

Nachdem sich der Rauch verzogen hat: Stefan-Boltzmann auf den Punkt gebracht



Wenn wir einmal draußen bei hellem Sonnenlicht mit einem Vergrößerungsglas auf eine Zeitung fokussieren, erkennen wir sofort den Unterschied zwischen einer durchschnittlichen Energiebilanz für die gesamte Zeitung und dem Strahlungsgleichgewicht auf der mit der Lupe fokussierten Fläche:

Bei einer Betrachtung mit der durchschnittlichen Energiebilanz dürfte mit der Zeitung nämlich gar nichts passieren, tatsächlich aber fängt die Zeitung im Strahlungsgleichgewicht des Brennpunktes sofort an zu qualmen. Die Temperatur im Brennpunkt lässt sich mit einer Energiebilanz für die ganze Zeitung also nicht erklären.

Hintergrund für diese Betrachtung: Der hemisphärische Stefan-Boltzmann Ansatz zur Berechnung der Schwarzkörpertemperatur unserer Erde aus der Sonneneinstrahlung auf der Tagseite, der zu einer Widerlegung des „atmosphärischen Treibhauseffektes“ führt, wurde in den Kommentarfunktionen zu folgenden Artikeln diskutiert:

Tichys Einblick zu den Artikeln vom [19. Januar 2017](#), [24. Januar 2017](#) und [29. Januar 2017](#),

EIKE, Europäisches Institut für Klima & Energie zu den Artikeln vom [23. Januar 2017](#) und [1. Februar 2017](#)

und auf dem **ScienceScepticalBlog** mit dem Diskussionsaufruf vom [5. Februar 2017](#).

In den Kommentaren stellt sich die Argumentation für einen atmosphärischen Treibhauseffekt als ein sich selbst beweisender Zirkelbezug auf die konventionelle Herleitung der Stefan-Boltzmann Schwarzkörpertemperatur unserer Erde über die globale Energiebilanz mit -18 Grad Celsius dar. Dieser „atmosphärische Treibhauseffekt“ mag einstmals als Hypothese aus einem Erklärungsnotstand für die Temperaturdifferenz von 33 Grad Celsius zur gemessenen Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche von +14,8 Grad Celsius (NST=Near Surface Temperatur) geboren worden sein und sich dann später als „atmosphärische Gegenstrahlung“ verselbständigt haben. Der absolute Argumentations-GAU ist aber die gerne zitierte Herleitung einer

„atmosphärischen Gegenstrahlung“ mittels Schwarzschild-Gleichung und Strahlungstransfergleichungen, in der die sogenannte „Gleichgewichtstemperatur“ von 255° Kelvin (= -18° Celsius) für das System Erde-Atmosphäre dann ausgerechnet wieder aus der konventionellen S-B Berechnung für die Schwarzkörpertemperatur der Erde über die global gemittelten Energiebilanz hergeleitet wird ([hier](#) unter 4.11.1)...

Erstaunlicherweise bedienen sich auch ausgewiesene Klimarealisten des hinlänglich bekannten „Leugnerwiderlegungsschemas“ für unliebsame Gegenargumente zur eigenen These, denn eine „Widerlegung“ meiner Hemisphären-Betrachtung läuft genau nach dem nachstehend beschriebenen Schema (1) bis (3) ab, und zwar einzeln oder in beliebiger Kombination:

- Wiederholung der eigenen These.
- Grundsätzliche Ablehnung der neuen These mit vordergründigen Sophismen.
- Persönliche Diffamierung des Autors.

Bemerkenswert ist aber, dass die Eckdaten (-18°C „Normaltemperatur“ der Erde und 33° Temperatureffekt) der „atmosphärischen Gegenstrahlung“ für einen „atmosphärischen Treibhauseffekt“ immer auf das Ergebnis der konventionellen S-B Berechnung für die Schwarzkörpertemperatur der Erde (-18°C) und deren Differenz (33°) zur gemessenen globalen Durchschnittstemperatur (+14°C) zurückgeführt werden können. Alle diesbezüglichen Argumente müssen also als Rekursion auf diesen konventionellen S-B Ansatz für die Schwarzkörpertemperatur unserer Erde aus der globalen Energiebilanz verstanden werden. Bei einem durchschnittlichen Wärmefluss von etwa 0,07 W/m² aus dem Erdinneren läge die tatsächliche „natürliche“ Temperatur unserer Erde ohne Sonneneinstrahlung übrigens bei ungefähr -240 Grad Celsius...

Wir haben es hier also mit zwei ganz unterschiedlichen Herleitungen für die Schwarzkörpertemperatur unserer Erde über das Stefan-Boltzmann Gesetz zu tun, und zwar einerseits über eine durchschnittliche Energiebilanz für die gesamte Erde und andererseits über ein Strahlungsgleichgewicht auf der tatsächlich bestrahlten Fläche, also der Tagseite der Erde – oder anders ausgedrückt:

Die konventionelle Herleitung der Schwarzkörpertemperatur berechnet sich mit dem S-B Gesetz aus der globalen Energiebilanz der Erde für die gesamte Kugeloberfläche:

(Solarkonstante/4) => netto 235 W/m² => -18° Celsius + Treibhauseffekt

Die alternative Herleitung (Weber) berechnet sich mit dem Strahlungsgleichgewicht des S-B Gesetzes für eine Halbkugelbetrachtung in einem Zweischichtfall für Atmosphäre und Erdoberfläche:

(Solarkonstante/2) => netto 390 W/m² => +14,8°Celsius

Stefan-Boltzmann auf den Punkt gebracht: Um meinen zugrunde liegenden Gedankengang für die alternative Herleitung der S-B Schwarzkörpertemperatur über die Sonneneinstrahlung auf der Tagseite unserer Erde noch einmal zu verdeutlichen, hatte ich in der Kommentarfunktion von EIKE zum Beitrag vom [1. Februar 2017](#) bereits die exakte Umkehrung des Stefan-Boltzmann Experimentes formuliert, Zitat mit Hervorhebungen, die beiden Abbildungen nebst Erklärungen wurden zum besseren Verständnis zusätzlich eingefügt:

„...Das Stefan-Boltzmann Experiment **verbindet Temperatur und Strahlung** eines künstlich erhitzten Schwarzen Körpers:

- Ein Schwarzer Körper **strahlt mit seiner erhitzten Fläche A eine Energiemenge P** ab, die der 4. Potenz seiner Temperatur T folgt:



Wir können uns in den exakten S-B Versuchsaufbau für die die Strahlung eines idealen Schwarzen Körpers einmal den grauen Körper Erde mit seiner Albedo a „hineindenken“. Die Gesamtsituation in diesem Gedankenexperiment wäre dann zwar nicht mehr „ideal“, würde aber verdeutlichen, dass im künstlich erhitzten Ofen ein Strahlungsgleichgewicht für **alle Flächen** gelten würde, also auch für die „Nachtseite“ der Erde.

Hinweis: Diese Abstraktion für das S-B Experiment führt unmittelbar zu der entscheidenden Frage, mit welcher Leistung in [W/m²] eine künstlich erhitzte Erde bei einer bestimmten Temperatur eigentlich abstrahlen würde. Beide Lösungsvarianten, nämlich -19°C bei 235 W/m^2 als auch $+14,8^\circ\text{C}$ bei 390 W/m^2 , wären nach dem S-B Gesetz möglich.

- **Die logische Umkehrung** für einen passiv bestrahlten Schwarzen Körper lautete dann:



Ein bestrahlter Schwarzer Körper nähme **auf seiner bestrahlten Fläche A die Temperatur T an**, die der 4. Wurzel aus der eingestrahnten Energiemenge P folgt...“: Es wird aus dieser Abbildung sofort deutlich,

dass man den Körper Erde eigentlich von beiden Seiten bestrahlen müsste, um der Umkehrung des S-B Experimentes bei einer globalen Betrachtung voll zu entsprechen. Denn man kann die Einstrahlung der Sonne auf der Tagseite der Erde nicht einfach halbieren, um dann die andere Hälfte dieser Strahlung ihrer Nachtseite zuzurechnen. Diese Darstellung führt also zwangsläufig zur hemisphärischen Betrachtung für die Gleichgewichtstemperatur der Erde.

Das einleitend ausgeführte Beispiel mit dem Brennglas und der Zeitung hatten wir alle in unserer Jugend ja sicherlich schon einmal ausprobiert. Wenn wir annehmen, das Brennglas habe eine Fläche von 30 cm² und der Brennpunkt sei 10 mm² groß, dann hätten wir im Brennpunkt eine Konzentration der einfallenden Strahlung um den Faktor

3.000 mm² / 10 mm² = 300 (in Worten: Dreihundert).

Dieser Faktor 300 gilt aber ausschließlich für den Brennpunkt, wo die Zeitung bei entsprechenden Bedingungen dann ja auch sofort anfängt zu qualmen. Dabei verändert sich aber im Prinzip die durchschnittliche Energiebilanz der gesamten Zeitung nicht, vom Schatten des Handgriffs und des Rahmens der Lupe sowie der haltenden Hand einmal abgesehen. Sehr wohl verändert sich aber die Energiedichte und damit auch die Temperatur der Zeitung im Strahlungsgleichgewicht des Brennpunktes, wie dieses Experiment eindeutig nachweist. Und wenn wir dieses Experiment bei Nacht und gleicher durchschnittlicher globaler Energiebilanz wiederholen, dann qualmt da gar nichts, weil ja schließlich die Sonneneinstrahlung fehlt.

Halten wir hier also noch einmal fest:

Globale Energiebilanz ≠ lokales thermisches Gleichgewicht

Ich hatte ja bereits ausdrücklich darauf hingewiesen, dass meine originären Ausführungen ([hier](#) ab Seite 19) zur Fehlberechnung des atmosphärischen Treibhauseffektes aus dem Stefan-Boltzmann-Gesetz selbstverständlich jederzeit wissenschaftlich widerlegt werden können, Zitat:

„...Wenn also wissenschaftlich eindeutig nachgewiesen würde, dass die Gleichsetzung der Energiebilanz unserer Erde (Fläche einer Kugel) mit der strengen thermischen Gleichgewichtsforderung des Stefan-Boltzmann Gesetzes für die bestrahlte Fläche (Halbkugel) physikalisch korrekt ist, dann bin ich tatsächlich widerlegt...“

Ich zweifle also die durchschnittliche globale Energiebilanz der Erde in keiner Weise an, aber daraus lässt sich m. E. die Schwarzkörpertemperatur der Erde nicht errechnen. Denn ein aktiver Temperatureinfluss der Sonneneinstrahlung kann sich nur auf der Tagseite der Erde entwickeln, während auf der Nachtseite lediglich Abstrahlung erfolgt. Der grundsätzliche physikalische Unterschied zwischen der durchschnittlichen Energiebilanz unserer Erde und der direkten temperaturwirksamen Sonneneinstrahlung auf ihrer Tagseite wird also bei der konventionellen Herleitung der S-B Schwarzkörpertemperatur nicht korrekt abgebildet. Denn wenn man die S-B Schwarzkörpertemperatur aus der globalen Energiebilanz berechnen will, muss

man die tatsächliche solare Energiedichte auf der Tagseite halbieren – und rechnet dann aus diesem physikalisch gar nicht existenten Durchschnittswert für die Sonneneinstrahlung mittels eines als Gleichung missbrauchten S-B Gesetzes die Temperatur für ein nicht existierendes Strahlungsgleichgewicht aus der 4. Wurzel dieser global gemittelten Sonneneinstrahlung.

Richtig ist lediglich, dass man über eine solche globale Mittelung die durchschnittliche Gesamtabstrahlung der Erde im Energiegleichgewicht berechnen kann:

$$(\text{EINSTRALUNG} = 470 \text{ W/m}^2 \text{ über } 2\pi R^2) = (\text{ABSTRAHLUNG} = 235 \text{ W/m}^2 \text{ über } 4\pi R^2)$$

Es gibt auf unserer Erde nämlich gar keine durchschnittliche globale Sonneneinstrahlung von 235 W/m^2 , die im Strahlungsgleichgewicht zu einer berechneten Schwarzkörpertemperatur von $-19^\circ \text{ Celsius}$ führen könnte. Es existiert lediglich die tatsächliche Sonneneinstrahlung auf der Tagseite der Erde mit durchschnittlich 470 W/m^2 , deren atmosphärische Nettowirkung 390 W/m^2 einer S-B Temperatur von $+14,8^\circ \text{ Celsius}$ entspricht. Analog zu dem oben ausgeführten Beispiel mit der Lupe und der Zeitung ist hier also klar ersichtlich, dass sich die S-B Gleichgewichtstemperatur der Erde nur auf ihrer direkt von der Sonne bestrahlten Tagseite ausbilden kann.

Anmerkung: Die Differenz zwischen dem hier angegebenen Strahlungswert von 470 W/m^2 und dem ~~oben angegebenen~~ temperaturwirksamen Nettowert von 390 W/m^2 für die Atmosphäre besteht in den 80 W/m^2 IR-Abstrahlung von der Erdoberfläche im sogenannten „atmosphärischen Fenster“ auf der Tagseite, die in der Atmosphäre ohne thermische Wirkung bleiben.

Und wenn Sie es noch genauer wissen wollen: Mit den Ausführungen von Kiehl & Trenberth (1997) verteilt sich die primäre Sonneneinstrahlung für die Tagseite von netto 470 W/m^2 auf die Atmosphäre mit (134 W/m^2) und die Erdoberfläche mit (336 W/m^2); es handelt sich hier also um einen Zweischichtfall. Die 336 W/m^2 werden dann als IR-Strahlung von der Erdoberfläche zurückgestrahlt, sodass in der Atmosphäre insgesamt ($134+336-80=390$) W/m^2 temperaturwirksam werden können. Es ergibt sich in diesem Zweischichtfall also ein Temperaturüberschuss von ca. 10 Grad zugunsten der Atmosphäre, was man auch als „Atmosphäreneffekt“, aber niemals als eigenständigen „Treibhauseffekt“ bezeichnen könnte. Und bevor sich jetzt auf der Kommentarplattform die „Widerleger“ überschlagen, sei hier ausdrücklich auf die unterschiedliche Entropie dieser Strahlungsbeträge hingewiesen; bei den 134 W/m^2 handelt es sich nämlich um primäre Sonnenstrahlung. Für eine ausführliche Herleitung sei nochmals auf meine originäre Veröffentlichung verwiesen ([hier](#) ab Seite 19).

Es ist also keine wirklich gute Idee, die tatsächliche Sonneneinstrahlung auf der Tagseite der Erde über die gesamte Erdoberfläche inklusive der Nachtseite zu mitteln, um dann aus diesem globalen Mittelwert mit dem Stefan-Boltzmann Gesetz als „Rechenvorgabe“ die Gleichgewichtstemperatur der Erde für die einfallende Sonneneinstrahlung zu berechnen.