Wolken und globale Erwärmung

geschrieben von Chris Frey | 3. Mai 2021

Willis schrieb den Beitrag als Antwort auf eine Studie von Paulo Ceppi und Kollegen über Wolkenrückkopplung in globalen Klimamodellen (Ceppi, Brient, Zelinka, & Hartmann, 2017). Wir werden diese Studie als Ceppi17 bezeichnen. Ich habe mir in den letzten Tagen die Zeit genommen, Willis' Beitrag und Ceppis Studie zu verstehen und Folgendes herausgefunden; lassen Sie mich in den Kommentaren wissen, was Sie denken.

In Ceppi17, $N = F + \lambda\Delta T$. N ist das Ungleichgewicht des Energieflusses an der Oberseite der Atmosphäre, F ist ein Forcing in W/m^2 aufgrund eines plötzlichen Anstiegs der Treibhausgase. Die hypothetische Situation, die in dem Papier verwendet wurde, war eine sofortige Vervierfachung des CO_2, bezogen auf vorindustrielle Bedingungen. Dann berechneten sie ein hypothetisches F. „λ" ist die Wolkenrückkopplung und ΔT ist die gesamte globale Temperaturänderung, die erforderlich ist, um das Gleichgewicht wiederherzustellen, oder ein N von Null. Ihre Rückkopplungszahlen können aufgrund des unplausiblen Szenarios nicht mit Daten dupliziert werden. Hier sind zwei weitere Versionen der Gleichung als Referenz.

$$\Delta T = (N-F)/ \lambda \text{ or } \lambda = (N-F)/ \Delta T$$

Was ist N? N ist ein Kräfteungleichgewicht zwischen eingehender (oder abwärts gerichteter) Strahlung und ausgehender Strahlung an der Obergrenze der Atmosphäre, die wir mit den CERES-Satelliten definieren werden. N ist positiv, wenn die abwärts gerichtete Kraft größer ist (Erwärmung) und negativ, wenn die abgehende Strahlung größer ist (Abkühlung). Die Erde befindet sich im Gleichgewicht, wenn die Rückkopplung, N und F gleich Null sind. Eine positive Rückkopplung (λ) führt zur Erwärmung und zu einem größeren Ungleichgewicht (N). Je höher die Rückkopplung ist, desto größer ist die Erwärmung. Ist die Rückkopplung negativ, kommt es zu einer Abkühlung oder langsameren Erwärmung.

„CRE" ist der Wolken-Strahlungseffekt oder die Differenz zwischen dem Strahlungsfluss bei klarem Himmel und dem gesamten Himmel am Satelliten (TOA). Wolken reflektieren die eintreffende kurzwellige Sonnenstrahlung (SW), so dass bei Vorhandensein von Wolken mehr SW zum Satelliten aufsteigt, im Durchschnitt beträgt der Anstieg etwa -45 W/m^2. Dies ist eine negative Zahl, weil es bedeutet, dass mehr Strahlung die Erde verlässt, ein kühlender Effekt. Wolken blockieren auch einen Teil der von der Erdoberfläche ausgehenden langwelligen Infrarotstrahlung (LW), im Durchschnitt etwa 27 W/m^2, eine positive Zahl, da es sich um Energie handelt, die von der Erde zurückgehalten wird oder weniger Energie, die den Satelliten erreicht, ein wärmender Einfluss. Die Differenz beträgt -18 W/m^2, was bedeutet, dass die Wolken insgesamt die Erde kühlen.

Man würde denken, dass sich die Erde umso schneller abkühlt, je mehr Wolken vorhanden sind, aber so einfach ist es nicht. Einige Wolken, insbesondere niedrige Wolken und Kumuluswolken, neigen dazu, tagsüber mehr Energie zu reflektieren als sie nachts einfangen. Hoch liegende Wolken, wie Zirruswolken, neigen dazu, solare SW-Energie durchzulassen und fangen viel aufsteigende LW-Energie ein, daher haben sie einen wärmenden Effekt. Der Wolkentyp spielt also eine Rolle.

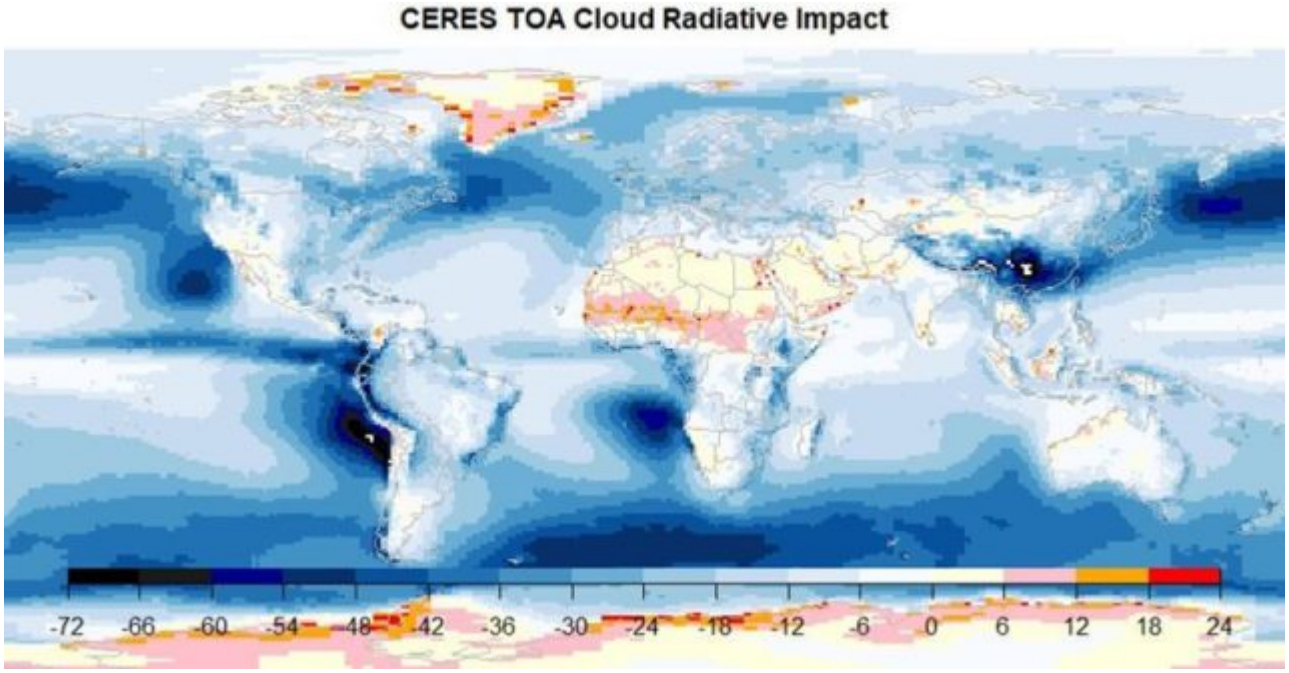

Abbildung 1. CRE in W/m². Negative Werte (schwarz, grau und blau) bedeuten Abkühlung. Daten von https://ceres.larc.nasa.gov/data/

Abbildung 1 ist eine Karte des durchschnittlichen TOA (Obergrenze der Atmosphäre) Wolken-Strahlungs-Ungleichgewichts (CRE) bei den CERES-Satelliten. Die blauen Farben bedeuten ein negatives Energie-Ungleichgewicht oder eine Abkühlung der CRE. Die Karte ist ein Durchschnitt der monatlichen CERES-Daten von 2001 bis 2019. Die abgebildete CERES-Variable ist *„toa_cre_net_mon“* oder der *„Top of The Atmosphere Cloud Radiative Effects Net Flux“*. Der Effekt ist überall negativ (oder kühlend), außer über Wüsten und den polaren Landregionen. Dies sind Gebiete, in denen die Wolken dazu neigen, die Infrarotstrahlung der Oberfläche und der unteren Atmosphäre einzufangen und gleichzeitig die kurzwellige Sonnenstrahlung zur Oberfläche durchzulassen.

Der Punkt, an dem sich die wärmenden und kühlenden Effekte der Wolken in der Farbskala von Abbildung 1 treffen, ist dort, wo das hellste Blau auf das hellste Gelb trifft. Genau bei Null ist der Punkt, an dem die eingehende Energie gleich der ausgehenden Energie ist, in Bezug auf die Wolken. Mit Ausnahme der Sahara, des Nahen Ostens, Westchinas, Teilen Südostasiens, Indonesiens, Nordaustraliens, des Südwestens der USA und

Mexikos kühlen die Wolken also die Erde ab. Die dunkleren Gebiete in Abbildung 1 haben mehr anhaltende Wolken.

Abbildung 2 hat hellere Farben für Wolken und dunklere Farben für klaren Himmel. So ist der hellere Streifen in der Nähe des Äquators, sowohl im Pazifik als auch im Atlantik, in Abbildung 2 weiß, im Gegensatz zu Abbildung 1. Dies ist die intertropische Konvergenzzone (ITCZ), in der die Passatwinde der nördlichen und südlichen Hemisphäre zusammenlaufen. Hier ist die Verdunstung von Meerwasser am größten. Da Wasserdampf eine geringere Dichte als trockene Luft hat, handelt es sich um eine Zone mit schnell aufsteigender feuchter Luft und häufigem Regen und Gewitter. Sie ist fast immer bewölkt. Die ITCZ folgt dem Zenitpunkt der Sonne und die kühlende Wirkung der Wolken in dieser Zone ist sehr hoch.

Die maximale Wolkenabkühlung bzw. die negativsten CRE-Werte befinden sich in den kleinen weißen Flecken in der Mitte der schwarzen Flecken vor dem südlichen Peru und im südöstlichen China, nördlich von Vietnam. Diese CRE-Werte sind sehr negativ (extrem kühlend) und liegen außerhalb der Skala. Abbildung 1 korreliert einigermaßen gut mit dem Wolkenanteil in Abbildung 2 bzw. den helleren Farben in Abbildung 3, mit Ausnahme der Polkappen.

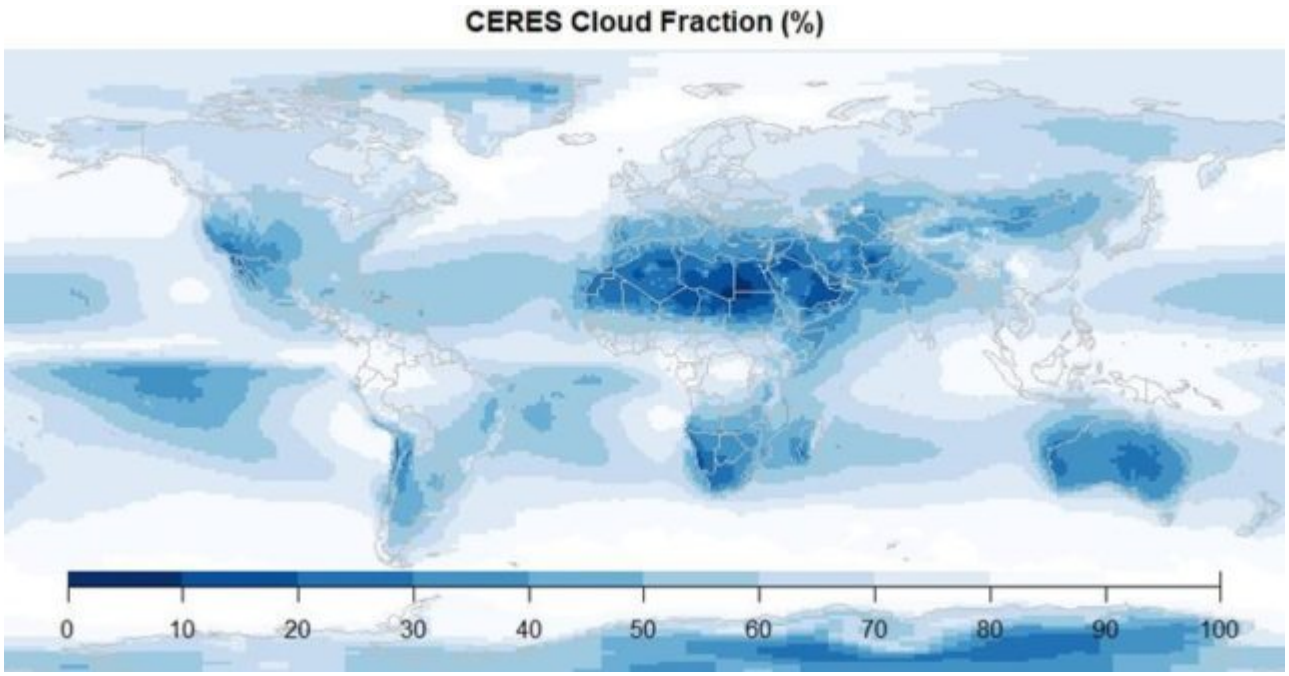

Abbildung 2. CERES-Wolkenanteil in Prozent. Dunklere Farben bedeuten weniger Bewölkung, hellere Farben bedeuten mehr Wolken.

Abbildung 3 ist die blaue NASA-Murmel mit Eis und Wolken in einer Mercator-Projektion dargestellt. Beachten Sie die Ähnlichkeit mit Abbildung 2, außer an den Polen.

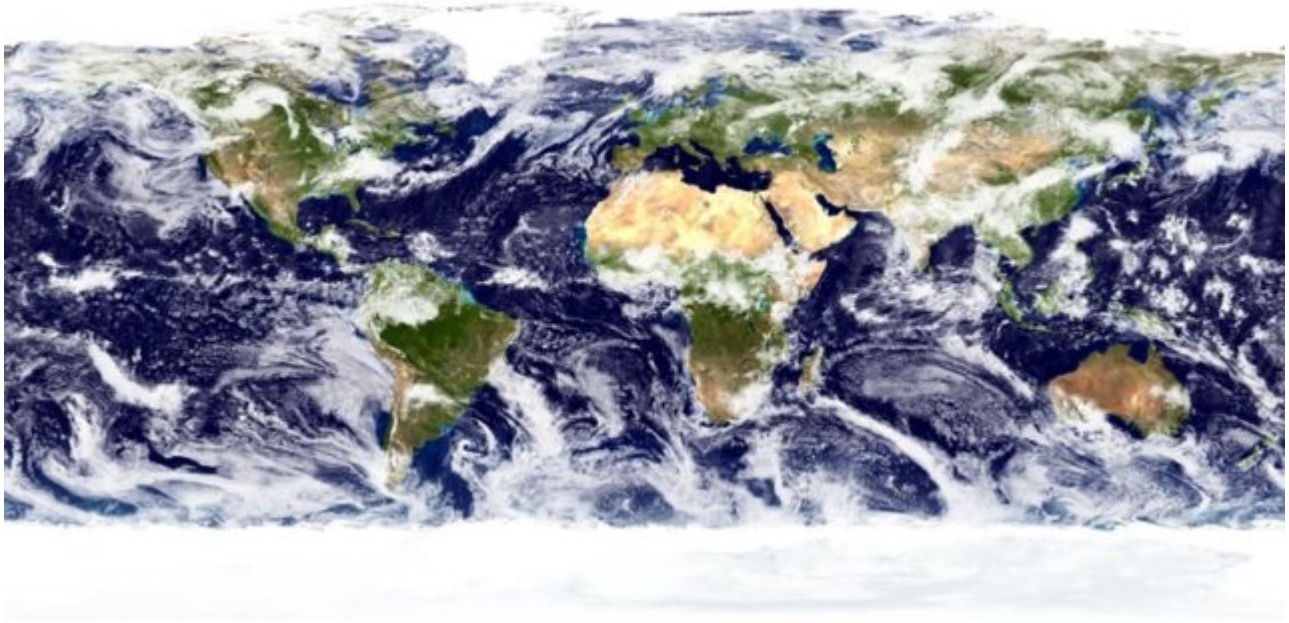

Abbildung 3. Darstellung der NASA mit Eis und Wolken.

Abbildung 4 zeigt die gleichen Daten, die CERES EBAF 4.1-Variable „*toa_cre_net_mon*“, als jährliche globale Mittelwerte. EBAF bedeutet „*energy balanced and filled*“. Wie Norman Loeb und Kollegen (NASA Langley Research Center) erklären, ist das Energie-Ungleichgewicht der Erde so winzig, zwischen 0,5 und 1 W/m², dass es nur 0,15% der gesamten ein- und ausgehenden Strahlung ausmacht. Die Zahl, nach der wir suchen, ist also die Differenz zwischen zwei großen Zahlen und liegt kaum über der Unsicherheit der Satellitenmessungen.

Die Kalibrierungsunsicherheit bei der CERES SW-Messung beträgt 1 % und 0,75 % für die LW. Somit ist die ausgehende LW nur auf ±2 W/m² bekannt. Es gibt viele andere Fehlerquellen, und wie Loeb, et al. erklären, beträgt das Netto-Ungleichgewicht aus den Standard-CERES-Datenprodukten nur ~4,3 W/m², nicht viel größer als der erwartete Fehler. Aufgrund der groben Auflösung des CERES-Instruments gibt es viele fehlende Gitterzellen in dem Eins-zu-Eins-Gitter für Breiten- und Längengrade, das zur Erstellung der Karten in den Abbildungen 1 und 2 verwendet wird. Um diese Probleme zu umgehen, verwenden Loeb und Kollegen einen komplexen Algorithmus, um fehlende Werte aufzufüllen und die SW- und LW-TOA-Flüsse innerhalb ihrer Unsicherheitsbereiche anzupassen, um Inkonsistenzen zwischen dem globalen Netto-TOA-Energiefluss und der Wärmespeicherung im System Erde-Atmosphäre zu beseitigen (Loeb, et al., 2018).

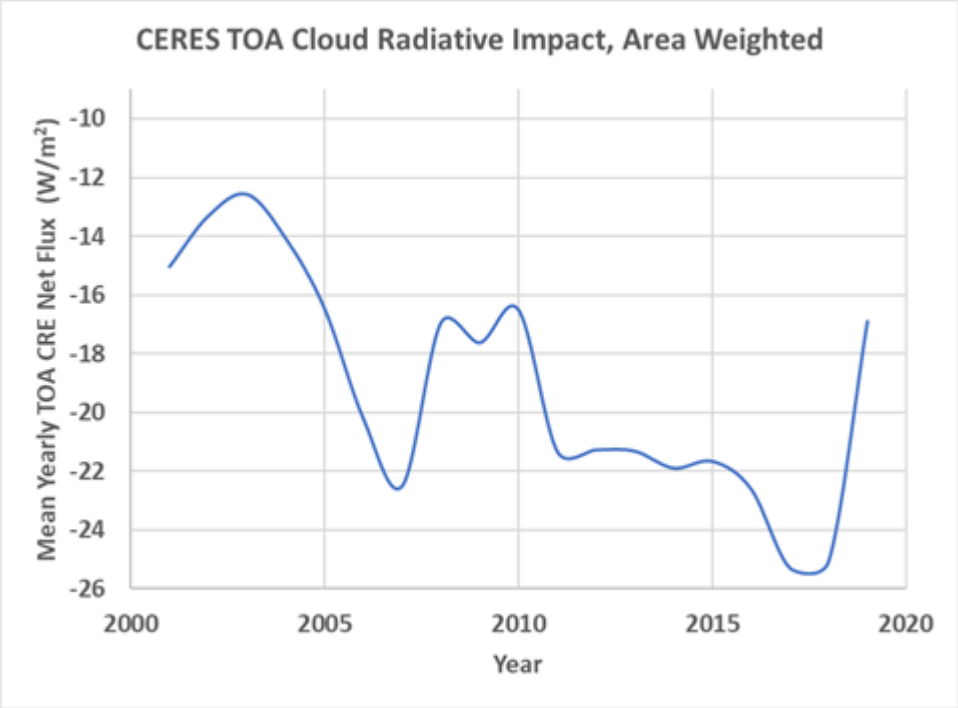

Abbildung 4. Der flächengewichtete durchschnittliche monatliche TOA CRE (Cloud-Radiative Effect) des CERES von 2001 bis 2019. Daten von der NASA.

Der CRE- oder der Wolkenstrahlungs-Ungleichgewichtswert variiert stark von Jahr zu Jahr, der Durchschnittswert über die 19 Jahre beträgt -19,1 W/m², das liegt sehr nahe am Wert von Ceppi et al. von -18 W/m² (Ceppi, Brient, Zelinka, & Hartmann, 2017). Dies deutet darauf hin, dass die Gesamtwolkenbedeckung der Hauptfaktor ist, sie ist unten in Abbildung 5 dargestellt. Wie zu erwarten, nimmt der Kühleffekt ab, wenn der Wolkenanteil sinkt, und die CRE wird weniger negativ. Wenn der Wolkenanteil steigt, nimmt der Kühleffekt zu.

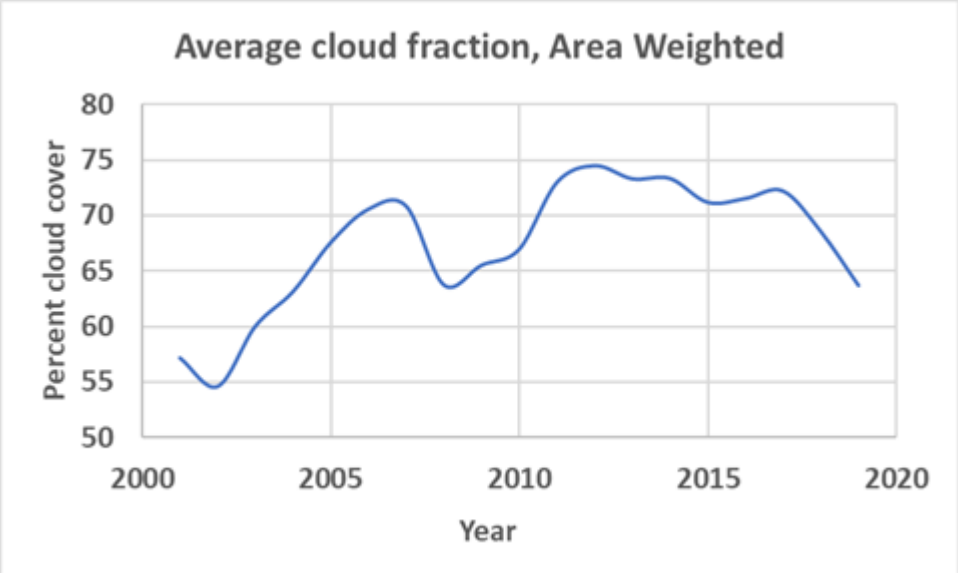

Abbildung 5. CERES Durchschnittlicher monatlicher Wolkenanteil, Variable *cldarea_total_daynight_mon*.

In Ceppi17 impliziert ein positiverer Rückkopplungsparameter (λ) eine Erwärmung. Da sie mit Modellen arbeiten, können sie λ berechnen, indem sie den berechneten Antrieb, der erforderlich ist, um das ursprüngliche erzwungene Energieungleichgewicht aufgrund von Wolken auszugleichen, durch die resultierende Temperaturänderung (ΔT) teilen. Abbildung 6 zeigt die globale Rückkopplung von Ceppi17 aufgrund von Wolken.

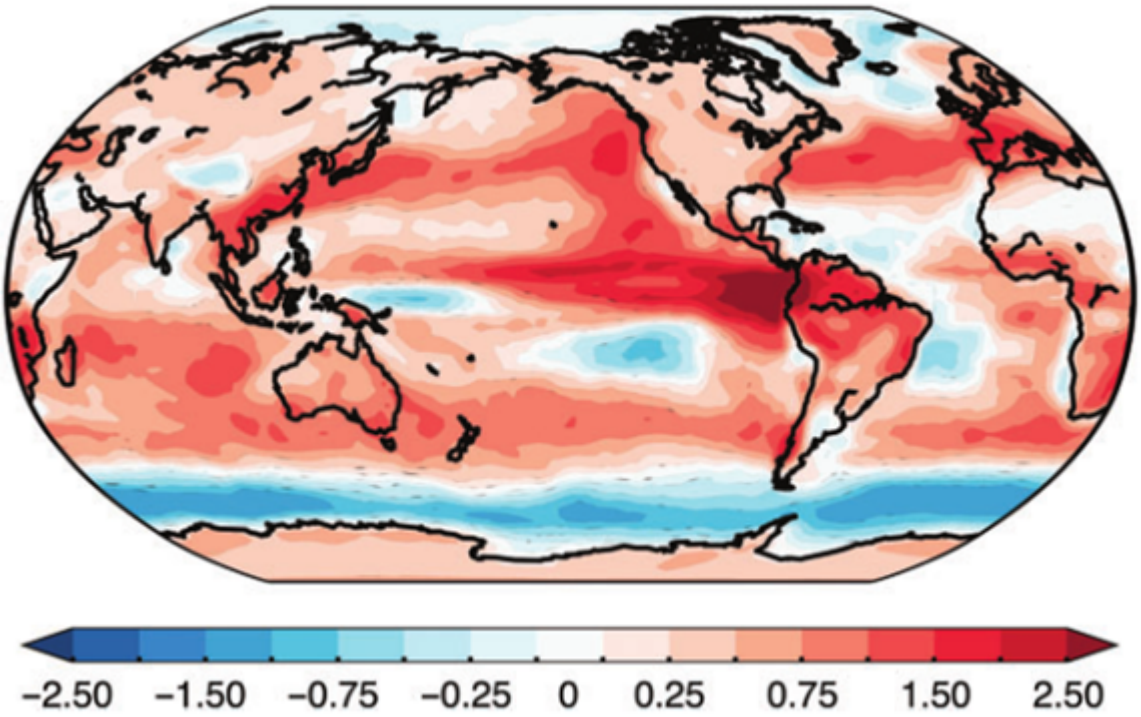

Abbildung 6. Der globale Wolken-Rückkopplungs-Parameter von Ceppi17, die Einheiten sind W/m²/K.

Die Einheiten sind W/m²/K, wobei K (Kelvin) Grad C der Erwärmung oder Abkühlung aufgrund von Wolken über die Zeit, die zum Erreichen des Gleichgewichts benötigt wird, ist. Abbildung 6 ist die Wolkenrückkopplung und nicht das Gleiche wie CRE, aber laut Ceppi17 ist die Wolkenrückkopplung tendenziell positiv und es deutet darauf hin, dass die Wolken langfristig die Erde erwärmen und nicht abkühlen. Dies brachte Willis dazu, das ganze Papier in Frage zu stellen. Er weist darauf hin, dass Abbildung 6 eine Darstellung der Modellausgabe ist und Abbildung 1 Daten sind. Die Daten in Abbildung 1 sind massiert und sie sind nahe am Rande der Unsicherheit, aber es sind Daten.

Ceppi17 hat Glück, dass wir ihre Rückkopplungsparameter nicht aus realen Daten ableiten können, denn wenn wir das könnten, würde die Karte vermutlich ganz anders aussehen als in Abbildung 6. Einer der Orte, an

dem die Wolken die Oberfläche am meisten abkühlen, liegt zum Beispiel vor der Küste Perus, wie wird daraus ein Gebiet mit einer positiven Rückkopplung? Der andere ist der Südosten Chinas, OK, dort wird es ein wenig blau, aber nichts von dem, was uns die tatsächlichen Daten zeigen. Die sehr bewölkte ITCZ ist ein sehr heißes Gebiet in Abbildung 6, wie machen sie das?

Ich stimme mit Willis überein, diese ganze Idee, dass Wolken eine positive (wärmende) Rückkopplung sind, macht keinen Sinn. Das Schlimmste daran ist, dass fast jedes Modell eine positive Wolkenrückkopplung verwendet. Die Wolkenrückkopplung ist die größte Komponente der modellberechneten ECS (die Temperatursensitivität aufgrund einer Verdopplung der CO_2-Konzentration), welche das IPCC bevorzugt. Wie wir wissen, können Wolken nicht modelliert werden, sondern müssen parametrisiert werden (der schicke Modellierungsbegriff für „angenommen"). Wie Steve Koonin in seinem demnächst erscheinenden Buch „*Unsettled*" berichtet, haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts ihr Klimamodell durch Anpassung der Wolkenrückkopplungen auf einen ECS von etwa 3°C eingestellt. Er fügt hinzu: „Talk about cooking the books." (Koonin, 2021, S. 93). [Etwa: Sprecht über das Frisieren der Bücher!]

Ceppi17 berichtet, dass die Wolkenrückkopplung „bei weitem die größte Quelle für die Streuung zwischen den Modellen bei der Gleichgewichts-Klimasensitivität (ECS) ist." Sie weisen auch darauf hin, dass die Wolkenrückkopplung stark mit der aus den Modellen abgeleiteten ECS korreliert ist und liefern uns die Daten, die in Abbildung 7 dargestellt sind.

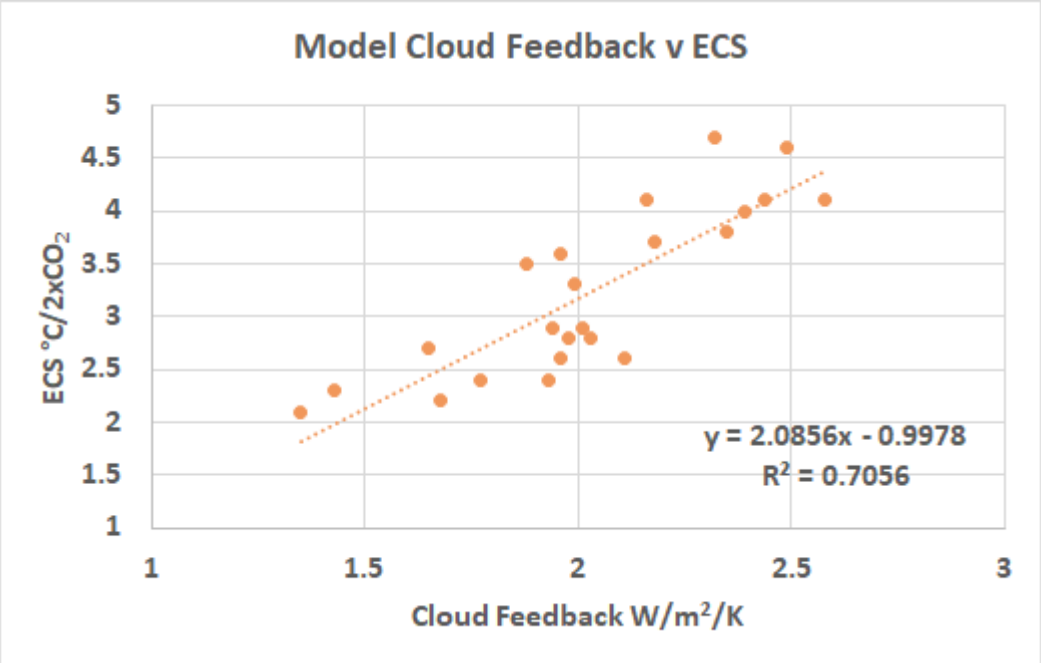

Abbildung 7. Modellierte Wolkenrückkopplung (λ) aufgetragen gegen modellgeleitetes ECS. Daten aus (Ceppi, Brient, Zelinka, & Hartmann, 2017).

Oops! Wolken können nicht modelliert werden, Modelle gehen davon aus, dass ihre Wolken einen Erwärmungseffekt haben, CERES sagt, dass Wolken einen Nettokühleffekt haben, einen großen Nettokühleffekt von -18 W/m². Die Modelle sagen, dass der gesamte menschliche Einfluss auf das Klima seit Beginn des Industriezeitalters 2,3 (1,1 bis 3,3) W/m² beträgt (IPCC, 2013, S. 661), was den Wolkeneinfluss von -18 W/m² relativiert. Beachten Sie, dass die Variabilität in Abbildung 4 größer ist als 2,3 W/m². Wie viel der ECS von Modellen ist auf ihre Annahme zurückzuführen, dass Wolken eine Nettoerwärmung sind? Wie viel ist auf ihre Annahme zurückzuführen, dass ECS 3 W/m² beträgt? So viele Fragen.

Willis Eschenbach kindly reviewed this post for me and provided valuable input.

References

Ceppi, P., Brient, F., Zelinka, M., & Hartmann, D. (2017, July). Cloud feedback mechanisms and their representation in global climate models. *WIRES Climate Change, 8*(4). Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wcc.465

IPCC. (2013). In T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, . . . P. Midgley, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge: Cambridge University Press. Retrieved from https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

Koonin, S. E. (2021). *Unsettled: What Climate Science Tells us, What it doesn't, and why it matters.* Dallas, Texas, USA: BenBella. Retrieved from https://www.amazon.com/dp/B08JQKQGD5/ref=dp-kindle-redirect?_encoding=UTF8&btkr=1

Loeb, N. G., Doelling, D., Wang, H., Su, W., Nguyen, C., Corbett, J., & Liang, L. (2018). Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) Energy Balanced and Filled (EBAF) Top-of-Atmosphere (TOA) Edition-4.0 Data Product. *Journal of Climate, 31*(2). Retrieved from https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/31/2/jcli-d-17-0208.1.xml

Link: https://andymaypetrophysicist.com/2021/04/28/clouds-and-global-warming/

Übersetzt von Chris Frey EIKE