

Klima-Sensitivität und CO₂ – was wissen wir? Teil 1

geschrieben von Chris Frey | 10. Juli 2021

Andy May

Der IPCC behauptet in seinem AR5-Bericht, dass ECS, die langfristige Temperaturänderung aufgrund einer Verdopplung der atmosphärischen CO₂-Konzentration oder die „*Equilibrium Climate Sensitivity*“ wahrscheinlich zwischen 1,5° und 4,5°C liegt, und sie geben kein *Best Estimate* an (IPCC, 2013, S. 85). Aber ihre durchschnittliche, von Modellen berechnete ECS ist 3,2°C/2xCO₂. Hier ist °C/2xCO₂ die Temperaturänderung aufgrund einer Verdopplung von CO₂. Sie behaupten auch, dass es extrem unwahrscheinlich ist, dass sie weniger als 1°C beträgt. ECS braucht eine lange Zeit, Hunderte von Jahren, um erreicht zu werden, daher ist es unwahrscheinlich, dass es in der Natur beobachtet oder gemessen wird. Ein geeigneteres Maß für die Klimasensitivität ist TCR, die transiente Klimareaktion [*Transient Climate Response*] bzw. Sensitivität. TCR kann weniger als 100 Jahre nach dem CO₂-Anstieg gesehen werden, das IPCC behauptet, dass dieser Wert wahrscheinlich zwischen 1° und 2,5°C/2xCO₂ liegt, ihr berechneter Durchschnitt ist 1,8°C/2xCO₂ (IPCC, 2013, S. 818).

Der CO₂-Klimaantrieb oder die Nettoänderung der von der Erdatmosphäre zurückgehaltenen Strahlung in Verbindung mit diesen Szenarien beträgt 3,7 W/m² (IPCC, 2007b, S. 140). Unter Verwendung dieser Werte können wir eine Empfindlichkeit der Oberflächenlufttemperatur gegenüber dem Strahlungsantrieb (*Radiative Forcing* RF) von $1,8/3,7 = 0,49^\circ\text{C pro W/m}^2$ berechnen. Diese Werte sind inklusive aller vom Modell berechneten Rückkopplungen.

Das IPCC stellt ausdrücklich fest, dass seiner Ansicht nach Wolken-, Wasserdampf- und Albedo-Rückkopplungen allesamt positiv sind, und behauptet, dass dies sowohl durch Modelle als auch durch Beobachtungen belegt ist (IPCC, 2013, S. 82). Sie geben zu, dass die Wolkenrückkopplung, insbesondere die niedrige Wolkenrückkopplung, schlecht erforscht ist und die Quelle der meisten Streuungen in den Modellergebnissen ist (IPCC, 2013, S. 817). Die Wolkenrückkopplung ist schlecht verstanden; aber sie kann den gesamten geschätzten menschlichen Einfluss auf das Klima ausgleichen. Gemäß den CERES-Satellitenmessungen schwankt die monatliche Netto-RF der Wolken zwischen -15 und -25 W/m², wie in Abbildung 1 dargestellt. Beide Zahlen sind negativ, was bedeutet, dass Wolken insgesamt die Erde kühlen. Wenn die Behauptungen des IPCC, dass eine Verdoppelung des CO₂ die RF an der Erdoberfläche um etwa 3,7 W/m² erhöht, wahr sind, ist dies weniger als die Änderung der jährlichen RF der Wolken. Für mehr über Wolken und globale Erwärmung siehe [hier](#) [in deutscher Übersetzung [hier](#)].

Das IPCC möchte, dass wir uns über eine CO₂-bedingte Veränderung in etwa 100 Jahren Sorgen machen, wenn wir jedes Jahr eine größere Veränderung der Strahlungswirkung sehen. Die von ihnen berechnete Auswirkung einer CO₂-Verdoppelung ist winzig im Vergleich zu natürlichen Veränderungen. Die Unsicherheit in der Auswirkung von CO₂ auf das Klima ist die Differenz zwischen zwei winzigen Zahlen, die beide zu klein sind, um sie zu messen. Man könnte daraus schließen, dass sie eine Schraube locker haben.

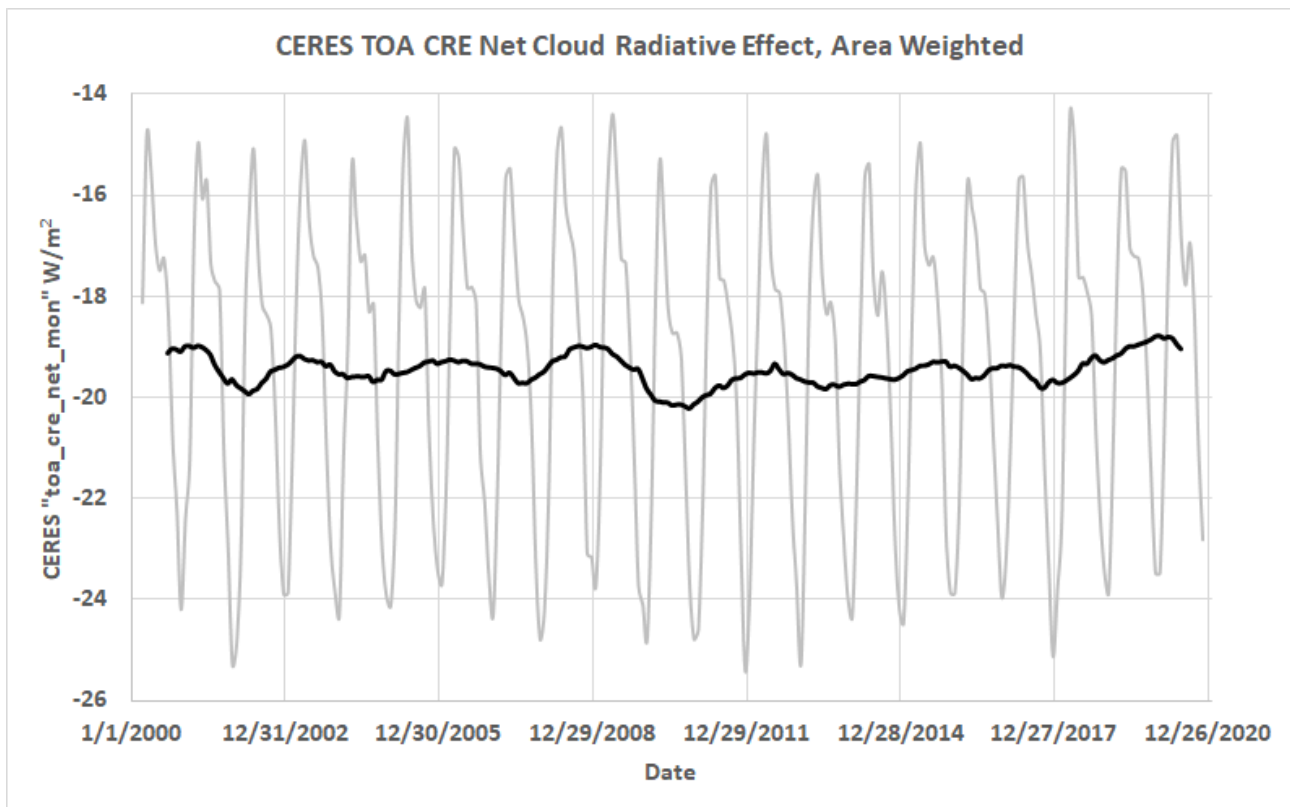


Abbildung 1. Der globale Netto-Wolkenstrahlungseinfluss auf die Erde.

Es lohnt sich zu wiederholen, dass der AR5-Bericht kein *Best Estimate* von ECS liefert, weil es an Übereinstimmung in den verschiedenen Schätzungen mangelt. Auch ihre Denkweise ist bezeichnend, wonach es deren Ansicht nach extrem unwahrscheinlich ist, dass TCR mehr als 3°C/2xCO₂ beträgt, aber sie bieten keine untere Grenze an, der sie vertrauen. Eine Zusammenfassung der IPCC-Schätzungen von ECS und TCR ist in Box 12.2 des AR5 dargestellt (IPCC, 2013, S. 1110-1112).

Es gibt mehrere von Experten begutachtete Schätzungen der Klimasensitivität, die auf Beobachtungen in der realen Welt beruhen und die weniger als 1°C/2xCO₂ betragen. Diese Schätzungen sind der Fokus dieser Beiträge. Einige dieser Schätzungen sind von ECS und einige von TCR, oder ähnlich der Größe, die das IPCC als TCR bezeichnet. In diesem Beitrag werden wir nicht zwischen diesen beiden unterscheiden. Das IPCC hat spezifische modellbasierte Definitionen von ECS und TCR, die sich

nicht auf die reale Welt übertragen lassen. Hier konzentrieren wir uns auf Schätzungen aus der realen Welt, nicht auf abstrakte Modellkonstruktionen. Das IPCC versucht, diese niedrigeren Schätzungen zu ignorieren und behauptet, sie seien diskreditiert (IPCC, 2013, S. 923), wir halten das für unangemessen.

Die niedrigeren Schätzungen stammen von Richard Lindzen (Lindzen & Choi, 2009), Sherwood Idso (Idso, 1998), Reginald Newell (Newell & Dopplick, 1979), und Willie Soon (Soon, Connolly, & Connolly, 2015). Lindzens Schätzung liegt bei $0,5^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$, Idsos bei $0,4^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$, und eine von Soon (er bietet vier an) bei $0,44^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$. Newell und Dopplick leiten $0,25^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ für die Tropen ab. Die Forscher verwenden eine Vielzahl von Datensätzen und Methoden, aber alle basieren auf Beobachtungen. Wir werden weiter unten und in einem zweiten Beitrag, der in ein oder zwei Tagen erscheinen wird, auf die Details eingehen.

Es gibt andere, auf Beobachtungen basierende Schätzungen wie die bekannte Schätzung von Nic Lewis und Judith Curry, die historische CO_2 - und globale Temperaturaufzeichnungen verwenden. Lewis und Curry schätzen die TCR auf 1,2 (5%-95% Bereich: $0,9-1,7$) $^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ (Lewis & Curry, 2018). Die Arbeit von Lewis und Curry ist hervorragend, aber wir werden uns in diesem Beitrag auf die niedrigeren Schätzungen konzentrieren. Wir erwähnen ihre Arbeit nur, um zu zeigen, dass viele, wenn nicht sogar die meisten, beobachtungsbasierten Schätzungen der TCR niedriger sind als die modellbasierten Schätzungen. Modelle, die den Beobachtungen nicht folgen, sollten ignoriert werden.

Während AR5 die Arbeit von Lindzen und Choi anspricht, ignorieren sie die Schätzung von Idso aus dem Jahr 1998, die Schätzung von Newell und Dopplick aus dem Jahr 1979, und die Schätzung von Soon wurde noch nicht veröffentlicht.

Lindzen und Choi

In einer Reihe von Arbeiten haben Lindzen und seine Kollegen eine robuste Hypothese entwickelt, dass steigende Meeresoberflächentemperaturen (SST) dazu führen, dass einige hoch gelegene tropische Zirruswolken verschwinden und den Himmel öffnen, so dass mehr Infrarotstrahlung in den Weltraum entweichen kann, was die tropische Atmosphäre und Oberfläche abkühlt. Wie oben erwähnt, behauptet der IPCC, dass die Netto-Rückkopplung der Wolken auf wärmere Oberflächentemperaturen positiv ist und die Oberfläche weiter erwärmt. CERES sagt uns, dass der Gesamteinfluss der Wolken negativ ist, aber wie sich die Wolkenbedeckung mit den Oberflächentemperaturen ändert, ist unklar. Lindzens Untersuchung zu diesem Problem ist erhellend.

Die meisten tropischen Zirruswolken, aber nicht alle, entstehen in den oberen Bereichen von Cumulonimbus-Wolken. Die Hypothese ist, dass höhere Oberflächentemperaturen dazu führen, dass die Niederschlagseffizienz innerhalb der Cumulonimbus-Türme zunimmt, ebenso wie die Anzahl der

Türme, daher ist weniger Wasserdampf hoch in den Türmen verfügbar, um Zirruswolken zu bilden (Lindzen & Choi, 2021). Hoch gelegene Cirren blockieren die ausgehende Infrarotstrahlung, lassen aber den Großteil der einfallenden kurzwelligigen Strahlung durch, so dass eine Verringerung der mit Cirren bedeckten Fläche die Oberfläche abkühlt.

Lindzen nennt die Verringerung der Cirruswolkenbedeckung aufgrund steigender Oberflächentemperaturen den „Iris-Effekt“, da er analog zum Öffnen der Iris eines Auges ist. Diese negative Rückkopplung ist nicht Bestandteil der meisten Klimamodelle, aber Thorsten Mauritsen und Bjorn Stevens fügten sie ihrem Klimamodell ECHAM6 hinzu und stellten fest, dass sie die Modellergebnisse näher an die Beobachtungen heranführte (Mauritsen & Stevens, 2015). Ein Anstieg der Oberflächentemperatur um ein Grad reduziert die Zirruswolkenbedeckung im tropischen Pazifik um 22 %, ist also signifikant.

Der Standard-ECS, berechnet aus der ECHAM6-Modellausgabe, beträgt $2,8^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$. Wenn der Iris-Effekt zum Modell hinzugefügt wird, wird der ECS immer kleiner und kann in einigen Szenarien auf $1,2^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ fallen. Wie oben erwähnt, berechnete Lindzen einen ECS von $0,5^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ aus dem Wolkenrückkopplungsparameter, der aus den [ERBE-Satellitendaten](#) (Earth Radiation Budget Experiment) abgeleitet wurde. Die genaue Auswirkung des Iris-Effekts muss noch bestimmt werden, aber sobald er einbezogen wird, senkt er immer sowohl TCR als auch ECS.

Trotz heftiger Kritik in den letzten 20 Jahren, einschließlich eines Artikels mit dem Titel „*No Evidence for Iris*“ im *Bulletin of the American Meteorological Society* (Hartmann & Michelsen, 2002), wird der kühlende Iriseffekt heute allgemein akzeptiert. Was immer noch diskutiert wird, ist das Ausmaß des Effekts. Während in der Theorie der ECS aus der gesamten Rückkopplung berechnet werden kann, hat die Berechnung viele Unbekannte, die in Lindzens Studien beschrieben sind, insbesondere im ersten von 2001 (Lindzen, Chou, & Hou, 2001). Abhängig von den getroffenen Annahmen ergibt Lindzens Blendeneffekt einen ECS zwischen den rein Beobachtungs-basierten $0,5^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ (Lindzen & Choi, 2009) und den modellbasierten $2,5^{\circ}\text{C}/2\times\text{CO}_2$ (Mauritsen & Stevens, 2015). Der Bereich der möglichen Werte ist zwar groß, aber sie sind alle kleiner als Berechnungen, die den Blendeneffekt unter den gleichen Annahmen ausschließen.

Lindzen betont, dass die Reaktion der Zirruswolken auf die SST-Erwärmung im Wesentlichen spontan ist, Daten mit einer Verzögerung von einem Monat oder mehr sind unbrauchbar und irreführend. Es gibt auch andere Faktoren als die SST, die die von Zirruswolken bedeckte Fläche beeinflussen und die Berechnung verkomplizieren. Statistisch gesehen ist die Rückkopplung des langwelligigen Infrarots (LW) auf den Iriseffekt ein zuverlässiger Wert von $-4 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Das heißt, wenn die SST um ein Grad ansteigt, führt dies zu einer Abkühlung im langwelligigen Infrarot um 4 W/m^2 . Aber der Verlust von Wolken bedeutet auch, dass mehr kurzwellige Strahlung (SW) von der Sonne auf die Oberfläche trifft, so dass der Nettobetrag der

Abkühlung zweifelhaft ist. Die Schätzungen für den Anstieg der SW in Abhängigkeit von der Cirruswolkenbedeckung sind weniger genau als der Kühleffekt der entweichenden LW, liegen aber wahrscheinlich zwischen 3 und 3,5 W/m²/K. Der genaue Betrag der Abkühlung durch den Iris-Effekt bleibt also unbekannt, aber es besteht allgemeine Übereinstimmung, dass der Iris-Effekt existiert, zu einer Abkühlung führt und ECS und TCR reduziert.

Soon, et al., 2015

Niemand weiß genau, wie die Oberflächentemperatur der Erde mit der Sonneneinstrahlung variiert. Genau wie das Wetter ändert sich auch der Energiefluss an der Oberseite der Atmosphäre, so dass langfristige kleine Änderungen, sei es aufgrund von Änderungen der Sonne oder der CO₂-Konzentration, durch kurzfristige natürliche Schwankungen verdeckt werden. Ebenso hat die Aufzeichnung der Oberflächentemperatur Messprobleme, sowohl systematische Probleme als auch Probleme mit den Instrumenten.

Willie Soon und Kollegen waren besorgt, dass die Verstärkung des globalen Temperaturnetzwerks verunreinigt haben könnte, also erstellten sie eine Aufzeichnung der Temperatur der nördlichen Hemisphäre (NH) mit überwiegend ländlichen Wetterstationen (Soon, Connolly, & Connolly, 2015). Ihre neue Aufzeichnung war mit den NH-SST-Trends und den Aufzeichnungen von Gletschervorstößen und -rückzügen kompatibel. Der Datensatz wurde mit einem NH-SST-Datensatz kombiniert und mit der TSI-Rekonstruktion (Total Solar Irradiance) von Hoyt und Schatten verglichen, die von Scafetta und Willson modifiziert wurde (Scafetta & Willson, 2014). Die Übereinstimmung war recht gut, wie Sie in Abbildung 2 sehen können:

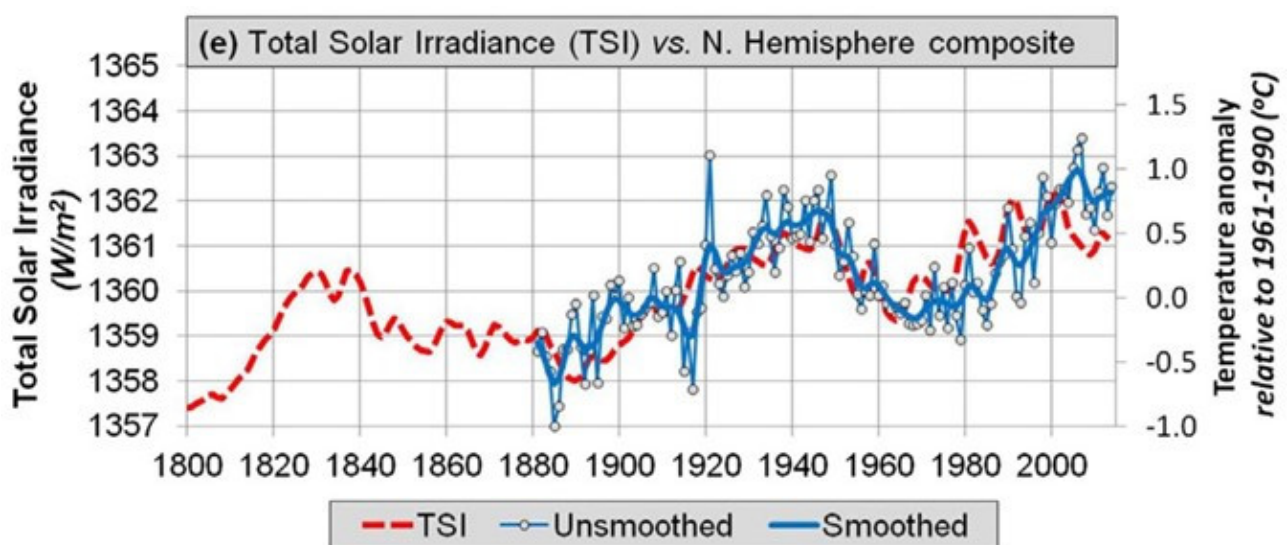


Abbildung 2. Soon et al.'s Temperaturaufzeichnung der nördlichen Hemisphäre auf dem Land (in blau) gegen TSI (in rot). Quelle: (Soon, Connolly & Connolly, 2015).

Die Anpassung der Kurven in Abbildung 2 nach der Methode der kleinsten Quadrate führt zu einer Reihe von Residuen, die recht klein sind. Das R^2 beträgt 0,48 bis 0,5 und die Steigungen liegen bei 0,1 bis 0,211°C/W/m². Soon und Kollegen nahmen an, dass die Temperaturschwankung, die durch die Änderung der TSI nicht erklärt werden konnte, auf die Erhöhung der CO₂-Konzentration zurückzuführen war, und je nachdem, wie sie die Berechnung durchführten, ergab sich eine Klimasensitivität zwischen 0,44°C/2xCO₂ und 1,76°C/2xCO₂ (Soon, Connolly, & Connolly, 2015).

Die in Abbildung 2 gezeigte TSI-Rekonstruktion ähnelt vielen anderen, wie in Soon, et al. gezeigt, aber das IPCC ignoriert im Allgemeinen die aktiveren TSI-Rekonstruktionen und bevorzugt die **invarianteren Rekonstruktionen**, die den Anschein erwecken, dass CO₂ der dominante Faktor der jüngsten Erwärmung ist. Der springende Punkt ist, dass die Klimamodelle auf die verschiedenen globalen Temperaturaufzeichnungen abgestimmt sind, die sehr wohl durch die rasante Urbanisierung im 20. Jahrhundert kontaminiert sein können. Die abgestimmten IPCC-Modelle der natürlichen Erwärmung gehen von einer nahezu unveränderlichen Sonne aus, so dass, wenn die nur natürlich modellierte Temperatur von dem anthropogenen plus natürlichen Modell subtrahiert wird, um die menschliche (oder CO₂-) Komponente der Erwärmung zu extrahieren, die gesamte Erwärmung den Menschen und dem CO₂ zugeordnet wird. Dieser IPCC-Prozess wird [hier](#) beschrieben. Der Beitrag zeigt auch Diagramme verschiedener von Experten geprüfter TSI-Rekonstruktionen, diejenigen, die vom IPCC verwendet werden und diejenigen, die sie ignorieren.

Conclusions

In diesem Beitrag vergleichen wir die IPCC-Ansicht der Klimasensitivität mit zwei modernen, auf Beobachtungen basierenden niedrigeren Schätzungen. Insbesondere das untere Ende der Bereiche, die Lindzen, Soon und ihre Kollegen berechnen, sind viel niedriger als die untere Schätzung des IPCC, dennoch basieren sie auf vernünftigen Annahmen und Beobachtungen.

Im nächsten Beitrag werden wir uns ältere, aber immer noch gültige, auf Beobachtungen basierende Schätzungen der Klimasensitivität ansehen. Im nächsten Beitrag werden wir auch die Schätzungen der Empfindlichkeit der Oberflächenlufttemperatur gegenüber dem Strahlungsantrieb untersuchen. Ein wichtiger Punkt ist, dass die Auswirkung einer CO₂-Verdoppelung im Vergleich zu natürlichen Veränderungen winzig ist. Wie man in Abbildung 2 sieht, können sehr kleine Änderungen in der Sonnenleistung – 4 W/m² oder 0,3 % von 1361 W/m² – fast so viel Unterschied machen wie das gesamte CO₂, das von Menschen in die Atmosphäre abgegeben wird. Ebenso sind die jährlich beobachteten Änderungen der Wolken-RF größer als die Auswirkungen des vom Menschen emittierten CO₂. Der Einfluss von CO₂ auf das Klima ist zu gering, um ihn zu messen, daher streiten wir und geraten in Panik über etwas, das wahrscheinlich keine Rolle spielt.

Download the bibliography [here](#).

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2021/07/04/climate-sensitivity-to-co2-what-do-we-know-part-1/>

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