuern: Hunderte von Millionen Menschen kommen bei Hitzewellen und Waldbränden, Erdbeben und Tsunamis, Dürren und Überschwemmungen, Staatsbankrotten und langwierigen Kriegen ums Leben.

[TIME](#)

Dann kanalisiert er Thanos

Aber selbst in den plausibelsten Schreckensszenarien werden Milliarden von Menschen überleben.

...

Wo werden sich also die jungen Überlebenden der heutigen Stürme in den nächsten 20-30 Jahren versammeln? Welche Technologien werden die Plattformen unserer zukünftigen Gesellschaften und Volkswirtschaften sein? Welches neue Modell der Zivilisation erwartet uns?

[TIME](#)

Er schließt mit Teilen von Handlungssträngen aus so ziemlich jedem postapokalyptischen Science-Fiction-Film, der jemals gedreht wurde. Ich wünschte, ich hätte Zeit, mich über jeden Absatz des Artikels lustig zu machen.

Dr. Parag Khanna und sein Dokortitel in internationalen Beziehungen haben einen Billy Madison Lifetime Achievement Award* verdient.

References

Max Roser and Hannah Ritchie (2013) – “Food Supply”. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from:
[_https://ourworldindata.org/food-supply_](https://ourworldindata.org/food-supply) [Online Resource]

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/18/the-coming-climate-anarchy-run-away/#respond>

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

Die Debatte zwischen Steven Koonin und Andy Dessler – ein Sieg des „gesunden Menschenverstandes“

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2022

[Andy May](#)

Die [SOHO-Forum-Debatte](#) begann am 15. August 2022 um 17:30 Uhr im New Yorker [Sheen Center](#), wie ich [hier](#) angekündigt habe. Koonin gewann die Debatte im Oxford-Stil, da 25% des Publikums vor Ort und online seiner Meinung waren, dass die debattierte Frage: „Die Klimawissenschaft zwingt uns, die Treibhausgasemissionen in großem Umfang und schnell zu reduzieren“ eine falsche Aussage ist.

Im Folgenden werde ich die meiner Meinung nach wichtigsten Argumente sowohl von Dessler als auch von Koonin darlegen. Steve Koonin hat mir großzügigerweise seine PowerPoint-Folien zur Verfügung gestellt. Ich habe auch Andy Desslers Folien angefordert, aber er hat nicht auf meine Anfrage geantwortet; wenn er sie irgendwann zur Verfügung stellt, werde ich sie veröffentlichen und Sie darüber informieren. Die Folien von Steve Koonin können [hier](#) heruntergeladen werden. Sie werden die gesamte Debatte bis Ende nächster Woche, wahrscheinlich bis zum 24. August, auf Youtube sehen können.

Dessler hatte siebzehn Minuten Zeit, um sein anfängliches Argument vorzubringen, dass die Menschheit die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in großem Umfang und schnell reduzieren muss. Zunächst behauptet er, dass der geschätzte Anstieg der globalen durchschnittlichen Oberflächentemperatur (GAST) von etwa einem Grad seit dem 19. Jahrhundert im geologischen Zeitverlauf ungewöhnlich ist. Die Genauigkeit der Proxy-Temperaturen, die er für seine GAST-Aufzeichnung verwendet hat, und die Auflösung der Temperatur-Rekonstruktionen sind sehr gering, so dass diese Art von „Hockeyschläger“-Grafik für mich und vermutlich auch für den Rest des Publikums wenig aussagekräftig ist. Auf jeden Fall ist ein Anstieg von einem Grad in 120 Jahren nicht

alarmierend.

Seine nächste Behauptung ist, dass Solar- und Windenergie den größten Teil der weltweiten Energieversorgung übernehmen können, wobei er einige Ausnahmen einräumt, z. B. für die Luftfahrtindustrie. Er zitiert Studien, die zeigen, dass das Stromnetz so modifiziert werden kann, dass solche intermittierenden Stromquellen effizient genutzt werden können. Er führt Texas als Beispiel an und weist darauf hin, dass diese Quellen den größten Teil der Stromerzeugungskapazität in Texas ausmachen. Er zitiert eine Studie, wonach die Texaner durch die Nutzung von Solar- und Windenergie täglich 20 Millionen Dollar [sparen](#). Andy Dessler und ich leben beide in Texas. Das stimmt zwar, aber diese Quellen arbeiten nur selten mit voller Kapazität, und wenn sie aufgrund von schlechtem Wetter ausfallen, wie es im Februar 2021 der Fall war, sind die Folgen [katastrophal](#) und tödlich.

Er liefert auch Beweise dafür, dass Wind- und Solarenergie die billigsten Stromquellen sind. Später entgegnet Koonin, dass diese Statistiken nicht die Kosten für die Notstromversorgung oder die Aufrüstung des Stromnetzes für die Zeiten beinhalten, in denen der Wind nachts oder an bewölkten Tagen nicht weht. Koonin zitiert eine Studie der Harvard Business School, die die Kosten für den notwendigen Netzausbau allein für die Vereinigten Staaten auf [2,4 Billionen Dollar](#) beziffert.

Schließlich liefert Dessler ein Diagramm ohne Zahlen oder Belege, in dem er behauptet, alle Auswirkungen des Klimawandels seien für die Menschheit negativ. Alles, woran ich denken konnte, als er das Diagramm diskutierte, war: Wo sind die Zahlen? Spricht er vom BIP, von verlorenen Menschenleben, wie ist der Maßstab seiner Grafik? Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie [hier](#).

Als nächstes war Koonin an der Reihe. Er entgegnet, dass das Wachstum der Weltwirtschaft nur um maximal 4 % zurückgehen wird, wenn wir weiterhin fossile Brennstoffe verwenden und wenn die Klima- und Wirtschaftsmodelle des IPCC korrekt sind. Praktisch jeder geht davon aus, dass die Weltwirtschaft in diesem Jahrhundert weiterhin um mindestens 2 % pro Jahr wachsen wird, so dass die Wirtschaft im Jahr 2100 um ~478 % größer sein wird, wenn wir den Klimawandel irgendwie in den Griff bekommen, oder um ~474 % größer, wenn wir es nicht tun – ein kaum wahrnehmbarer Unterschied. Siehe [hier](#) und [hier](#) für weitere Informationen.

Koonin stellt dann fest, dass es den Menschen viel besser geht, wenn sie mehr Energie verbrauchen. Im Zeitalter der fossilen Brennstoffe sind Lebenserwartung, Lebensqualität und Realeinkommen gestiegen. Dank der Technologie und der billigen Energie ist unsere Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel gestiegen, und die Zahl der Todesfälle und [Schäden](#) aufgrund von [Wetterextremen](#) ist zurückgegangen.

Die Zuverlässigkeit der Stromversorgung ist sehr wichtig, denn oft hängt das Leben von der Elektrizität ab, und Notstromaggregate sind für die meisten Menschen zu teuer. Der Standard, den die meisten Versorgungsunternehmen anstreben, ist eine Zuverlässigkeit von 99,99 %. Koonin berechnet die Kosten eines solchen Systems für einige gängige saubere Stromquellen und kommt zu dem Ergebnis, dass Erdgassysteme die billigste saubere Energiequelle sind, wie in Abbildung 1 aus seinem Diskussionsmaterial ersichtlich:

[Dowling, Caldeira, and Lewis \(2020\)](#) and related papers

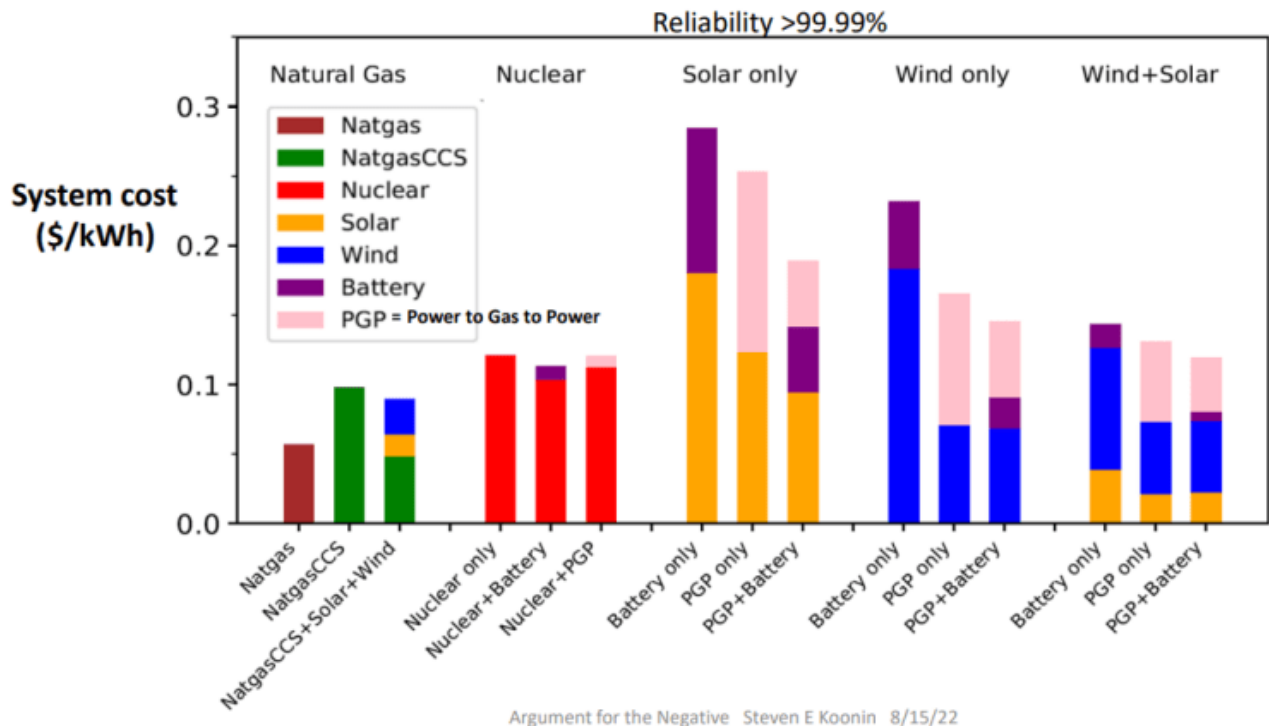
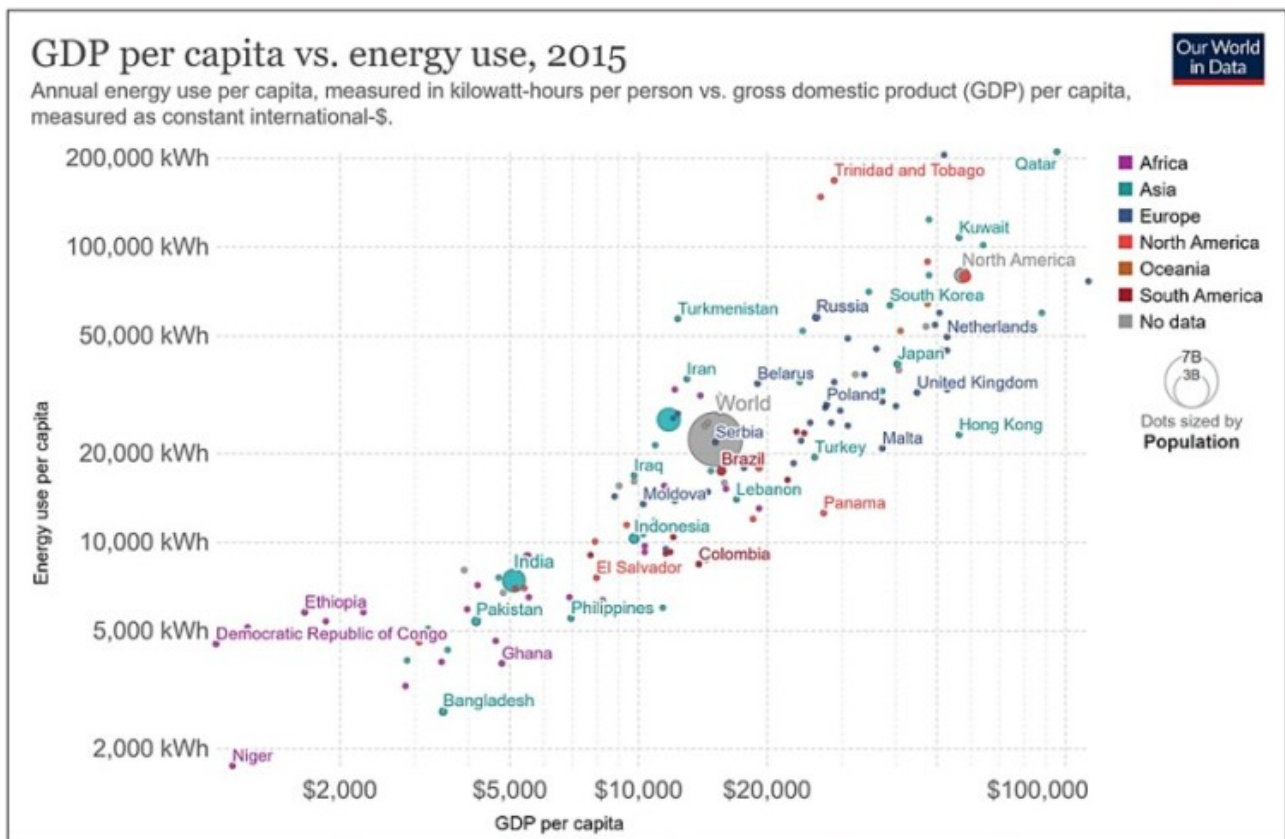


Abbildung 1. Die Kosten für 99,99 % zuverlässige Elektrizität aus ausgewählten sauberen Energiequellen. Aus den Diskussionsunterlagen von Steven Koonin, Daten aus (Dowling, et al., 2020).

Dessler hat zwar Recht, dass Solar- und Windenergie unter idealen Bedingungen Strom billiger produzieren können als fossile Brennstoffe, aber die Kosten, um diesen Strom zuverlässig zu machen, treiben die Gesamtkosten für Wind- und Solarenergie viel höher. Weitere Probleme, die bei der Bilanzierung von Wind- und Solarenergie nicht richtig berücksichtigt werden, sind die dafür benötigten Flächen und die Kosten für hochwertige Materialien wie seltene Erden, Lithium, Kupfer, Zink, Chrom und viele andere. Bei der Onshore-Windkraftherzeugung werden neunmal mehr dieser Materialien pro Megawatt verbraucht als bei Erdgas. Der größte Teil dieser kritischen Materialien wird in China produziert, und einige davon werden in Sklavenarbeit hergestellt.

Der Nutzung fossiler Brennstoffe wird oft vorgeworfen, dass sie aufgrund der Luftverschmutzung zu Todesfällen führt oder das Leben verkürzt.

Verkürzt die zunehmende Nutzung fossiler Brennstoffe das menschliche Leben, fragt Koonin? Offenbar nicht, denn er stellt fest, dass die Lebenserwartung um 16 Jahre gestiegen ist, während der Verbrauch fossiler Brennstoffe in Indien in den letzten 16 Jahren um 700 % gestiegen ist. In China hat sich die Lebenserwartung um 10 Jahre erhöht, obwohl der Verbrauch fossiler Brennstoffe dort um 600 % gestiegen ist. Die Nutzung fossiler Brennstoffe erhöht das menschliche Wohlergehen, wie Abbildung 2 zeigt, die ebenfalls aus Koonins Diskussionsfolien stammt:



<https://ourworldindata.org/grapher/energy-use-per-capita-vs-gdp-per-capita>

Argument for the Negative Steven E Koonin 8/15/22

Abbildung 2: Ein Diagramm des BIP pro Kopf und des Gesamtenergieverbrauchs pro Kopf. Daten von OurWorldinData.org.

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass das Pro-Kopf-BIP stark mit dem Energieverbrauch pro Kopf korreliert ist. Dies sollte niemanden überraschen, denn je mehr Energie wir verbrauchen, desto weniger müssen wir arbeiten und desto einfacher und sicherer ist unser Leben. Man beachte die Korrelation mit dem Energieverbrauch, der steigt, wenn die Preise für verfügbare Energie sinken. Wenn Energie weniger verfügbar, weniger zuverlässig oder teurer ist, sinkt der Verbrauch, und das menschliche Wohlergehen verschlechtert sich, zumindest der Teil des Wohlergehens, der mit dem Pro-Kopf-BIP zusammenhängt. Leider betrachten Dessler und viele andere Befürworter der Debatte nur eine Seite des Arguments und ignorieren die Vorteile der Nutzung fossiler Brennstoffe, der Erwärmung und des **zusätzlichen** CO₂.

Schließlich sei noch Koonins Schlusswort erwähnt. Andy Dessler hat seinen Namen für einen schamlosen, unwissenschaftlichen amerikanischen Artikel aus dem Jahr 2021 hergegeben. Die Überschrift des Artikels findet sich in einer von Koonins Folien und ist hier als Abbildung 3 wiedergegeben:



<https://www.scientificamerican.com/article/that-obama-scientist-climate-skeptic-youve-been-hearing-about/>
Rebuttal at <https://steven-koonin.medium.com/my-response-to-a-scientific-american-hit-piece-7b5811141137>

[Koonin is] a crank who’s only taken seriously by far-right disinformation peddlers hungry for anything they can use to score political points. He’s just another denier trying to sell a book.

Argument for the Negative Steven E Koonin 8/15/22

27

Abbildung 3. Ein Versuch des unScientific American*, Steve Koonin und sein Buch zu „demonstrieren“.

[*Unübersetzbares Wortspiel. Gemeint ist die Zeitschrift *Scientific American*. Mit dem dem Scientific voran gestellte „un“ will Autor Andy May das Verhalten dieser Zeitschrift beschreiben. A. d. Übers.]

Wir erwarten diese Art von verleumderischem Unsinn von Leuten wie Naomi Oreskes und Michael Mann, aber dass Dessler mitmacht, ist sowohl überraschend als auch enttäuschend. Außerdem habe ich Scientific American als Kind gelesen und respektiert, und ich bin mir sicher, dass viele von Ihnen das auch taten – es war einmal eine seriöse Zeitschrift. Jetzt sehe ich es als das Äquivalent von CNN oder MSNBC. Nichts als Meinung und Boulevardjournalismus.

Der fragliche Artikel bestreitet keine der Fakten oder Analysen in Koonins sehr populärem Buch *Unsettled*, obwohl sie den Versuch

unternehmen, zu widerlegen, was der Washington Post-Kolumnist Marc Thiessen über das Buch geschrieben hat. Doch selbst dabei gelingt es ihnen nicht zu punkten, einen Schlag zu landen.

Am bezeichnendsten ist, dass sich *unScientific American* nach der Veröffentlichung dieses schändlichen Hetzartikels weigerte, Koonins Gegendarstellung zu veröffentlichen. Offensichtlich habe ich keinen Respekt vor *unScientific American* und es hat offensichtlich keinen Respekt vor der Wissenschaft. Eine sehr geschmacklose Angelegenheit, aber ich bin froh, dass Koonin sie zur Sprache gebracht hat. Übrigens hat Andy Dessler den Artikel dementiert und sich entschuldigt. Das hat meine Meinung über ihn um einiges verbessert. Er ist ein guter Wissenschaftler und hat einige sehr interessante und hilfreiche Artikel geschrieben, zumindest meiner Meinung nach. Er hat in dieser Debatte einfach nicht so gut argumentiert wie Koonin. Koonin hatte die Beweise und die Zahlen auf seiner Seite, Dessler nicht, und das war ausschlaggebend für das in Abbildung 4 dargestellte Ergebnis:

Results			
Climate science compels us to make large and rapid reductions in greenhouse gas emissions.			
	Pre	Post	Change
Yes	24.69%	19.14%	-5.56%
No	48.77%	73.46%	24.69%
Undecided	26.54%	7.41%	-19.14%

Abbildung 4. In dieser Debatte im Oxford-Stil hat Koonin gewonnen, da 25 % der Zuschauermeinungen nach der Debatte auf seine Seite wechselten.

Die gesamte Debatte soll bis zum 24. August auf Youtube zu sehen sein, wie mir gesagt wurde. Dieser Beitrag gibt nur die Höhepunkte der Debatte aus meiner Sicht wieder, die eigentliche Debatte enthält viel mehr.

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2022/08/18/overview-of-the-koonin-dessler-debate/#respond>

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

Bergbau-Exzess im Amazonas-Becken für den Ausbau „grüner“ Energie; New York Times entsetzt

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2022

[Francis Menton](#), [MANHATTAN CONTRARIAN](#)

Auf der Titelseite der heutigen New York Times findet sich ein großer Artikel, der die Leser offensichtlich über den neuesten Umweltschreck aufregen soll, der gestoppt werden muss. Die [Schlagzeile](#) lautet: „Illegale Landebahnen, die giftigen Bergbau in Brasiliens indigenes Land bringen“. Unterschlagzeile: „Die Times hat Hunderte von Landebahnen ausfindig gemacht, die kriminellen Bergbau in die entlegensten Winkel des Amazonasgebietes bringen.“

Wow, das ist schlimm. Die Landebahnen sind „illegal“. Der Abbau ist „giftig“, und nicht nur das, sondern auch „kriminell“. Und das alles geschieht an dem unberührtesten Ort, den es auf der ganzen Welt noch gibt, den „entlegensten Winkeln des Amazonas“, von denen ein Großteil von dem unschuldigsten aller unschuldigen indigenen Völker, den Yanomami, bewohnt wird.

Was also treibt diesen großen Ansturm von Bergleuten in diese abgelegenen Regionen? Könnte die so genannte „grüne Energie“ – mit ihrem enormen Bedarf an Rohstoffen wie Nickel, Mangan, Aluminium und Eisen – etwas damit zu tun haben? Wenn ja, wird man in der Times nichts darüber erfahren.

Der offensichtliche Zweck dieses langatmigen Times-Artikels ist es, Sie über die kriminellen Bergbau-Wilddiebe zu empören, von denen es jetzt im Amazonas-Dschungel wimmeln soll. Der Artikel beginnt mit Nachforschungen, die die Times unter Verwendung von Satellitenfotos angestellt hat und die eine große Anzahl von Landebahnen – fast 1.300 an der Zahl – identifiziert haben, die in den Amazonasdschungel gegraben wurden und die nun genutzt werden, um Nachschub für die Erschließung neuer Minen heranzuschaffen.

Hunderte von Flugpisten wurden heimlich auf geschütztem Land in Brasilien gebaut, um den illegalen Bergbau zu fördern, wie eine Untersuchung der Times ergab, darunter 61 in diesem Gebiet der Yanomami-Indianer. Die Times identifizierte mehr als 1.200 weitere nicht registrierte Flugplätze im brasilianischen Amazonasgebiet – viele von ihnen sind Teil von kriminellen Netzwerken, die das Land der Indigenen zerstören und ihre Bevölkerung bedrohen. . . Eingebettet in die dichte,

üppige Landschaft, arbeiten die geheimen Landebahnen – weitgehend unkontrolliert...

Und es wird Sie nicht überraschen zu erfahren, dass diese ungeheuerlichen und illegalen Aktivitäten von der gefühllosen und gefühllosen rechtsgerichteten Regierung des derzeitigen brasilianischen Präsidenten Jair Bolsonaro unterstützt werden.

Seit seinem Amtsantritt im Jahr 2019 hat sich Bolsonaro für Industrien eingesetzt, die die Zerstörung des Regenwaldes vorantreiben, was zu einer Abholzung in Rekordhöhe geführt hat. Er hat sowohl die Vorschriften gelockert, um die Abholzung und den Bergbau im Amazonasgebiet auszuweiten, als auch die Schutzmaßnahmen zurückgeschraubt. Außerdem hat er Bundesmittel und Personal gekürzt und damit die Behörden geschwächt, die für die Durchsetzung der Gesetze über die indigene Bevölkerung und den Umweltschutz zuständig sind.

Der illegale Bergbau fügt den indigenen Völkern der Region großen Schaden zu, zumindest wenn man der Times glaubt:

Eine aktuelle Studie von Hutukara, einer gemeinnützigen Organisation der Yanomami, schätzt, dass mehr als die Hälfte der Menschen, die im brasilianischen Yanomami-Gebiet leben, durch den illegalen Bergbau geschädigt wurden. Die Folgen sind laut dem Bericht unter anderem Unterernährung aufgrund zerstörter oder aufgegebener Ernten und Malaria, die durch die Verbreitung von Moskitos in offenen Bergbaugruben und abgeholzten Gebieten verbreitet wird.

Okay, aber warum genau erfolgt dieser plötzliche Ansturm von Bergbauunternehmen auf diese abgelegenen Gebiete? Die Times bietet wenig Anhaltspunkte, im Grunde nur eine Zeile, in der es heißt, dass die illegalen Flugplätze „den illegalen Abbau von Gold- und Zinnerz“ in abgelegene Gebiete tragen. Gold und Zinn sind jedoch Rohstoffe mit relativ geringem Volumen auf den Weltmärkten. Könnten das wirklich die Hauptgründe sein?

Eine etwas andere Perspektive auf die Situation des Bergbaus im Amazonasgebiet bietet dieser Artikel vom 28. Februar 2022 aus einer Publikation namens Undark (herausgegeben vom MIT) mit der [Überschrift](#) [übersetzt] „Von den USA unterstützte Unternehmen sind bestrebt, den Bergbau im Amazonasgebiet auszubauen“.

Im November [2021] hatten neun große Bergbauunternehmen, die als Hauptakteure bei der Gewinnung seltener Metalle für Elektroauto-Batterien gelten, 225 aktive Anträge auf die Ausweitung von Betrieben in oder in der Nähe indigener Gebiete im brasilianischen Amazonas-Regenwald gestellt.

Aha! Die „Hauptakteure“ des Bergbauansturms im Amazonasgebiet sind große Unternehmen, die nach „seltenen Metallen für Elektrofahrzeug-Batterien“ suchen. Warum bin ich nicht überrascht?

Handelt es sich bei den Materialien, nach denen gesucht wird, hauptsächlich um Gold und Zinn, oder gibt es noch viele andere, höherwertige Materialien, die gefunden werden können? Aus einer [Veröffentlichung](#) namens Mining Technology, 12. Februar 2018:

Der Amazonas-Regenwald in Südamerika verfügt über große Mengen an Kupfer, Zinn, Nickel, Bauxit, Mangan, Eisenerz und Gold, was ihn für Bergbauunternehmen in aller Welt attraktiv macht.

Nickel und Mangan sind die wichtigsten Rohstoffe für die Batterien von Elektrofahrzeugen. Bauxit ist das Erz für Aluminium, das zusammen mit Kupfer das wichtigste Material für die riesigen Mengen an neuen Stromleitungen ist, die zur Unterstützung von Wind- und Solarenergie gebaut werden müssen. Eisenerz? Davon werden riesige Mengen für den kommenden Ansturm auf Windkraftanlagen benötigt.

Undark erzählt uns, dass alle großen amerikanischen Finanzinstitute – dieselben, die jetzt die fossile Brennstoffindustrie boykottieren – Schlange stehen, um die großen neuen Minen im Amazonas zu finanzieren:

Laut einem neuen Bericht von Amazon Watch und der Vereinigung der Indigenen Völker Brasiliens (APIB) gehören Finanzinstitute mit Sitz in den USA zu den wichtigsten Geldgebern. ... Der Bericht konzentriert sich auf neun Bergbauunternehmen, darunter Vale, Anglo American, Belo Sun und Glencore. ... Capital Group, BlackRock und Vanguard, die zusammen 14,8 Milliarden Dollar in die Bergbauunternehmen investiert haben, sind die wichtigsten US-Investoren, die in dem Bericht genannt werden. Der führende US-amerikanische Kreditgeber ist die Bank of America, die den Unternehmen Kredite und Emissionsdienstleistungen im Wert von 670 Mio. \$ zur Verfügung stellte. Auch die Citigroup und JPMorgan Chase wurden als Top-Gläubiger genannt.

Hey, das ist für EV-Batterien, Übertragungsleitungen, Windkraftanlagen und alle anderen guten Dinge, die die Welt „grün“ machen. Natürlich stehen alle großen Finanzinstitute dahinter. Es geht um ESG-Investitionen!

Und bitte werfen Sie den Leuten von der New York Times nicht vor, dass sie ihr eigenes unablässiges und lautstarkes Eintreten für grüne Energie untergraben. Sie folgen lediglich den wesentlichen Grundsätzen der offiziellen progressiven New Yorker Orthodoxie, wie sie auf der [„About“-Seite](#) von Manhattan Contrarian, die erstmals 2012 veröffentlicht wurde, brillant herausgearbeitet wurden – insbesondere dieser Teil:

Weiser Gebrauch von Energie ist ein Menschenrecht, aber alle derzeit bekannten Methoden der Energieerzeugung sind ökologisch inakzeptabel. ...

Der ganze Beitrag steht [hier](#).

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/05/miners-explore-amazon-basin-to-su>

Zuverlässige Wind- und Solarenergie ist NICHT billig

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2022

David Wojick

Man hört oft, dass Wind- und Solarenergie billiger sind als die Verbrennung von Kohle oder Erdgas, so dass wir durch den Umstieg Geld sparen werden. Aber das ist nicht unbedingt so. Tatsächlich ist es fast nie so. Dass Wind- und Sonnenenergie billiger sind, ist bestenfalls eine Halbwahrheit, eher eine Achtelwahrheit.

Hier ist die Realität, von der Sie nie etwas erfahren.

Dass Wind- und Solarenergie billiger sind, stimmt zwar in einer Hinsicht, aber nur in einer kleinen. Es ist auch eine technische Art und Weise, mit dem großartigen Namen der „nivellierten Stromkosten“ (levelized cost of electricity LCOE). Das Wort „nivelliert“ hört man, gelinde gesagt, nicht jeden Tag. Das könnte schon darauf hinweisen, dass hier etwas nicht stimmt.

In der Tat sind die LCOE, wie sie immer genannt werden, eine einfache Idee. Sie werden normalerweise für einen einzelnen Stromerzeuger berechnet (oder geschätzt). Dabei kann es sich um ein kohle- oder gasbefeuertes Kraftwerk handeln, aber auch um einen Windpark oder eine Solaranlage. Man nimmt zunächst die Gesamtkosten über die gesamte Lebensdauer des Generators. Dazu gehören Bau, Betrieb und Stilllegung oder Entsorgung. Dann teilt man diese Kosten durch den gesamten Strom, den das Kraftwerk in dieser Zeit erzeugt. Das Ergebnis sind die LCOE für diesen Generator.

Die LCOE sind also die Kosten für die Erzeugung des Stroms. Nivelliert bedeutet, dass das Auf und Ab im Laufe der Zeit keine Rolle spielt. Sie werden alle in einer einzigen Zahl zusammengefasst.

Bei den großen Stromerzeugern werden die Kosten in der Regel in Dollar angegeben und der Strom in Megawattstunden (MWh). Ein durchschnittliches Haus verbraucht etwa eine MWh pro Monat. Amerika als Ganzes verbraucht etwa 4 Milliarden MWh pro Jahr. Das ist eine Menge Strom.

Die Kosten der einzelnen Generatoren können von Fall zu Fall variieren, was die LCOE zu einer Art grober Schätzung macht. Nachstehend finden Sie eine aktuelle Version einer internationalen Bewertung, welche die niedrigsten Zahlen verwendet.

Beachten Sie, dass es zwei verschiedene Arten von gasbefeuerten Generatoren gibt. Ein so genannter einfacher Zyklus ist im Grunde nur ein Düsentriebwerk, das einen Generator antreibt. Diese sind in der Regel ziemlich klein. Dann gibt es noch das „Kombikraftwerk“, bei dem die heißen Abgase Dampf erzeugen, der einen weiteren Generator antreibt. Die meisten unserer gasbefeuerten Kraftwerke sind Kombikraftwerke. Der einfache Zyklus wird verwendet, wenn für kurze Zeit ein Stromstoß benötigt wird.

Ebenso gibt es zwei Arten von Windkraftanlagen, je nachdem, wo sie sich befinden. Offshore-Windtürme stehen auf dem Meer, was sie teuer macht. Bei Onshore-Windkraftanlagen handelt es sich um die bekannten Windkraftanlagen mit mehreren Türmen auf dem Festland. Während es in Europa viele Offshore-Windkraftanlagen gibt, gibt es in Amerika derzeit fast keine. Mehrere große Projekte sind in Arbeit. Wir sprechen hier nur über Onshore-Wind, der relativ billig ist.

Geschätzte durchschnittliche LCOE für verschiedene Arten von Kraftwerken in \$/Mwh.

Kohle = 60 Dollar

Gas einfach = 152 Dollar

Gas kombiniert = 41 Dollar

Solar = 36 Dollar

Onshore Wind = 29 Dollar

Sie sehen, dass sowohl Solar- als auch (Onshore-)Windkraft billiger sind als Gas und Kohle. Das ist gemeint, wenn man sagt, dass Wind und Sonne billiger sind. Ihre LCOE sind niedriger.

Wenn sie jedoch im Netz zur Stromversorgung Amerikas eingesetzt werden, sind Wind- und Solarenergie bei weitem nicht billiger. Diese Tatsache wird von den Befürwortern von Wind- und Solarenergie gerne ignoriert oder ist ihnen in vielen Fällen nicht einmal bekannt.

Zu den Stromgestehungskosten kommen noch die hohen Kosten, um Wind- und Solarenergie zuverlässig zu machen.

Grundsätzlich ist es so, dass Kohle und Gas zuverlässig sind, Wind und Sonne dagegen nicht. Das bedeutet, dass wir mit Kohle und Gas den Strom dann erzeugen können, wenn wir ihn brauchen. Wir können uns darauf verlassen. Wind und Sonne erzeugen nur dann Strom, wenn der Wind stark

weht und die Sonne hell scheint. Da wir uns nicht auf Wind und Sonne verlassen können, müssen wir Gas- oder Kohlekraftwerke bereithalten, die dann laufen, wenn Wind oder Sonne nicht zur Verfügung stehen.

Gas- oder kohlebefeuerte Kraftwerke in Bereitschaft zu halten ist ein großer Kostenfaktor, der nicht in den LCOE enthalten ist. Diese Kraftwerke könnten den Strom anstelle von Wind- und Solarenergie liefern, was sich auszahlen würde. Sie stehen einfach nur da und warten darauf, in Betrieb genommen zu werden, was immer noch eine Menge Geld kostet. Die hohen Kosten dieser ungenutzten Anlagen sind Teil der Kosten für Wind- und Solarenergie. Es sind die Kosten für die Zuverlässigkeit.

Diese stillgelegten Gas- und Kohlekraftwerke laufen nicht, um Platz für die Energie aus Wind- und Solaranlagen zu schaffen. Die Kosten für diesen absichtlichen Leerlauf haben in der Branche einen Namen. Man nennt sie „Kapazitätskosten“, weil die Menge an Strom, die ein Kraftwerk produzieren kann, als Kapazität bezeichnet wird. Da Sie für die Menge an Strom bezahlen, die zur Unterstützung der Wind- und Solaranlagen benötigt wird, handelt es sich um die Kapazitätskosten für die Unterstützung.

Die Kapazitätskosten sind der Grund dafür, dass zusätzliche Wind- oder Solarstromerzeugung (die per Gesetz genutzt werden muss) den Strompreis in die Höhe treibt. Aus diesem Grund ist der Strom in den Staaten (und Ländern) mit den meisten Wind- und Solaranlagen in der Regel sehr teuer. Je mehr Wind- und Solarenergie im Erzeugungsmix enthalten ist, desto höher sind die Kapazitätskosten. Beachten Sie, dass die Verwendung von Batterien keine realistische Option ist, da die Kosten für Reservebatterien weitaus höher sind als die Kapazitätskosten.

Kurz gesagt, Wind- und Solarenergie sind nur dann billiger, wenn man die Kosten für ihre Zuverlässigkeit außer Acht lässt. Und davon gibt es eine ganze Menge. Lassen Sie sich nicht täuschen.

Nachdruck mit Zusatzmaterial aus der Zeitschrift RANGE, Ausgabe Herbst 2022. Weitere Informationen hier.

Autor: [David Wojick](http://www.stemed.info/engineer_tackles_confusion.html), Ph.D. is an independent analyst working at the intersection of science, technology and policy. For origins see http://www.stemed.info/engineer_tackles_confusion.html For over 100 prior articles for CFACT see <http://www.cfact.org/author/david-wojick-ph-d/> Available for confidential research and consulting.

Link:

<https://www.cfact.org/2022/08/11/reliable-wind-and-solar-are-not-cheap/>

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