

Wie Wolken die Jahreszeiten beeinflussen

geschrieben von Chris Frey | 3. September 2024

[Willis Eschenbach](#)

Ich liebe die Wissenschaft, weil sie mich immer wieder überrascht. Heute hatte ich mehrere. Meine erste Überraschung heute war der Nachweis einer starken negativen Rückkopplung bei der Temperatur. Ich möchte anmerken, dass ich nicht behauptete, der Erste zu sein, der diese Beobachtungen macht. Ich sage nur, dass es für mich überraschend war.

Meine Methode der wissenschaftlichen Untersuchung basiert auf Grafiken. Ich nehme große Mengen von Zahlen, manchmal Zehntausende, und stelle sie grafisch dar. Und manchmal ist das Ergebnis so, wie ich es erwartet oder sogar erhofft habe.

Ein anderes Mal jedoch erscheint mein neuestes Diagramm auf der Leinwand und ich sage „Was?“ ... das sind die Überraschungen, für die sich die ganze Arbeit lohnt. Und das sind die Momente, in denen sich interessante Wege auftun. Begleiten Sie mich auf einem dieser Wege.

Durch eine Reihe von Missverständnissen und Zufällen bin ich dazu gekommen, mir die monatlichen Veränderungen der Netto-Auswirkungen von Wolken auf die Strahlung anzusehen. Der „Nettoeffekt“ bezieht sich auf die Tatsache, dass Wolken die Oberfläche sowohl erwärmen als auch abkühlen.

Die **Abkühlung** entsteht dadurch, dass die Wolken das Sonnenlicht vom Boden abhalten, indem sie es in den Weltraum zurückwerfen oder absorbieren. In beiden Fällen wird die Oberfläche abgekühlt.

Die **Erwärmung** entsteht durch den Teil der von den Wolken abgegebenen Wärmestrahlung, der auf den Boden trifft und von ihm absorbiert wird.

[Anmerkung des Übersetzers: Ich weiß nicht, ob das so stimmt. Nachts wirken Wolken erwärmend, weil sie die Ausstrahlung in den Weltraum verhindern.]

Der „**Nettoeffekt**“ ist die Differenz zwischen den beiden gegensätzlichen Effekten – wenn man beide Effekte berücksichtigt, erwärmen oder kühlen die Wolken die Oberfläche, und um wie viel?

Es überrascht nicht, dass dies als „Netto-Wolkenabstrahlungseffekt an der Oberfläche“ oder als „Netto-Wolken-Abstrahlungseffekt an der Oberfläche“ (CRE) bezeichnet wird. Wenn der CRE negativ ist, bedeutet dies, dass der Netto-Strahlungseffekt der Wolken die Oberfläche abkühlt. Eine positive CRE bedeutet, dass die Wolken die Oberfläche durch

Strahlungsänderungen erwärmen. Abbildung 1 zeigt den 24-Jahres-Durchschnitt der CERES-Satellitenaufzeichnungen der Netto-Oberflächen-CRE:

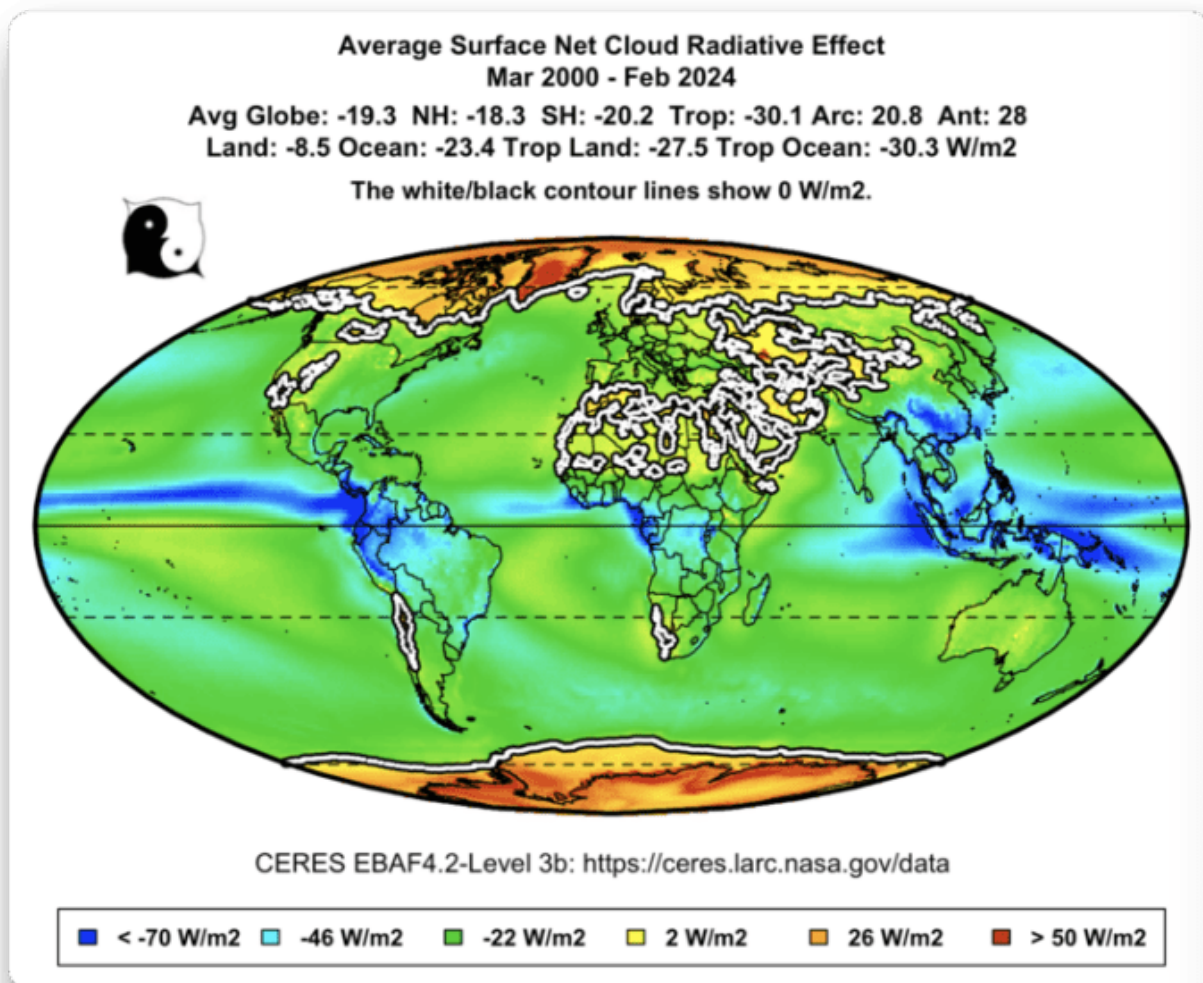


Abbildung 1. Die Wirkung der Wolken auf die von der Erdoberfläche absorbierte Nettogesamtstrahlung (lang- und kurzwellig). Die horizontalen gestrichelten Linien in der Nähe des Äquators markieren die Grenzen der Tropen (23,5° N/S). Die horizontalen gestrichelten Linien in der Nähe der Pole sind die beiden Polarkreise (66,5° N/S). Die Einheiten sind Watt pro Quadratmeter (W/m²).

In Abbildung 1 sind einige interessante Dinge zu sehen.

- Insgesamt kühlen die Wolken die Oberfläche um etwa -19 Watt pro Quadratmeter (W/m²) ab.
- Der Ozean wird fast dreimal so stark gekühlt wie das Land.
- Die Gebiete polwärts der beiden Polarkreise werden durch Wolken erwärmt.

– Die einzigen Gebiete, die im Durchschnitt durch die Wolken erwärmt werden, sind die Polarregionen und die Wüsten.

– Die stärkste Abkühlung findet in der innertropischen Konvergenzonen knapp um dem Äquator und im pazifischen Warmpool nördlich von Australien statt.

Was ich mir allerdings nie angeschaut habe ist die monatliche Aufzeichnung der Netto-CRE an der Oberfläche. Dazu müssen wir natürlich die beiden Hemisphären getrennt betrachten, um die Auswirkungen der gegensätzlichen Jahreszeiten in den beiden Hemisphären zu vermeiden. Die folgende Abbildung 2 zeigt die monatlichen Schwankungen auf der nördlichen Hemisphäre und war meine erste Überraschung:

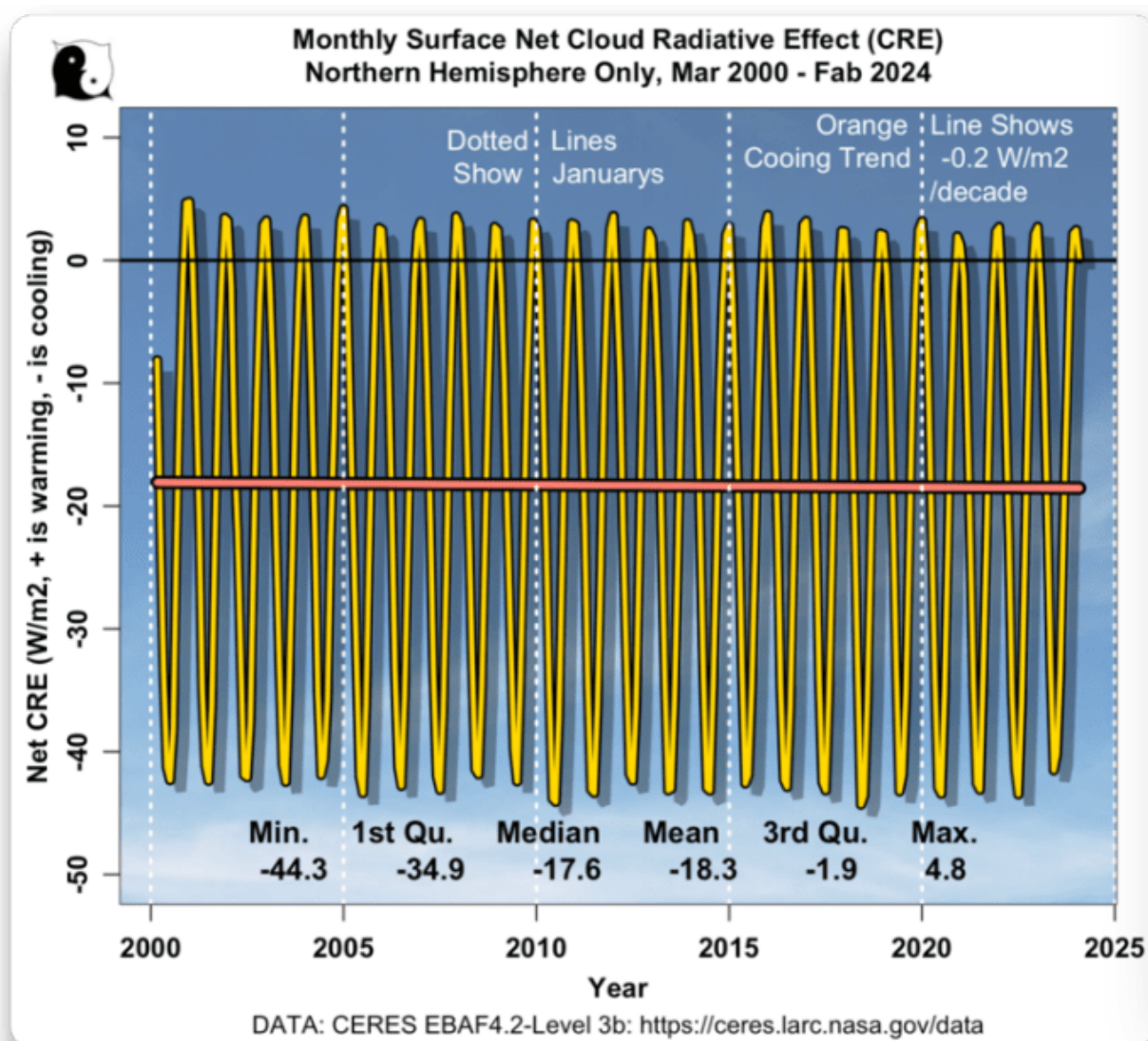


Abbildung 2. Monatlicher Netto-Strahlungseffekt der Wolken, nördliche Hemisphäre.

Ich habe NICHT erwartet, dass die Wirkung von einer leichten Erwärmung

im Winter bis zu einer Abkühlung von -40 W/m^2 im Sommer reicht. Das ist eine gewaltige Schwankung in der Wirkung der Wolken.

Interessant war auch der kühlende Nettoeffekt von $-0,2 \text{ W/m}^2$ pro Jahrzehnt. Der dekadische Anstieg des CO_2 -Antriebs betrug $+0,27 \text{ W/m}^2$ (95% CI: $0,22 \text{ W/m}^2 - 0,32 \text{ W/m}^2$). Über den gesamten Aufzeichnungszeitraum hinweg liegt die geringe Veränderung der Oberflächen-CRE also in der gleichen Größenordnung und wirkt den wärmenden Auswirkungen des CO_2 -Antriebs entgegen (Abkühlung).

Das hat mich natürlich dazu gebracht, mich zu fragen, wie groß der Unterschied zwischen den Sommer- und Wintertemperaturen ohne den Strahlungseffekt der Wolken ist ... was mich dazu brachte, Abbildung 3 zu erstellen:

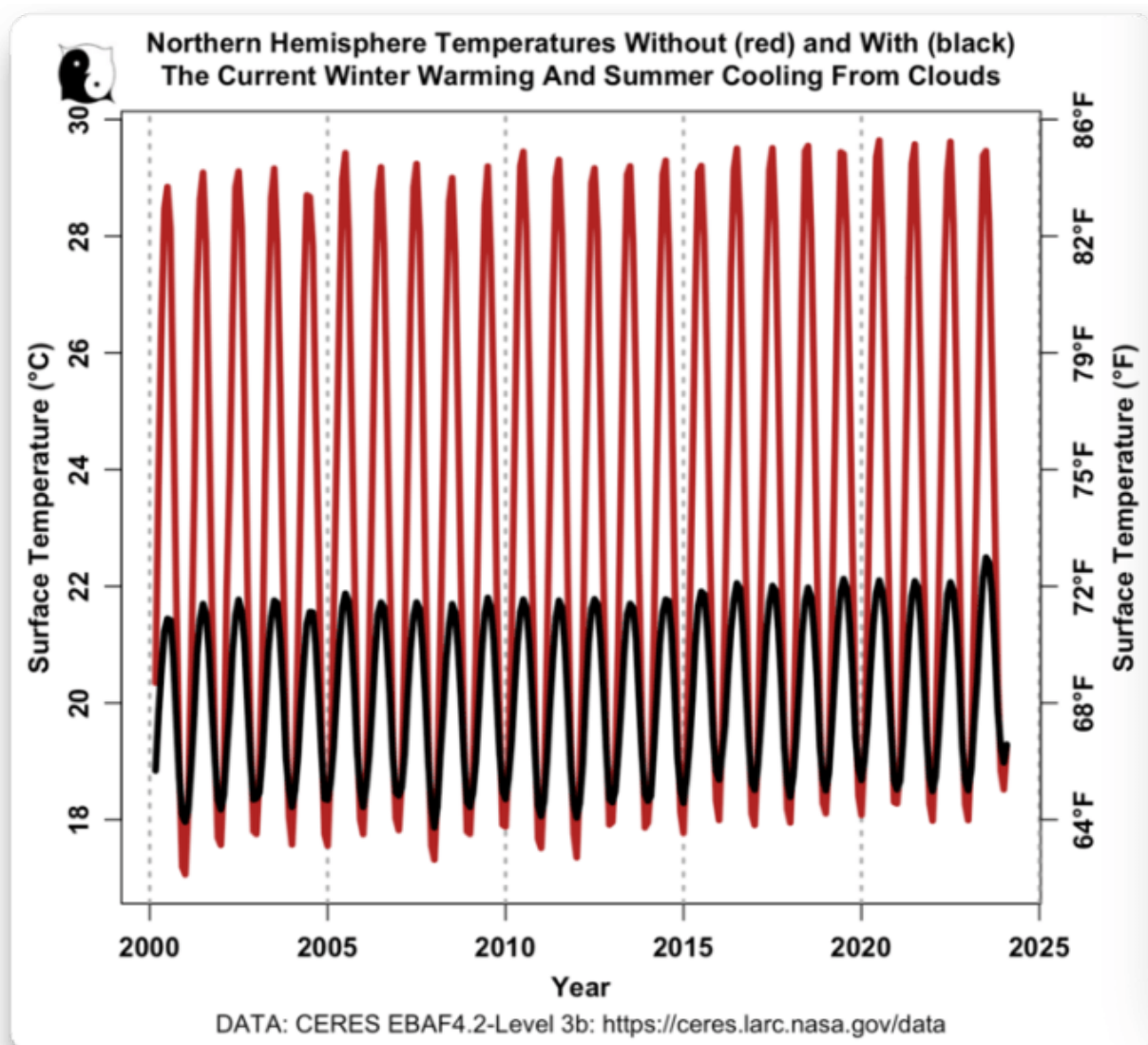


Abbildung 3. Aktuelle Sommertemperaturen auf der Nordhalbkugel (schwarz) und theoretische Temperaturen ohne den Strahlungseffekt der Wolken (unter sonst gleichen Bedingungen, was natürlich nie der Fall ist). Die

Werte wurden in allen Fällen in Einheiten von W/m^2 angegeben und dann mit Hilfe der Stefan-Bolzmann-Gleichung und einem angenommenen Emissionsgrad von 0,95 in Temperatur umgerechnet.

Anstatt der durchschnittlichen Sommerhöchsttemperaturen auf der Nordhalbkugel von etwa 22°C würden sie ohne die unterschiedlichen Strahlungseffekte der Wolken also bei 29°C liegen. Und auch die Winter wären etwas kälter.

(Und ja, ich bin mir bewusst, dass sich ohne Wolken eine ganze Reihe anderer Dinge ändern würden, daher ist meine Grafik reine Theorie. Ich versuche nur, ein Gefühl dafür zu vermitteln, wie groß der Sprung der Wolkenabkühlung von $+5 \text{ W/m}^2$ im Winter zu -40 W/m^2 im Sommer tatsächlich ist).

Neugierig geworden beschloss ich, den gesamten Globus noch einmal zu betrachten, wie in Abbildung 1, aber diesmal für die nördliche Hemisphäre im Winter (Dezember) und im Hochsommer (Juni) getrennt. Hier sind diese beiden Grafiken:

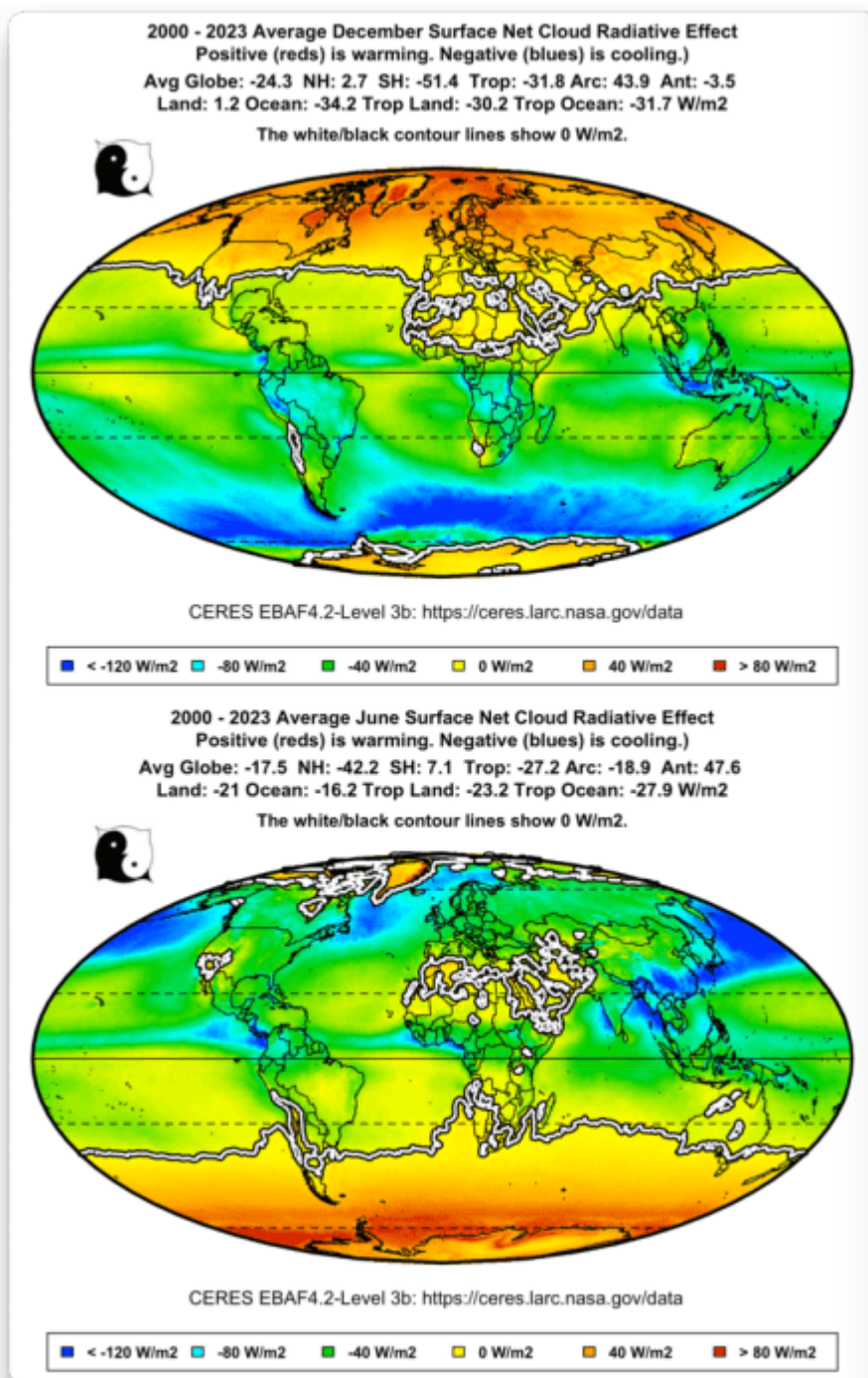


Abbildung 4. Wie Abbildung 1, jedoch mit Darstellung des Netto-Wolkenstrahlungseffekts an der Oberfläche im Hochsommer und im Hochwinter. Mittelwerte für Dezember und Juni. Die horizontalen gestrichelten Linien markieren die Grenzen der Tropen (23,5° N/S) und die beiden Polarkreise (66,5° N/S).

Auch hier gibt es weitere interessante Aspekte. Im NH-Hochwinter (Dezember) erwärmen die Wolken fast das gesamte Gebiet nördlich von etwa 35°N oder so. In der Mitte des Winters auf der Südhalbkugel (Juni) ist das Gleiche der Fall. Die Wolken erwärmen Gebiete südlich von etwa 35°S.

Eine weitere Merkwürdigkeit. In vielen Fällen umreißen die weiß/schwarzen Konturlinien Wüstengebiete, in denen die Wolken laut CERES unabhängig von der Jahreszeit erwärmend wirken. Und warum?

Als Nächstes habe ich mir Streudiagramme der Temperatur im Vergleich zum Strahlungseffekt der Wolken an der Oberfläche angesehen, wobei ich Daten für Gitterzellen von 1° Breitengrad mal 1° Längengrad verwendet habe. Für jede Hemisphäre gibt es 32.400 Datenpunkte. Ich habe die Daten nach Jahreszeiten und Hemisphären grafisch dargestellt. Dabei fiel mir eine höchst merkwürdige Besonderheit auf. Dies war meine zweite Überraschung.

Das Diagramm der Beziehung zwischen der Temperatur im Hochwinter und dem Strahlungseffekt der Wolken im Hochwinter ist in beiden Hemisphären sehr ähnlich.

Das Gleiche gilt für die Beziehung zwischen der Strahlungswirkung der Wolken im Hochsommer und den Temperaturen im Hochsommer. Die beiden Hemisphären haben ähnliche Verhältnisse im Sommer. Hier sind diese Vergleiche:

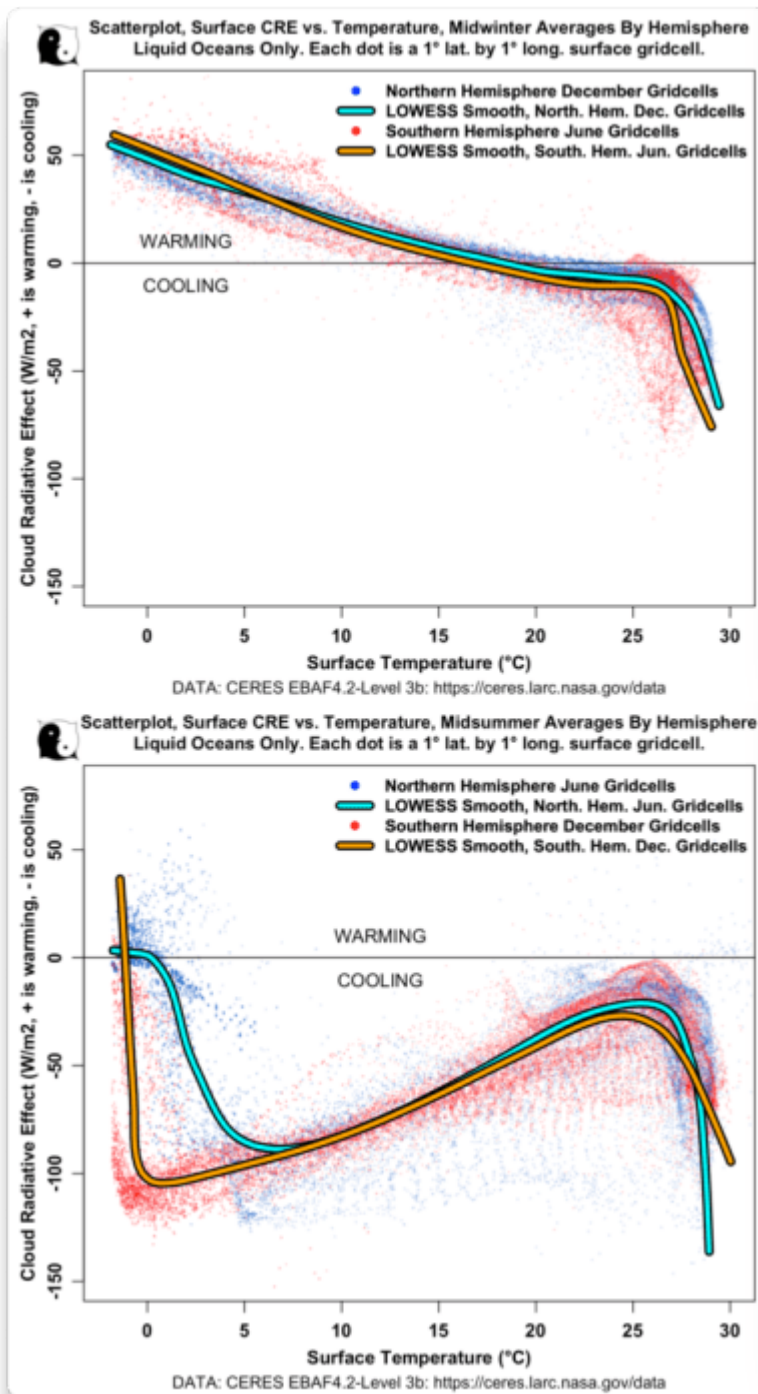


Abbildung 5. Gitterzellen-Streudiagramme. Das obere Feld zeigt den Hochwinter – Hochwinter auf der nördlichen Hemisphäre (Dezember) und Hochwinter auf der südlichen Hemisphäre (Juni). Das untere Feld zeigt den Hochsommer – Hochsommer der nördlichen Hemisphäre (Juni) und Hochsommer der südlichen Hemisphäre (Dezember).

Hier gibt es einige interessante Punkte. Erstens ist die Übereinstimmung zwischen den beiden Wintern (oberer Rahmen) und zwischen den beiden Sommern (unterer Rahmen) erstaunlich eng.

Der Hauptunterschied liegt in den Sommern in den Tiefsttemperatur-Gitterzellen. Auf der südlichen Hemisphäre reicht der offene Ozean fast bis zum eisbedeckten antarktischen Hochplateau. Sowohl im Winter als auch im Sommer erwärmen die Wolken die Antarktis. Im Sommer ist die Änderung der Strahlungswirkung der Wolken im Küstenbereich der Antarktis also ein plötzlicher und fast vertikaler Wechsel zur Erwärmung (linkes Ende der orange-schwarzen Linie, unteres Bild). In der Arktis ist der Pol mit Wasser bedeckt und nicht mit dem hochgelegenen Land des Südpols, so dass die polare Erwärmung langsamer und allmählicher erfolgt (linkes Ende der blau/schwarzen Linie, unteres Bild).

Davon abgesehen sind sich die beiden Hemisphären jedoch recht ähnlich. Am wichtigsten ist, dass sowohl im Sommer als auch im Winter, wenn die Temperaturen über etwa 26°C steigen, die Abkühlung durch Wolken rapide zunimmt und mit jedem zusätzlichen Grad Erwärmung stärker wird.

Die jahreszeitliche Ähnlichkeit des Verhaltens der Ozeane der beiden Hemisphären ist für mich aus einem merkwürdigen Grund wichtig. Ich habe eine gitterzellenbasierte Scatterplot-Analyse wie in Abbildung 5 oben verwendet, um zu sehen, wie Temperatur und CRE auf dem gesamten Globus zusammenhängen. In meinem Beitrag *Observational and theoretical evidence that cloud feedback decreases global warming* (Beobachtungen und theoretische Belege dafür, dass die Wolkenrückkopplung die globale Erwärmung abschwächt) finden Sie eine Diskussion über die Auswirkungen von Abbildung 6 unten:

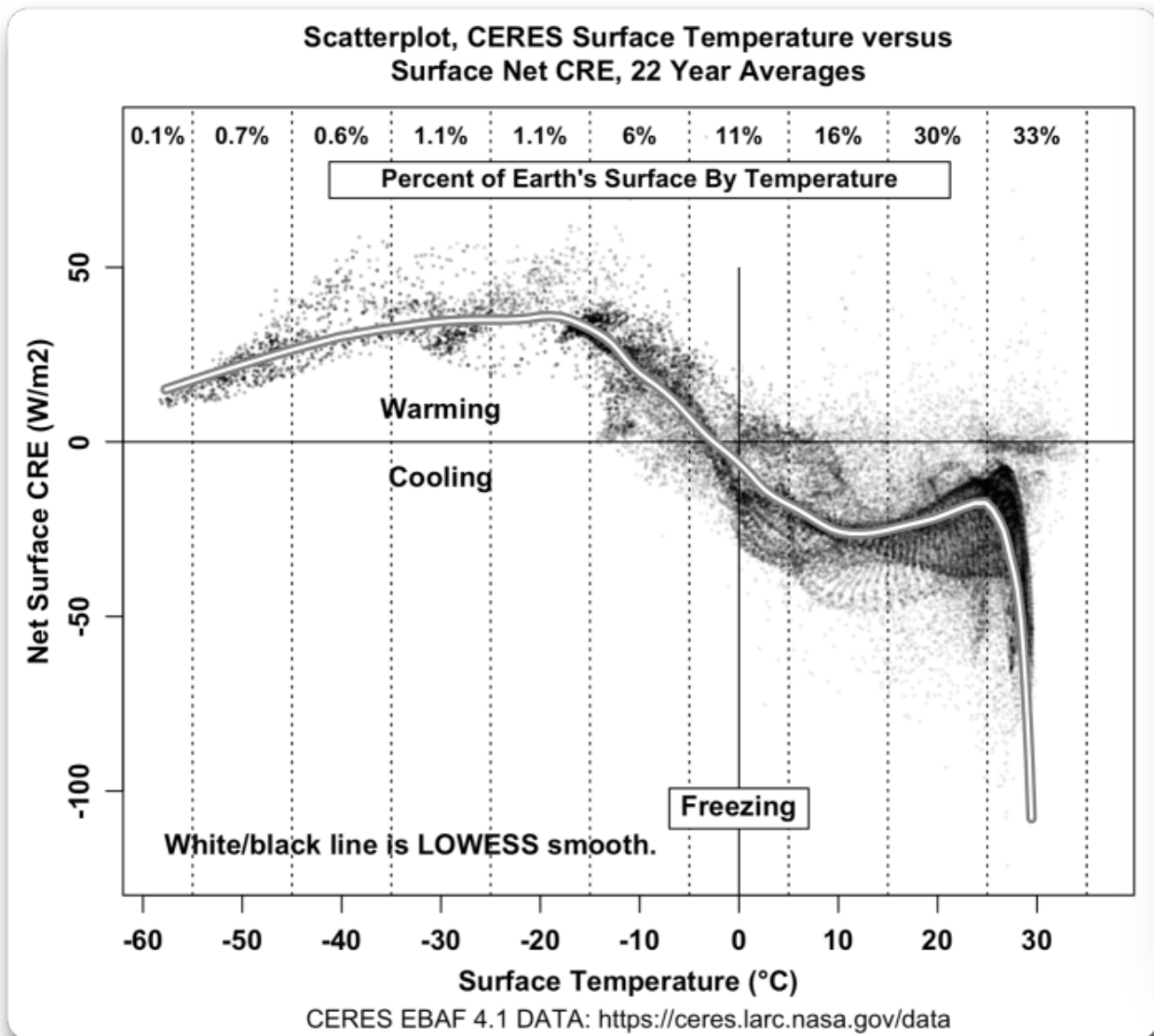


Abbildung 6. Streudiagramm, Netto-Strahlungseffekt der Wolken an der Oberfläche gegenüber der Temperatur, alle Gitterzellen mit 1° Breitengrad und 1° Längengrad an der Oberfläche. Der Haupteinwand, der gegen die Verwendung einer gitterzellenbasierten Streudiagramm-Analyse wie in den Abbildungen 5 und 6 erhoben wurde, ist die Behauptung, dass damit **standortbezogene** Beziehungen untersucht werden und somit keine direkten Beziehungen zwischen den beiden Variablen nachgewiesen werden.

Eine andere Möglichkeit, den Einwand zu formulieren, wäre zu sagen, dass natürlich an bestimmten Orten eine bestimmte Beziehung zwischen Temperatur und CRE besteht – die Beziehung wird durch die standortbezogenen Merkmale der betreffenden Gitterzellen bestimmt. Vielleicht gibt es Meeresströmungen oder nahe gelegene Berge, die sowohl die Temperatur als auch die CRE bestimmen.

Das erscheint mir nicht logisch, denn in Abbildung 6 sind die CRE-Werte nach der durchschnittlichen Temperatur der Gitterzellen gruppiert. Und es gibt viele Rasterzellen auf dem Planeten mit sehr ähnlichen

Durchschnittstemperaturen. Aber ich hatte noch nicht herausgefunden, wie ich diesen Einwand entkräften und zeigen könnte, dass es nicht ortsabhängig ist.

Die Ähnlichkeit der hemisphärischen Hochwinter und der hemisphärischen Hochsommer zeigt jedoch, dass **die Beziehung zwischen Temperatur und Wolkenstrahlungseffekt nicht auf ortsspezifische Merkmale zurückzuführen ist.**

Sie kann nicht ortsspezifisch sein, da es **keine Orte gibt, die für beide Hemisphären gleich sind.** Es handelt sich um völlig unterschiedliche Gitterzellen in völlig unterschiedlichen Ozeanen in unterschiedlichen Hemisphären, mit unterschiedlichen Strömungen, unterschiedlichen Tiefen, unterschiedlichen angrenzenden Landmassen ... und dennoch ist die Beziehung zwischen Temperatur und Oberflächen-Wolkenstrahlung erstaunlich ähnlich.

[Hervorhebungen im Original]

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2024/08/29/how-clouds-affect-the-seasons/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE