

Atmosphärischer Fingerabdruck

geschrieben von Chris Frey | 3. April 2022

[Andy May](#)

Der IPCC ist der Ansicht, dass die Veränderung der Sonneneinstrahlung in den letzten 60 Jahren gleich Null ist und keinen Trend über den normalen ~11-jährigen Sonnenzyklus hinaus aufweist. Professor David Karoly [schreibt](#), dass wir mit Sicherheit ausschließen können, dass die Sonne für die jüngste Erwärmung verantwortlich ist, denn dann würde sich die Stratosphäre erwärmen, während sie sich abkühlt. Die Abkühlung der Stratosphäre, während sich die Troposphäre erwärmt, wird manchmal als „atmosphärischer Fingerabdruck“ der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung bezeichnet. Karoly war ein Pionier auf diesem Gebiet der Forschung (Karoly, 1989) und (Karoly, 1987).

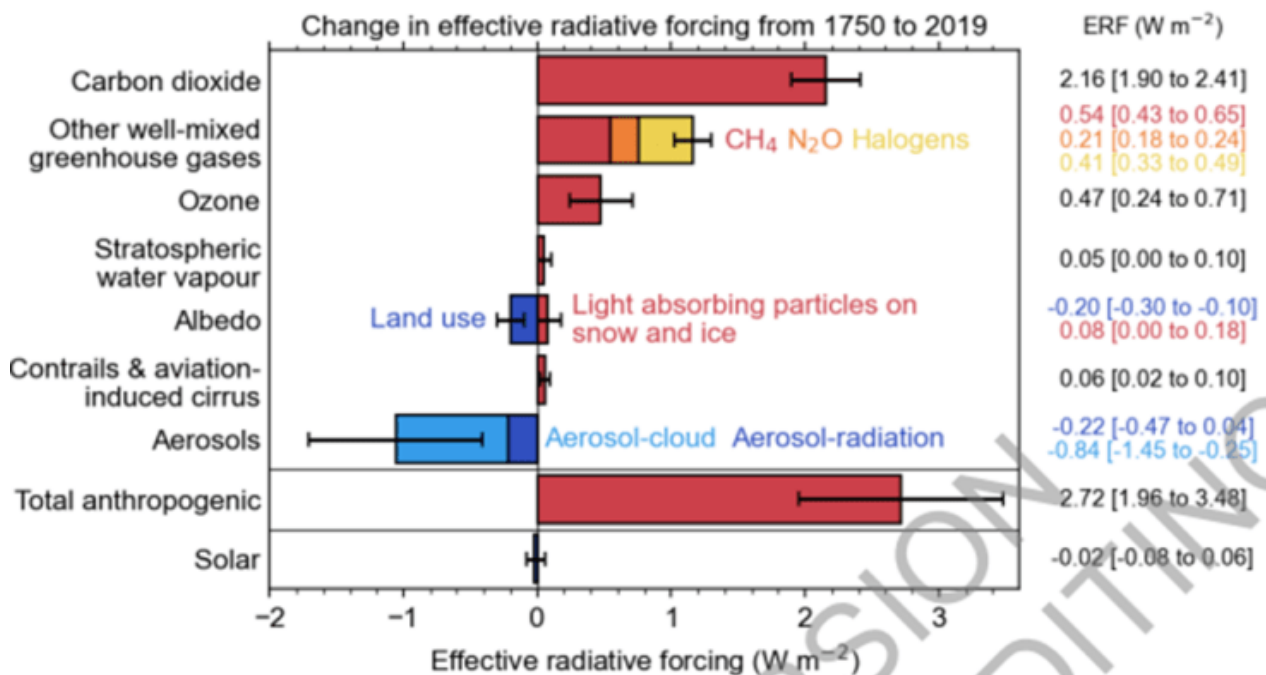


Abbildung 1. Das AR6-Diagramm der Veränderung des effektiven Strahlungsantriebs von 1750 bis 2019. Es wird davon ausgegangen, dass die Veränderung des solaren Antriebs in den letzten 270 Jahren im Wesentlichen gleich Null ist, und mögliche Veränderungen der Wolkenbedeckung werden überhaupt nicht berücksichtigt, außer als positive Rückkopplung zur Oberflächenerwärmung. Das Wasserzeichen befindet sich im Original des AR6, auch wenn es sich um die endgültige Fassung handelt.

Abbildung 1 zeigt die AR6-Interpretation der Komponenten der globalen Erwärmung seit 1750. Das Besondere an dieser Interpretation ist, dass

die Sonne, die ein veränderlicher Stern ist, von 1750 bis 2019 als konstant angenommen wird, und dass die Bewölkung ebenfalls als konstant angenommen wird, außer als positive Rückkopplung zur Oberflächenerwärmung. Beide Annahmen sind umstritten, werden aber im AR6 nicht gründlich untersucht. Die Annahme einer konstanten Sonne wird von Ronan Connolly und anderen bestritten [1], und die Annahme einer konstanten Wolkenbedeckung wird von Henrik Svensmark und Kollegen angezweifelt [2].

Die Abkühlung der Stratosphäre aufgrund einer höheren CO₂-Konzentration ist logisch. CO₂ ist ein wichtiger Strahler für die Wärmestrahlung in der Stratosphäre, und mehr davon sollte diese Schicht abkühlen. Ebenso würden Sauerstoff und Ozon in der Stratosphäre mehr UV-Strahlung absorbieren, wenn die Intensität der Sonnenstrahlung zunehmen würde, was die Stratosphäre erwärmen und nicht abkühlen sollte.

Die Vorstellung, dass dieses Muster „auf einen erkennbaren menschlichen Einfluss auf das globale Klima hinweist“ (IPCC, 1996, S. 439), ist jedoch sehr umstritten. Es gibt alternative Erklärungen für die beobachtete Abkühlung der Stratosphäre. Karoly schlägt vor, dass die „Abnahme der Ozonmenge in der Stratosphäre“ (Karoly, 1987) für die Abkühlung verantwortlich sein könnte. Es gibt mehrere andere mögliche Erklärungen oder Probleme mit den verwendeten Daten, wie von John Daly beschrieben (Daly J. L., 1997). Ein kurzer [Artikel](#) in Nature aus dem Jahr 1996 fasst die gesamte Kontroverse um den „atmosphärischen Fingerabdruck“ treffend zusammen und ist auch heute noch aktuell. Nachfolgend ein Zitat aus dem Artikel, verfasst von Neville Nicholls:

Die Studie von Santer et al. und die in der zweiten IPCC-Bewertung genannten Studien zeigen, dass eine anthropogene Komponente des globalen Klimawandels – der „anthropogene Fingerabdruck“ – in den beobachteten Daten auftauchen kann. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass es sich bei diesem Signal um das komplizierte Muster von Veränderungen handelt, das sich aus den kombinierten Auswirkungen des stratosphärischen Ozonabbaus und der erhöhten Konzentrationen von Treibhausgasen und Sulfataerosolen ergibt. Das bedeutet nicht, dass die Wirkung eines dieser Faktoren nachgewiesen wurde.

Bei dieser Arbeit gibt es noch viele Unwägbarkeiten, die von Santer et al. und in der zweiten IPCC-Bewertung eingeräumt werden. Es gibt Unsicherheiten bei den Schätzungen des Ausmaßes und der Muster der verschiedenen natürlichen und vom Menschen verursachten Faktoren, die das Klima wahrscheinlich beeinflussen. Die Klimamodelle sind alles andere als perfekt. Es gibt auch Probleme mit den Temperaturbeobachtungen: Ein Großteil der Ähnlichkeit zwischen dem Modell und den beobachteten Veränderungen ist auf das asymmetrische Muster der Erwärmung zwischen den Hemisphären zurückzuführen, und die Feststellung dieser Asymmetrie hängt von den relativ wenigen Beobachtungen der troposphärischen Temperaturen in der südlichen Hemisphäre ab. Es ist bekannt, dass diese Beobachtungen durch Änderungen

in der Instrumentierung beeinflusst werden, so dass weitere Arbeiten erforderlich sind, um die Möglichkeit auszuschließen, dass die beobachtete Asymmetrie das Ergebnis solcher Änderungen ist.“ (Nicholls, 1996)

Neville Nicholls war wie David Karoly und Benjamin Santer einer der Autoren des kritischen Kapitels 8 des zweiten IPCC-Berichts, das oft als [SAR](#) bezeichnet wird (IPCC, 1996, S. 407). In diesem Kapitel wurde der „atmosphärische Fingerabdruck“ verwendet, um den Zusammenhang zwischen der globalen Erwärmung und den menschlichen Treibhausgasemissionen zu rechtfertigen. Wie Nicholls schreibt, liefert der so genannte „atmosphärische Fingerabdruck“ den „bisher deutlichsten Beweis dafür, dass der Mensch das globale Klima beeinflussen könnte.“ (Kursivschrift hinzugefügt) (Nicholls, 1996). Um Nicholls zu paraphrasieren, bedeutet dies jedoch nicht, dass die Auswirkungen der vom Menschen verursachten Treibhausgase nachgewiesen wurden. Es ist logisch anzunehmen, dass eine Zunahme der Treibhausgase diese Wirkung hat, und es ist logisch anzunehmen, dass der Mensch der Atmosphäre erhebliche Treibhausgase zugefügt hat, aber das ist auch schon alles. Wir haben bereits gezeigt, dass die Klimamodelle eine zu starke Erwärmung der mittleren Troposphäre in den Tropen vorhersagen, wenn sie die vom Menschen verursachten Treibhausgase in ihre Modelle einbeziehen (siehe [hier](#), in deutscher Übersetzung beim EIKE [hier](#)). Logische Spekulationen sind keine Beweise.

In dem Entwurf von Kapitel 8, dem die Autoren des Kapitels, darunter Nicholls, Karoly und Santer, im Juli 1995 zustimmten, wurde nicht behauptet, der atmosphärische Fingerabdruck beweise, dass der Mensch zur globalen Erwärmung beitrage. Sondern es hieß darin, dass die Erwärmung bisher im Rahmen der normalen Klimavariabilität lag, so dass ein menschlicher Einfluss nicht festgestellt werden konnte. Später, im November desselben Jahres, wurden die Schlussfolgerungen von Kapitel 8 **auf Drängen von Politikern und ohne Zustimmung der Wissenschaftler**, die das Kapitel verfasst hatten, [geändert](#). Dies ist der Hintergrund der obigen Aussage von Nicholls und vieler anderer Proteste von Wissenschaftlern gegen die Änderungen des Kapitels (May, 2020c, S. 230-238).

[Hervorhebung vom Übersetzer]

Eine Regierung, wahrscheinlich die US-Regierung, [bestand](#) darauf, dass in Kapitel 8 ausdrücklich gesagt wird, dass der Mensch den Klimawandel verursacht hat. Der Leiter der SAR-Bemühungen John Houghton bestand darauf, dass die IPCC-Verfahren eingehalten wurden und dass die Regierungen, d. h. die Politiker, das letzte Wort hatten, nicht die Wissenschaftler (Houghton, 1996). Die IPCC-Berichte sind entweder wissenschaftlich oder politisch, sie können nicht beides sein. Die Wissenschaftler hatten sich bereits darauf geeinigt, dass sie nicht sicher sein konnten, dass der Mensch das Klima kontrolliert, weil sie nicht wussten, wie groß die natürliche Variabilität war. Die Politiker

bestanden darauf, dies zu ändern, und das geschah auch. Dieser Vorfall zerstörte mehr als jeder andere in der Geschichte des IPCC dessen Ruf als unabhängiger und unvoreingenommener Berichterstatter über den Stand der Klimawissenschaft. Erst hieß es, der atmosphärische Fingerabdruck sei kein Beweis für menschlichen Einfluss, dann wurde er es doch. Er verdient eine genauere Betrachtung.

Die Trends der Satellitentemperaturen in der unteren Stratosphäre, der mittleren Troposphäre und der unteren Troposphäre sind in Abbildung 2 dargestellt. Die von Satelliten gemessene Lufttemperatur in der Stratosphäre (blau dargestellt) wird von anderen Faktoren beeinflusst als die Temperaturen in der Troposphäre, daher die großen Abweichungen von den Trends in den 1970er bis frühen 1990er Jahren. Seit Mitte der 1990er Jahre weisen die Stratosphäre und die mittlere Troposphäre das gleiche Muster auf. Sie kühlen sich beide ab, während sich die untere Troposphäre erwärmt. Ein Teil dieses Musters könnte auf die menschlichen CO₂-Emissionen zurückzuführen sein, aber können wir uns dessen sicher sein? Mit einem Wort: Nein. Es gibt viele natürliche Faktoren, die zur Abkühlung der oberen Atmosphäre beitragen, darunter weniger Ozon, das zur Erwärmung beiträgt, indem es ultraviolette (UV-)Strahlung absorbiert:

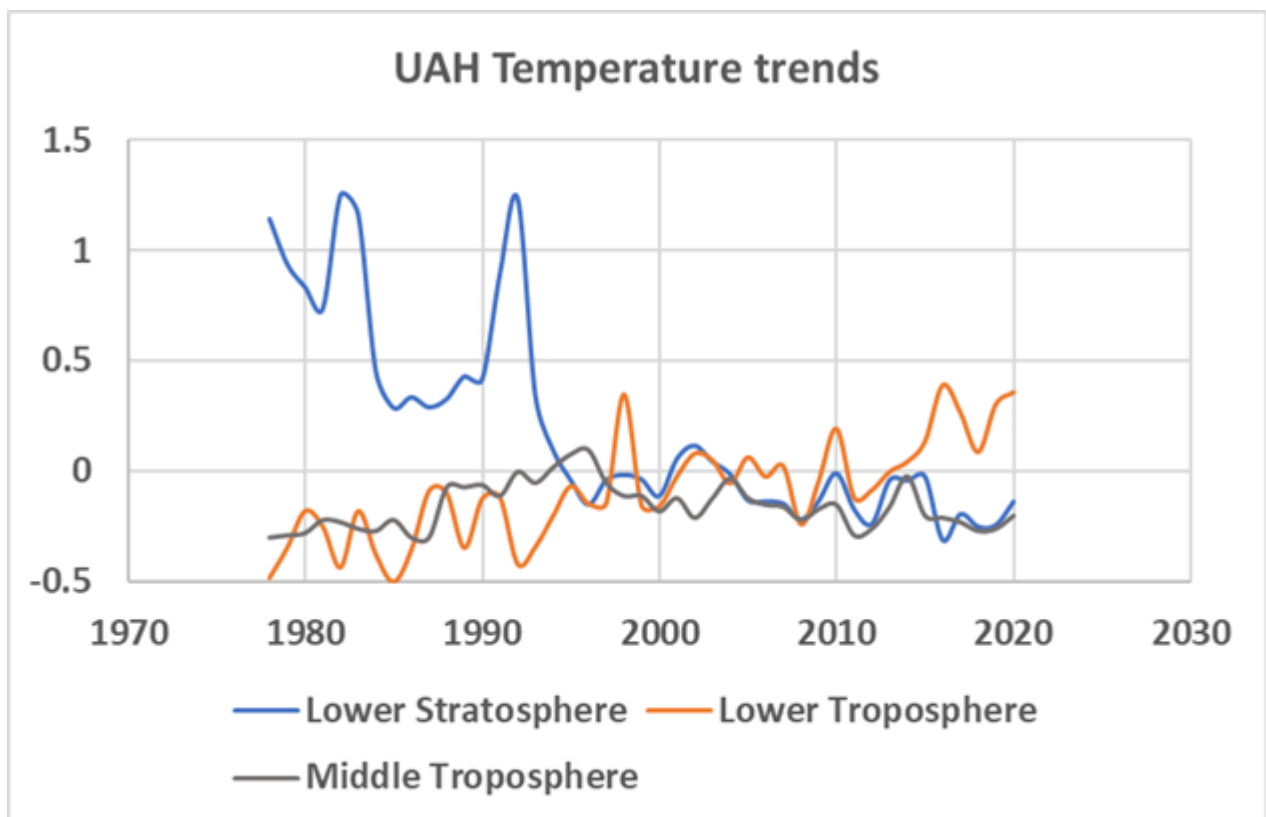


Abbildung 2. UAH-Satellitentemperaturtrends in der globalen unteren Stratosphäre sowie der unteren und mittleren Troposphäre.

Benjamin Santer beschreibt in PNAS 2013 eine von ihm durchgeführte

Computermodellstudie [3], bei der er das inzwischen in Verruf geratene Emissionsszenario RCP8.5 verwendete. Jianliang Wang zeigte, dass es nicht genügend fossile Brennstoffe gibt, um dieses Emissionsszenario bis zum Jahr 2100 durchzuhalten. [4]

Santer et al. räumen ein, dass ihre „All Natural“-Modelle (ohne menschliche Einflüsse) eine Abkühlung in der Stratosphäre und eine Erwärmung in der unteren Troposphäre vorhersagen, genau wie ihre anthropogenen Modelle, sagen aber, dass die Übereinstimmung mit den Beobachtungen nicht so gut ist.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, erwärmt sich die mittlere Troposphäre von Mitte der 1970er bis Mitte der 1990er Jahre und kühlt sich dann bis 2020 zusammen mit der Stratosphäre ab. Die mittlere Troposphäre folgt die Hälfte der Zeit der unteren Troposphäre und die Stratosphäre den Rest der Zeit.

Santers Modelle, die einen anthropogenen Effekt berücksichtigen, zeigen, dass sich die mittlere Troposphäre ab dem Jahr 2000 ebenso schnell erwärmt wie die untere Troposphäre. Sein „All Natural“-Modell zeigt, dass sie ziemlich flach bleibt. Beide Modelle passen nicht zu den Beobachtungen. Seine Behauptung, das atmosphärische Temperaturprofil liefere „eindeutige Beweise für einen erkennbaren menschlichen Einfluss auf die thermische Struktur der Atmosphäre“, scheint also entkräftet zu sein. Wir stimmen zu, dass es logisch ist, dass zusätzliches CO₂ die untere Troposphäre erwärmt und die Stratosphäre abkühlt, aber logische Spekulationen sind keine Beweise. Warum ist sein Modell für die mittlere Troposphäre falsch? Vergleichen Sie Abbildung 3(B) mit Abbildung 2.

Atmospheric Temperature Changes in CMIP-5 Simulations

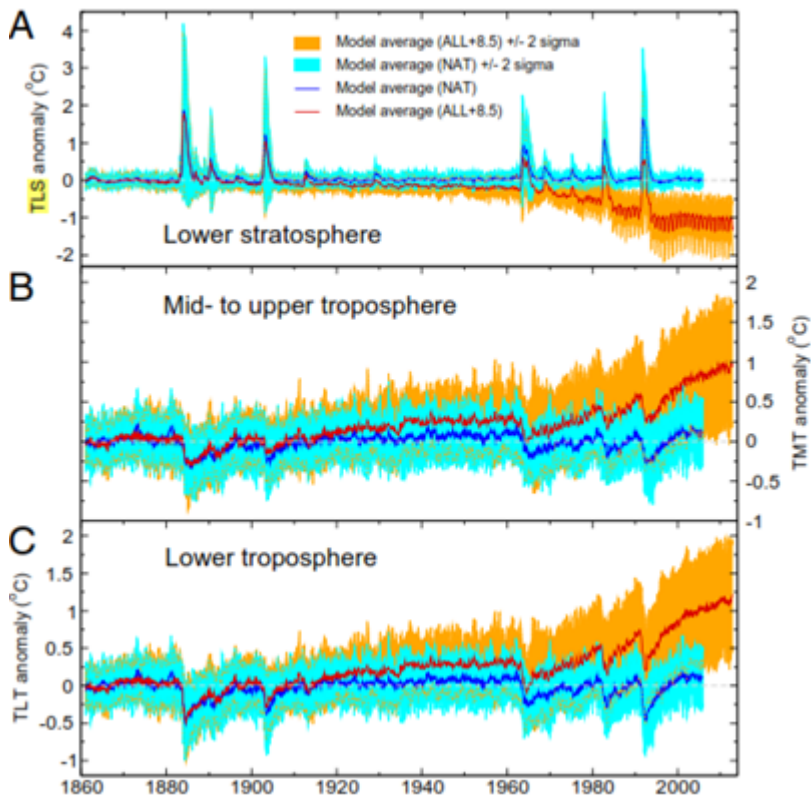


Abbildung 3. Modelle von Santer für die (C) untere und (B) mittlere Troposphäre sowie für die (A) Stratosphäre. Rot ist natürlich plus anthropogen und blau ist nur natürlich. Die Einbrüche in der Troposphäre und die Spitzenwerte in der Stratosphäre sind auf modellierte Vulkanausbrüche zurückzuführen.

Die Verteilung von Erwärmung und Abkühlung in diesen drei Bereichen der Atmosphäre ist sehr komplex und kaum verstanden. Es ist nicht nur der menschliche Einfluss. Sollte das Temperaturprofil ein anthropogenes Signal enthalten, so konnte es bisher weder nachgewiesen noch gemessen werden. Santer behauptet, dass seine Ergebnisse statistisch signifikant sind, aber nur, wenn wir seine Annahmen akzeptieren, dass die Modelle robust sind und die Sonne und andere natürliche Einflüsse unbedeutend sind.

Ein weiteres Argument von David Karoly ist, dass eine Zunahme der Erwärmung durch die Sonne zu einer stärkeren Erwärmung während des Tages und im Sommer führen würde. Doch das Gegenteil ist der Fall: Die Erwärmung findet eher nachts und im Winter statt, was darauf hindeutet, dass eine wärmende Sonne nicht die Ursache ist. Die Erwärmung im Winter und in der Nacht steht jedoch auch im Einklang mit einer stärkeren Bewölkung, und eine stärkere Bewölkung ist wahrscheinlich, wenn sich die Welt erwärmt.

Die Sonne variiert nicht nur in ihrer Gesamtstrahlungsleistung oder „TSI“ (Total Solar Irradiance). Auch der Teilchenausstoß der Sonne, der Sonnenwind, variiert, ebenso wie die Intensität des Magnetfelds der Sonne. Darüber hinaus umfasst die TSI alle Wellenlängen der Strahlung, und die Wellenlänge oder ihr Kehrwert, die Frequenz, spielt eine große Rolle dabei, wie die Strahlung das Klima beeinflusst. Die energiereichere UV-Strahlung (Ultraviolett) der Sonne mit höherer Frequenz variiert viel stärker als die Gesamtstrahlung (Krummheuer & Krivova, 2015). All diese Schwankungen wirken sich auf das Klima der Erde in einer Weise aus, die kaum verstanden und heftig umstritten ist.

Während der etwa elfjährige Sonnenzyklus existiert und zu den wenigen Dingen gehört, über die sich alle Astrophysiker einig sind, ist die langfristige Veränderung der Sonne umstritten. Der IPCC, Judith Lean, Leif Svalgaard und David Karoly glauben, dass es keinen langfristigen Trend gibt, zumindest nicht in den letzten 300 bis 400 Jahren. Sie gehen davon aus, dass er sehr flach ist oder möglicherweise leicht abnimmt. William Happer und viele Astronomen wie Willie Soon und Nicola Scafetta sind der Meinung, dass es einen langfristigen oder „säkularen“ Trend gibt und dass solare Schwankungen eine große Rolle bei der globalen Erwärmung spielen. Wir haben bereits früher über diese Debatte geschrieben, eine Zusammenfassung finden Sie [hier](#). Eine Erläuterung der verschiedenen Möglichkeiten, wie die Sonne unser Klima beeinflussen kann, sowie eine Diskussion über Proxies für die Sonnenaktivität finden Sie [hier](#).

Zusammenfassung

Die Debatte über die Ursache der jüngsten globalen Erwärmung der Erdoberfläche bleibt ungelöst. Es gibt mehrere Gründe, warum die derzeitigen Beobachtungen, einschließlich der Abkühlung der Stratosphäre, nicht schlüssig sind. Erstens ist das gesamte Strahlungsungleichgewicht oder der „Antrieb“, der erforderlich ist, um die Erdoberfläche in den letzten paar hundert Jahren um ein Grad zu erwärmen, extrem gering, nur 3-4 W/m². Dies ist mit der derzeitigen Technologie nicht nachweisbar; unsere Messungen sind also nicht aussagekräftig. Wie schon 1995, als der SAR-Bericht verfasst wurde, kennen wir noch immer nicht das Ausmaß der natürlichen Variabilität. Solange wir nicht wissen, was die Natur mit unserem Klima anstellen kann und anstellt, können wir keinen menschlichen Einfluss feststellen.

Bei allen Versuchen, den natürlichen Klimawandel zu modellieren, wird davon ausgegangen, dass es keine langfristige natürliche Erwärmung oder Abkühlung gibt und dass die gesamte Erwärmung auf menschliche Einflüsse zurückzuführen ist. Die enormen Schwankungen des Klimas vor der Entwicklung des Menschen widerlegen diese Annahme.

Das zweite schwerwiegende Problem ist, dass wir nicht wissen, wie der langfristige Trend bei der Sonne aussieht. Nimmt die Strahlungsleistung der Sonne zu? Oder nimmt sie ab, oder bleibt sie gleich? Unsere

Beobachtungen der Sonnenleistung sind nicht genau genug, um dies zu erkennen. Außerdem wissen wir nicht, wie die Sonne unser Klima beeinflusst. Ist die gesamte Strahlungsleistung das Einzige, was zählt? Unwahrscheinlich. Zweifellos spielen das solare Magnetfeld und die Frequenzmischung der Sonnenleistung eine Rolle, und auch der Sonnenwind hat sicherlich einen Einfluss. Aber wir sind nicht in der Lage, diese Effekte zu modellieren, wie in Connolly et al. diskutiert.

Eines ist sicher: Die Annahme, dass die Sonne und die Sonnenvariabilität unser Klima nicht beeinflussen, ist töricht. Dennoch liegt diese Annahme der Schlussfolgerung des IPCC zugrunde, dass der Mensch die globale Erwärmung verursacht.

The bulk of this post is an excerpt from my latest book, [The Great Climate Debate, Karoly v Happer.](#)

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

1. *(Connolly et al., 2021). Connolly, et al. exhaustively examine the peer-reviewed literature on how variations in the Sun affect our climate and show that anywhere from 100% to 0% of the recent warming could be due to solar variability. The IPCC assumption of zero is not "settled science."*
2. *(Svensmark, Force Majeure, The Sun's role in climate change, 2019) and (Svensmark, Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate, 1998)*
3. *(Santer, et al., 2013)*
4. *(Wang, Feng, Tang, Bentley, & Höök, 2017)*

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2022/03/27/atmospheric-fingerprint/>

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