

# Die mysteriöse Gleichgewichts-Klimasensitivität (ECS) im AR 6 des IPCC, Teil 2: die Auswirkungen von Wolken

geschrieben von Chris Frey | 27. April 2023

[Andy May](#)

Der jährliche Nettoeinfluss der Wolken auf die aus- und eintreffende Strahlung schwankt laut CERES-Satellitendaten von Jahr zu Jahr um mehr als ein  $\text{W/m}^2$ . [1] Der AR6 sagt uns, dass die Rückkopplung der Wolken auf die Erwärmung der Treibhausgase an der Oberfläche die größte Unsicherheitsquelle bei der Bewertung der Erwärmung im vergangenen Jahrhundert ist, wie wir aus der AR6-Abbildung 7.10 – unserer Abbildung 1 – sehen können.

AR6, Seite 926, berichtet, dass es sehr wahrscheinlich ist, dass die globale Netto-Wolkenrückkopplung positiv ist, aber die Unsicherheit ist viel größer als bei anderen Rückkopplungen der Temperatur. Der sehr wahrscheinliche Bereich liegt bei  $-0,1$  bis  $0,94 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ . [2] Die Gesamtunsicherheit beträgt also mehr als ein  $\text{W/m}^2$  pro Grad Erwärmung, und diese Schätzung beruht vollständig auf Modellen.

Andrew Dessler liefert eine auf Beobachtungen basierende Schätzung der Wolkenrückkopplung für den Zeitraum von 2000 bis 2010 von  $0,54 \pm 0,7 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ . [3] Dessler berichtet von einer starken negativen (oder kühlenden) Gesamt- oder Netto-Temperaturrückkopplung (Planck + Sturzrate + Wasserdampf + Albedo + Wolken) von  $-1,15 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$  für den Zeitraum mit einer Unsicherheit von  $\pm 0,88$ . Somit ist die Gesamtunsicherheit nur geringfügig höher als die Wolkenunsicherheit. Er betont, dass die CMIP-Modelle ein Problem bei der Modellierung des Musters der Wolkenrückkopplung haben.

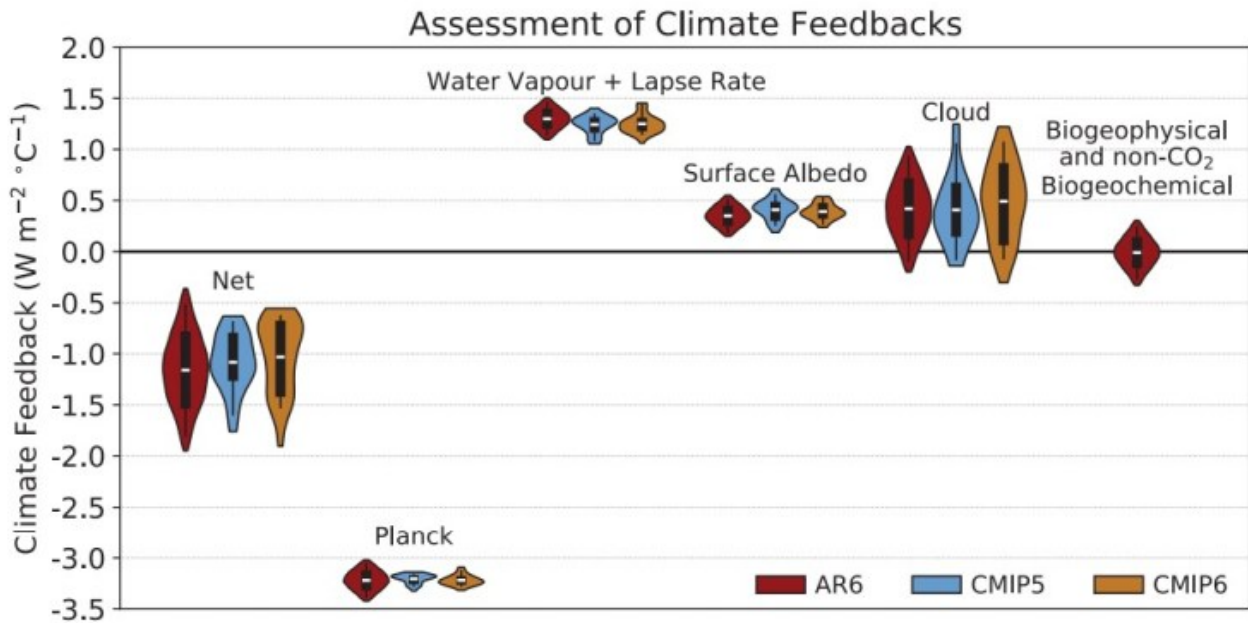


Abbildung 1. Dies ist Abbildung 7.10 aus AR6, Seite 979. Sie zeigt die simulierten Rückkopplungen, die durch CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht werden, berechnet für AR6 (rot), CMIP6-Modelle (braun) und AR5 (blau).

Während die Wolkenbedeckung, die sich von der Wolkenrückkopplung unterscheidet, aber damit zusammenhängt, von Jahr zu Jahr stark schwankt, weist sie von 2000 bis 2021 keinen statistisch gültigen Trend auf. [4] AR6 behauptet, dass die Netto-Wolkenrückkopplung (NCF) mit hoher Wahrscheinlichkeit positiv ist, und erhöht sie laut AR6, Seite 979, gegenüber AR5 um 20 %. Eine positive Wolkenrückkopplung bedeutet, dass bei steigender Temperatur die Wolken die Erwärmung verstärken. Obwohl der IPCC die Parameter für die Wolkenrückkopplung angepasst hat, um die Rückkopplung zu erhöhen, hat sich die Unsicherheit nicht verbessert, sondern ist in CMIP6 sogar noch größer als in CMIP5, wie in Abbildung 1 dargestellt. Die AR6-CMIP6-Modelle verstärken die Erwärmung aufgrund von Wolken,[5] und sie erhöhen die Modellunsicherheit und die Nettounsicherheit – kein gutes Zeichen.

Die Erklärung dafür findet sich in Kapitel 7 auf den Seiten 974-975 und ist recht schwach. Wolken haben nachts eine wärmende Wirkung, reflektieren aber tagsüber das Sonnenlicht, und im Durchschnitt kühlen sie die Oberfläche ab. [6] Der AR6 behauptet, dass sie insgesamt eine positive Rückkopplung auf die Erwärmung ausüben, was möglich, aber unwahrscheinlich ist, da der Gesamteffekt ein kühlender ist. AR6 stellt fest, dass „verschiedene Arten von Wolken-Rückkopplungen gleichzeitig in einem Wolkenregime auftreten können“ [7]. Daraus folgt, dass je nach Tageszeit, Ort und lokalen Bedingungen die Wolkenrückkopplung für dieselben Wolken positiv oder negativ sein kann. Die Bestimmung eines allgemeinen Parameters oder einer Funktion zur Charakterisierung der Wolkenrückkopplung ist eventuell nicht möglich, da sich die Menge der Rückkopplung und das Vorzeichen der Rückkopplung ständig ändern.

Wenn sich die lokalen meteorologischen Bedingungen, insbesondere die Temperatur ändern, können sich laut AR6 die Menge und das Vorzeichen der Wolkenrückkopplungen ändern. [8] Das heißt, AR6 berichtet, dass Rückkopplungen selbst Rückkopplungen haben können. Oder zumindest können sich die Richtung und das Ausmaß einiger Rückkopplungen ändern, wenn sich die Temperatur ändert. Das macht die Vorhersage künftiger Klimaveränderungen natürlich sehr schwierig. Klimamodelle zeigen normalerweise, dass die Rückkopplungen zunehmen (positiver oder wärmer werden), wenn die Temperaturen steigen, obwohl einige zeigen, dass sie abnehmen (negativer oder kälter werden) [9]. AR6 erklärt vorsichtig, dass diese Veränderung der Rückkopplungen mit den Bedingungen schlecht verstanden wird und nicht quantifiziert werden kann.

Wir verfügen auch über Satellitendaten, die zeigen, dass hohe Zirruswolken im tropischen Pazifik eine negative Rückkopplung auf die Meerestemperaturen (SST) bewirken. [10] Richard Lindzen und seine Kollegen stellten dieses Konzept, das sie „Iris-Effekt“ nannten, im Jahr 2001 vor. Obwohl die Debatte über den Iris-Effekt heftig geführt wurde, hat er sich im Laufe der Zeit bewährt. Im AR6 wird er auf den Seiten 972-973 erörtert und es besteht wenig Vertrauen, dass es sich um eine negative Rückkopplung handelt, wie Lindzen immer behauptet hat. Sie schaffen es, eine zweiseitige Diskussion über den Iris-Effekt zu präsentieren, ohne Richard Lindzen, Ming-Dah Chou und Arthur Hou, die ursprünglichen Autoren des Konzepts, auch nur einmal zu erwähnen [11].

Lindzen und seine Kollegen stellen die Hypothese auf, dass steigende Temperaturen die Geschwindigkeit des Wasserkreislaufs über den Ozeanen erhöhen und dadurch weniger Wasserdampf in den Kumuluswolken für die Bildung von hoch gelegenen Zirruswolken zur Verfügung steht. Wenn also die Temperaturen steigen, gibt es weniger Zirruswolken, und der Himmel öffnet sich wie die Iris eines Auges. Dadurch kann mehr Oberflächenstrahlung in den Weltraum entweichen, was abkühlend wirkt. Hohe Wolken sind sehr kalt, bestehen aus Eis und sind hartnäckig. Aufgrund ihrer niedrigen Temperatur strahlen sie nicht viel Energie in den Weltraum ab, aber sie absorbieren und blockieren die von der Oberfläche und den tiefliegenden Wolken abgegebene Strahlung. Tief liegende Wolken sind wärmer, so dass sie mehr Strahlung abgeben und das einfallende Sonnenlicht effektiver blockieren als Zirruswolken. Daher ist es logischerweise wahrscheinlicher, dass tief liegende Wolken eine negative Rückkopplung zur Oberflächenerwärmung darstellen, aber sowohl Sherwood et al. als auch AR6 behaupten, dass tief liegende Wolken eine positive Rückkopplung zur Oberflächenerwärmung darstellen. Die Debatte zu diesem Thema geht weiter, aber AR6 gibt einen Unsicherheitsbereich an, der einige kleine negative Werte enthält, wie in Abbildung 1 dargestellt.

Kürzlich haben Thorsten Mauritsen und Bjorn Stevens eingeräumt, dass die Konvektionseffizienz (Geschwindigkeit des Wasserkreislaufs) in den aktuellen Klimamodellen nur sehr grob dargestellt wird. Sie programmierten eine sehr einfache Darstellung der beobachteten

Niederschlagseffizienz/des Iris-Effekts in ihr Klimamodell und stellten fest, dass dies dazu führte, dass der berechnete ECS an das untere Ende der IPCC-Spanne fiel, in die Nähe eines Wertes von zwei. Sie sind der Meinung, dass die Modelle diese wichtigen hydrologischen Rückkopplungen übersehen und stimmen mit Lindzen darin überein, dass sich trockene und klare (wolkenfreie) Gebiete in den Tropen mit der Oberflächenerwärmung ausdehnen. [12] Mauritsen und Stevens zeigten, dass die Einbeziehung des Iris-Effekts in ihr Modell alle Modellergebnisse näher an die Beobachtungen heranbringt. Andere Modellexperimente stimmen nicht mit den Ergebnissen von Mauritsen und Stevens überein, so dass die Modellergebnisse des Effekts derzeit nicht schlüssig sind, was jedoch nicht für die Daten gilt.

Der Umfang der Netto-Wolkenrückkopplung (NCF) und ihr langfristiger Trend sind ungewiss. AR6 ist sich auch nicht sicher, ob NCF positiv oder negativ ist, obwohl sie sagen, dass es wahrscheinlich positiv ist. Sie räumen ein, dass selbst wenn der NCF heute positiv ist, er sich in der Zukunft noch ins Negative wenden könnte. Und wie Abbildung 1 zeigt, ist die Ungewissheit in Bezug auf das Vorzeichen und die Größe der gesamten Rückkopplung zur CO<sub>2</sub>-verursachten Erwärmung hauptsächlich eine Folge der Ungewissheit in Bezug auf den NCF.

## **Estimated Climate Sensitivity ECS**

Während sich Lindzen und andere Forscher bei der Schätzung der Klimasensitivität gegenüber CO<sub>2</sub> auf Beobachtungen gestützt haben, stützt sich der IPCC bei seiner Schätzung hauptsächlich auf Modelle, Theorien und Klimaprozessanalysen. Der AR6 berücksichtigt zwar beobachtungsbasierte Studien wie die von Richard Lindzen, aber sie sind nur eine von fünf Verfahren zur Eingrenzung des Bereichs der Klimasensitivitätsschätzungen. Es wurde eine subjektive statistische Analysetechnik verwendet, um alle fünf Verfahren zu kombinieren und den im Bericht angegebenen ECS-Bereich abzuleiten, aber Nic Lewis hat gezeigt, dass das Verfahren (das von Sherwood et al. übernommen worden war) fehlerhaft war[13].

Paulo Ceppi und Kollegen haben moderne Klimamodellschätzungen von ECS untersucht. Es stellte sich heraus, dass die von den Modellen berechnete ECS stark von der Netto-Wolkenrückkopplung (NCF) abhängt. Wie oben erläutert ist die Wolkenrückkopplung nur geschätzt und nicht bekannt, und sie kann derzeit nicht modelliert werden. Sie kann nur „parametrisiert“ werden. Dies ist ein origineller Begriff aus der Modellierung, der mit „angenommen“ oder einer fundierten Vermutung übersetzt werden kann. Die Beziehung zwischen modellbasiertem ECS und NCF ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Daten in der Grafik stammen von Ceppi et al. [14]:

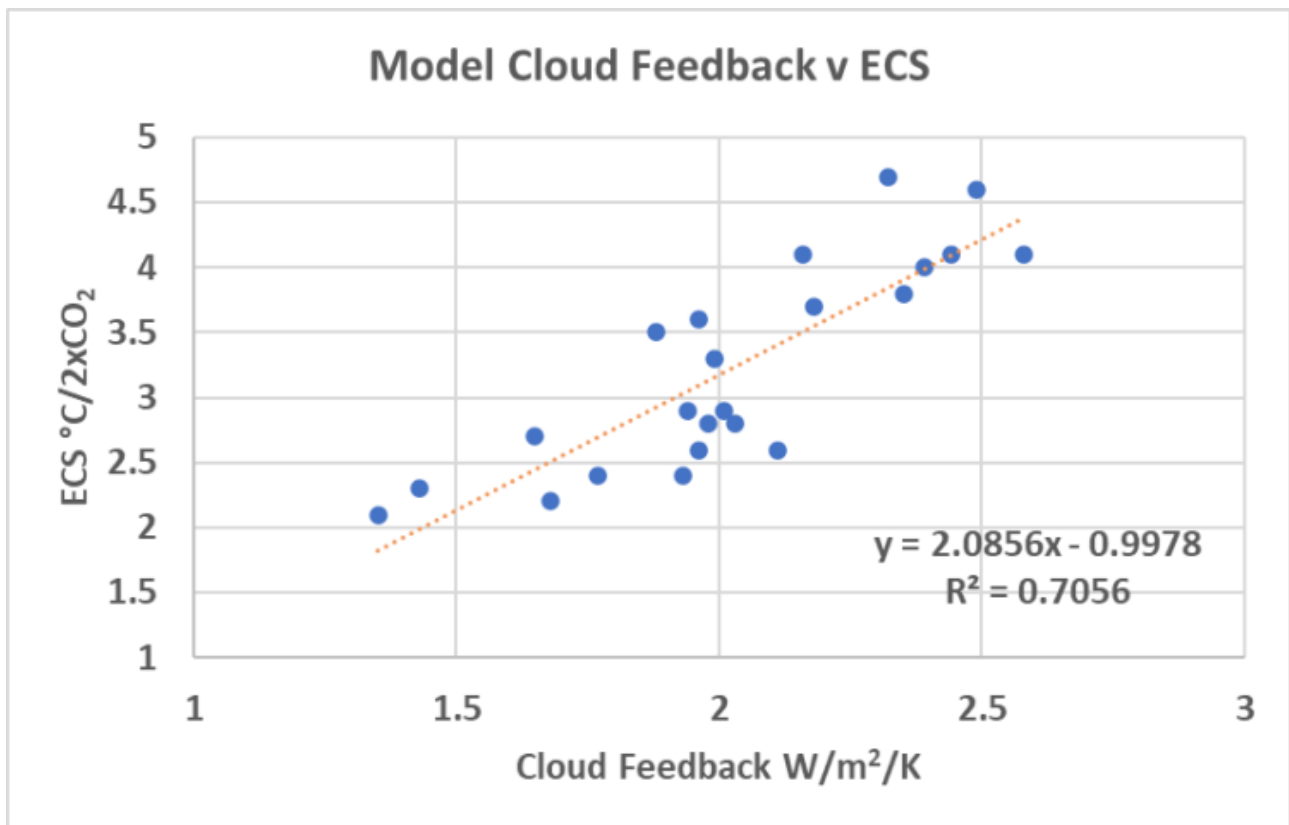


Abbildung 2. Ein Diagramm der modellierten Wolkenrückkopplung im Vergleich zum aus 28 Modellen abgeleiteten ECS des AR5/CMIP5-Modells. Datenquelle: (Ceppi, Brient, Zelinka, & Hartmann, 2017)

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen, dass die Wolken die Hauptquelle der Unsicherheit bei der Berechnung der ECS und der zukünftigen Erwärmung sind. Darüber hinaus deutet das  $R^2$  in Abbildung 2 darauf hin, dass die in die Modelle eingespeisten Wolkenrückkopplungs-Parameter 71 % der Variabilität der ECS erklären. Ceppi, et al. schreiben:

*„Die Netto-Wolkenrückkopplung ist stark mit dem Gesamtrückkopplungsparameter korreliert ...“* (Ceppi, Brient, Zelinka, & Hartmann, 2017).

Wenn der unsicherste Modellparameter 71 % des Modellergebnisses erklärt, wie sicher können wir uns dann auf das Ergebnis verlassen? Bei den in Abbildung 2 dargestellten Modellen handelt es sich nicht um die im AR6 verwendeten Modelle, sondern um ähnliche AR5-Modelle. AR6 erkennt die Abhängigkeit des ECS vom NCF an:

*„... CMIP6-Modelle haben höhere mittlere ECS- und TCR-Werte als die CMIP5-Generation von 50 Modellen. Sie haben auch höhere Mittelwerte und breitere Streuungen als die besten Schätzungen und sehr wahrscheinlichen Bereiche in diesem Bericht. Diese höheren ECS- und TCR-Werte können in einigen Modellen auf Veränderungen bei den Rückkopplungen der außertropischen Wolken zurückgeführt werden, die sich aus den Bemühungen ergeben haben, die Verzerrungen dieser Wolken im Vergleich zu den*

*Satellitenbeobachtungen zu reduzieren (mittleres Vertrauen). Die breiteren ECS- und TCR-Bereiche von CMIP6 führen auch dazu, dass die Modelle einen Bereich der zukünftigen Erwärmung projizieren, der größer ist als der bewertete Erwärmungsbereich“ (AR6, S. 927).*

Steven Koonin berichtet in seinem kultigen Buch [Unsettled](#) auf Seite 93, dass Forscher des Max-Planck-Instituts ihr Klimamodell MPI-ESM1.2 mit Hilfe von einstellbaren Wolkenrückkopplungs-Parametern auf die gewünschte ECS abgestimmt haben. Koonins Kommentar dazu lautete: „Wir reden hier von Buchfälschung“.

Die modellierte ECS, die projizierte Erwärmung und die modellierte TCR sind im AR6 unsicherer als im AR5, und die erhöhte Unsicherheit ist auf die Unsicherheit der Netto-Wolkenrückkopplung zurückzuführen. Die Ungewissheit in Bezug auf die Auswirkungen der Wolken hat sich aufgrund der Bemühungen, die Verzerrung der Wolken im Vergleich zu den Satellitenbeobachtungen zu verringern, erhöht. Wolken können derzeit nicht modelliert werden, so dass die Änderungen durch manuelle Änderungen anpassbarer Modellparameter verursacht wurden. Die Parameter erhöhten die angenommene, aber unbekannt positive Wolkenrückkopplung, was den stark korrelierten modellierten ECS erhöhte. Daraufhin ergaben die Modelle sowohl eine höhere ECS als auch eine höhere prognostizierte zukünftige Erwärmung. Eine große Überraschung. Es sieht so aus, als ob der IPCC ein gewünschtes Ergebnis herstellt, und das nicht sehr überzeugend.

The bibliography can be downloaded [here](#).

1. May, A. (2021c, April 28). *Clouds and Global Warming*. From CERES data. [Link](#). ↑
2. AR6, Chapter 7, page 975 ↑
3. Dessler, A. E. (2013). Observations of Climate Feedbacks over 2000-10 and Comparisons to Climate Models. *J of Climate*, 333-342. ↑
4. May, A. (2021c, April 28). *Clouds and Global Warming*. [Link](#). Figure 5. ↑
5. AR6, page 979. Cloud feedback is 20% larger in AR6 than in AR5. On the same page, AR6 admits this why modelled ECS is larger in AR6 than in AR5. ↑
6. (May, 2021c) and 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). ↑
7. AR6, page 975 ↑
8. AR6, 975, 979, 980 ↑
9. (IPCC, 2021, p. 981) ↑
10. Lindzen, R., & Choi, Y.-S. (2021, April 1). The Iris Effect: A Review. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. ↑
11. Lindzen, R., Chou, M.-D., & Hou, A. (2001, March). Does the Earth have an Adaptive Iris. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(3). ↑
12. Mauritsen, T., & Stevens, B. (2015). Missing iris effect as a

possible cause of muted hydrological change and high climate sensitivity in models. *Nature Geoscience*, 8, 346-351. [↑](#)

13. Lewis, N. (2022). Objectively combining climate sensitivity evidence. *Climate Dynamics*. [↑](#)
14. 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). [↑](#)

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2023/04/25/the-mysterious-ar6-ecs-part-2-the-impact-of-clouds/>

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