

Anmerkungen zur Bestimmung der hemisphärischen solaren Einstrahlung auf „Mittelerde“

geschrieben von Chris Frey | 5. Februar 2020

Wie kommt eigentlich die sogenannte „natürliche theoretische Globaltemperatur“ von -18°C auf „Mittelerde“ zustande?

Uli Weber

Exemplarisch wird oft wie folgt vorgegangen: Man viertelt einfach die die temperaturwirksame spezifische Strahlungsleistung der Sonne (Solarkonstante * (1-ALBEDO)/4) und setzt sie ohne Rücksicht auf Tag & Nacht und die geographische Breite in das Stefan-Boltzmann-Gesetz ein. Daraus ergibt sich dann ein „rechnerisches“ S-B-Temperaturäquivalent von -18°C.

Als Argument für diesen 24h-„Flacherde“-Ansatz wird typischerweise immer wieder angeführt, die Erde würde sich schließlich in 24 Stunden einmal um ihre eigene Achse drehen, Zitat:

„Legen wir halt den Fokus auf die „es wird nur eine Hemisphäre bestrahlt“, A ist die Fläche der Erde, P ist die eingestrahlte Leistung (unter den von Herrn Weber gemachten Annahme, dass man die einfach über die Halbkugel mitteln kann), t ist die Zeit:

$$(A/2) * P * t = A * (P/2) * t$$

Es sollte wieder offensichtlich sein, dass das beides gleich ist. Es wird einfach nicht mehr Energie, wenn man den Fokus darauf legt, dass die Einstrahlung nur auf eine Halbkugel wirkt...“

Anmerkung: Der freundliche Kommentator wird hiermit höflich aufgefordert, den Beweis für seine Behauptung von einer vorgeblich „von Herrn Weber gemachten Annahme, dass man die einfach über die Halbkugel mitteln kann“ anzutreten. Tatsächlich ist gegen einen argumentativen Gebrauch von Durchschnittswerten erst einmal nichts einzuwenden, weil dadurch die Unterschiede zwischen den jeweiligen Modellen ganz pauschal verdeutlicht werden. Aber konkrete Berechnungen mit Durchschnittswerten erlaubt ein T-hoch4-Gesetz nun mal nicht. Dazu sei vielmehr auf den EIKE-Artikel „Anmerkungen zur hemisphärischen Mittelwertbildung mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz“ verwiesen, der die wesentlichen Berechnungen aus einer Gesamtdarstellung meines hemisphärischen S-B-Ansatzes enthält.

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz ist nun mal keine mathematische Rechenanleitung, sondern eine physikalische Verknüpfung von spezifischer Strahlungsleistung und Temperatur:

Stefan-Boltzmann-Gesetz: $S = \sigma \cdot T^4$ mit $S = P/A$ = Spezifische Strahlungsleistung
und σ = S-B-Konstante

Diese physikalische S-B-Beziehung wird sofort klar, wenn wir in der nachfolgenden Abbildung einmal vier unterschiedlich große Schwarzkörper gleicher Temperatur betrachten:

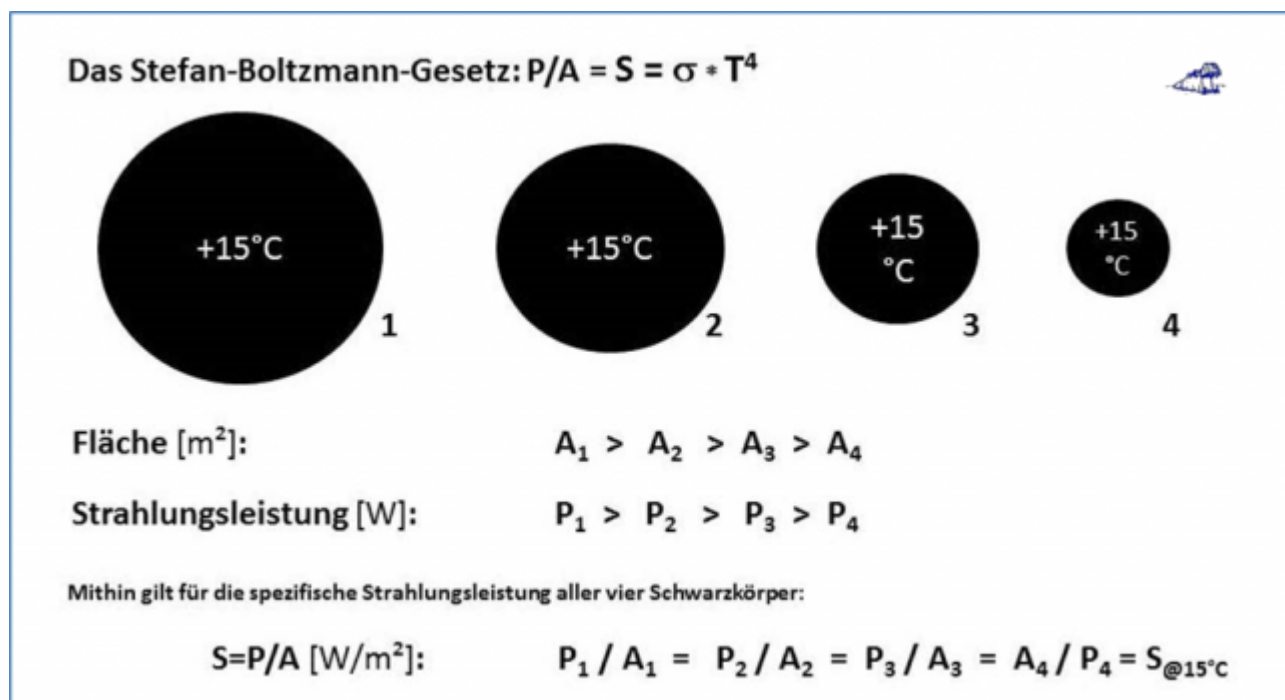


Abbildung: Zur Bedeutung der spezifischen Strahlungsleistung „S“ im Stefan-Boltzmann-Gesetz

Für einen beliebigen Schwarzen Körper mit einer Temperatur von +15°C gilt also immer:

Die SPEZIFISCHE Strahlungsleistung $S_{@15^\circ\text{C}}$ dieses Körpers beträgt 390 W/m².

Aus dieser Abbildung wird unmittelbar deutlich, dass die unterschiedlichen Strahlungsleistungen „P_i“ und Flächen „A_i“ eindeutig zusammenhängen, weil sie für jeden Körper (1-4) eine augenblickliche spezifische Strahlungsleistung „S_{@15°C}“ definieren, die wiederum über das Stefan-Boltzmann-Gesetz eindeutig mit der Momentantemperatur des jeweiligen Körpers von 15°C verknüpft ist. Allein die Temperatur (primär) bestimmt also die spezifische Strahlungsleistung (sekundär) eines Schwarzen Körpers nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz:

Stefan-Boltzmann-Gesetz: Temperatur (primär) => Spezifische

Strahlungsleistung (sekundär)

Jede Berechnung einer Temperatur (sekundär) aus einer spezifischen Strahlungsleistung (primär) stellt aber eine Inversion des Stefan-Boltzmann-Gesetzes dar, welche nur zulässig ist, wenn alle Randbedingungen, des S-B-Gesetzes streng erfüllt sind. Da diese die aber nicht per se erfüllt werden, ist eine Inversion des S-B Gesetzes immer nur in physikalisch wohl definierten Fällen zulässig.

Stefan-Boltzmann-Inversion: Spezifische Strahlungsleistung (primär) => Temperatur (sekundär)

Also kann durch die Sonneneinstrahlung nur dort eine Temperatur erzeugt werden, wo die Sonne auch scheint. Genau deshalb fahren so viele Urlauber aus dem Norden in den sonnigen Süden, wo sie sich tagsüber – und nicht nachts – zum Anbräunen in die Sonne legen. Vielleicht vergleichen Sie einfach mal die Zeit, die Sie sich je nach Tageszeit und Ortslage ungeschützt der Sonnenstrahlung aussetzen können, ohne einen Sonnenbrand zu riskieren. Sie werden feststellen, dass es sowohl eine Abhängigkeit von der Tageszeit als auch eine Abhängigkeit von der geographischen Breite gibt. Nur nachts können Sie keinen Sonnenbrand bekommen, es sei denn, der Timer in Ihrem Sonnenstudio ist defekt.

Die Einbeziehung unbestrahlter Flächen (Nachtseite der Erde) in eine S-B-Inversion gehört damit in das Reich der MINT-fernen Sagen und Märchen.

Jetzt wird auch ganz offensichtlich, dass die Gleichung aus dem oben zitierten Kommentar in Zusammenhang mit dem S-B-Gesetz keinerlei tieferen physikalischen Sinn ergibt, weil dort schon mal die spezifische Strahlungsleistung in $[W/m^2]$ fehlt. Die Formel „ $(A/2) * P * t = A * (P/2) * t$ “ verknüpft vielmehr eine Fläche „A“ in $[m^2]$ und eine Strahlungsleistung „P“ in $[W]$ mit der Zeit „t“ in $[s]$. Damit ergeben sich auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens gleiche Beträge für eine „Wärmemenge mal Fläche“ in $[Joule \text{ mal Quadratmetern}]$. Und was das nun physikalisch mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz zu tun haben soll, weiß wohl nur der freundliche Kommentator. Aus unerfindlichen Gründen muss diese postphysikalische Gleichung dann als Beweis für eine „theoretische Globaltemperatur“ von $(-18^\circ C)$ herhalten. Aber immerhin kann man, analog zur obigen Schwarzkörper-Abbildung, aus dieser eigenartigen Formel jeweils rechts und links des Gleichheitszeichens eine spezifische Strahlungsleistung für die Taghemisphäre und die ganze Erde ableiten:

Hemisphäre: Fläche = $(A/2)$ Strahlungsleistung = P Spezifische Strahlungsleistung = $(2P/A)$

Ganze Erde: Fläche = A Strahlungsleistung = $(P/2)$ Spezifische Strahlungsleistung = $(P/2A)$

Und diesen höchst unterschiedlichen Durchschnittswerten steht nun wiederum die klimareligiöse Glaubensformel gegenüber, Zitat, „Es sollte

wieder offensichtlich sein, dass das beides gleich ist“...

Wie wir gesehen haben, ist also lediglich die spezifische Strahlungsleistung „S“ über das Stefan-Boltzmann-Gesetz eindeutig mit der Temperatur „T“ eines Körpers verknüpft. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz kann also nicht als Begründung dafür herhalten, die Solarkonstante ($S_0=1.367 \text{ W/m}^2$) einfach mal so eben über die gesamte Erdoberfläche und den 24h-Tag zu mitteln. Denn schließlich gibt es auf der Erde Tag und Nacht, deshalb also auf der einen – bestrahlten – Hälfte der Erde eine spezifische solare Strahlungsleistung, und auf der anderen Hälfte ist es dunkel. Man kann die eingestrahlte spezifische Strahlungsleistung auf der Tagseite auch nicht über den 24h-Tag als Wärmemenge „speichern“ und dann durch eine willkürliche Berechnung in eine spezifische „globale“ Strahlungsleistung zurückverwandeln. Das Dumme an einer solchen Durchschnittsberechnung über die Zeit ist nämlich, dass eine Wärmemenge in „Joule“ keinerlei „Erinnerung“ daran hat, auf wie vielen Sekunden mit welcher spezifischen Strahlungsleistung sie eigentlich beruht. Also könnte eine solche Wärmemenge auch sonst woher kommen:

$$\begin{aligned} &0,1 \text{ Sonnen} (@136,7 \text{ W/m}^2 \cdot (1 - \text{ALBEDO})) \cdot 240 \text{ h} \\ &= 1 \text{ Sonne} (@1.367 \text{ W/m}^2 \cdot (1 - \text{ALBEDO})) \cdot 24 \text{ h} \\ &= 10 \text{ Sonnen} (@13.670 \text{ W/m}^2 \cdot (1 - \text{ALBEDO})) \cdot 2 \text{ h } 24 \text{ min} \\ &= 100 \text{ Sonnen} (@136.700 \text{ W/m}^2 \cdot (1 - \text{ALBEDO})) \cdot 14 \text{ min } 24 \text{ sec} \end{aligned}$$

Ein globaler Durchschnittswert für die solare Einstrahlung über 24 Stunden sagt also physikalisch gar nichts aus. Denn man kann aus einem „kochenden Suppentopf“ die ursächliche spezifische Strahlungsleistung nicht mehr physikalisch eineindeutig rekonstruieren. Aber selbstverständlich kennen die Vertreter von „Mittelerde“ die zugehörige terrestrische Ausgangssituation und berechnen daher aus dieser Wärmemenge ihre willkürlich passende „spezifische“ globale Strahlungsleistung. Eine solche Rückrechnung ist aber reine Mathematik, die gar kein physikalisch korrektes Temperaturäquivalent für das Stefan-Boltzmann-Gesetz liefern kann. Alle oben aufgeführten Beispiele für 0,1 bis 100 Sonnen liefern physikalisch gleichwertige Wärmemengen, sind aber über unterschiedliche Zeiträume durch unterschiedliche spezifische Strahlungsleistungen erzeugt worden. Und nur die originäre spezifische Strahlungsleistung der Sonne auf der Tagseite der Erde ergibt über das Stefan-Boltzmann-Gesetz ein physikalisch korrektes Temperaturäquivalent für eine individuelle Ortslage.

Wir müssen für eine solche 24-Stunden-Betrachtung also das örtliche Maximum der spezifischen solaren Strahlungsleistung auf der gesamten Erdoberfläche ermitteln, wie die nachfolgende Abbildung auf Grundlage einer Mollweide Projektion zeigt:

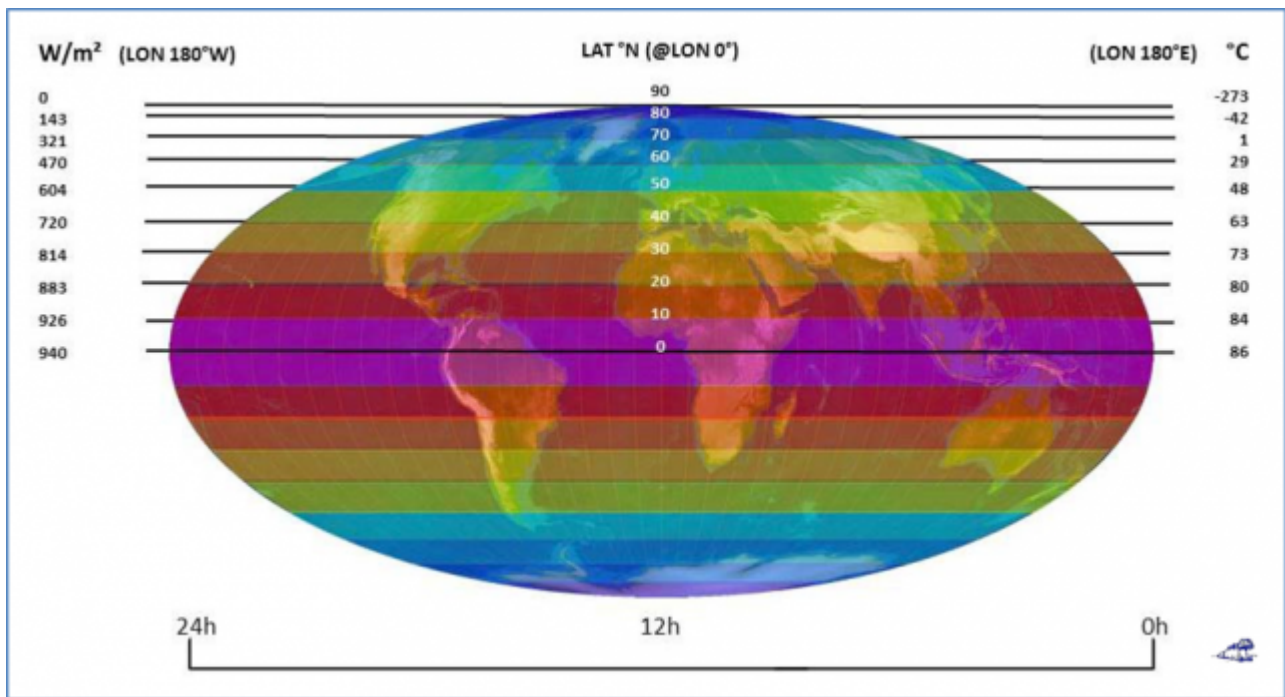


Abbildung: Die maximale breitenabhängige temperaturwirksame solare Strahlungsleistung (links) und das resultierende S-B-Temperaturäquivalent (rechts) über einen 24-Stunden-Tag im Äquinoktium für das „Mittelerde“-Modell:

Linke Skala: $\text{MAX}(S_i) @ 24\text{h-Tag}$ mit $(S_i = 1.367\text{W/m}^2 \cdot (1-\text{ALBEDO}) \cdot \cos \text{PHI}_i)$ und $(\text{PHI}_i = \text{örtlicher Zenitwinkel})$

Rechte Skala: Maximales örtliches S-B-Temperaturäquivalent (SBT_i) zu $\text{MAX}(S_i)$

Mit farblich unterlegter Mollweide-Projektion (Copyright L. Rohwedder – Lizenz CC BY-SA 3.0)

Aus dieser Abbildung wird sofort deutlich, dass die maximale temperaturwirksame spezifische Strahlungsleistung der Sonne im Tagesverlauf bei gleicher geographischer Breite immer denselben Maximalwert und damit auch immer dasselbe maximale örtliche S-B-Temperaturäquivalent ergibt. Im Tagesverlauf wird also zwischen 75 Grad N und S (mit jeweils 243 W/m^2) und dem Äquator (mit 940 W/m^2) die global gemittelte temperaturwirksame spezifische „Mittelerde“-Strahlungsleistung von 235 W/m^2 ($\cong -18^\circ\text{C}$) weit übertroffen. Damit ist bewiesen, dass die täglich durch Sonneneinstrahlung überall auf der Erde zwischen 75°N und 75°S erzeugten Temperaturen keinerlei zusätzlichen „natürlichen atmosphärischen Treibhauseffekt“ benötigen, um die gemessenen Ortstemperatur zu erklären.

Im Gegenteil wird das maximale S-B-Temperaturäquivalent auf unserer Erde aufgrund von Konvektion und Verdunstung in der Realität niemals erreicht; umgekehrt wird aber der nächtliche Temperaturabfall durch

Kondensation und Advektion abgemildert und erreicht niemals den Absoluten Nullpunkt. Letzteres gilt übrigens auch für das Strahlungsdefizit in mittleren und höheren Breiten der jeweiligen Winterhemisphäre, dazu nachfolgend ein Beispiel für Potsdam:

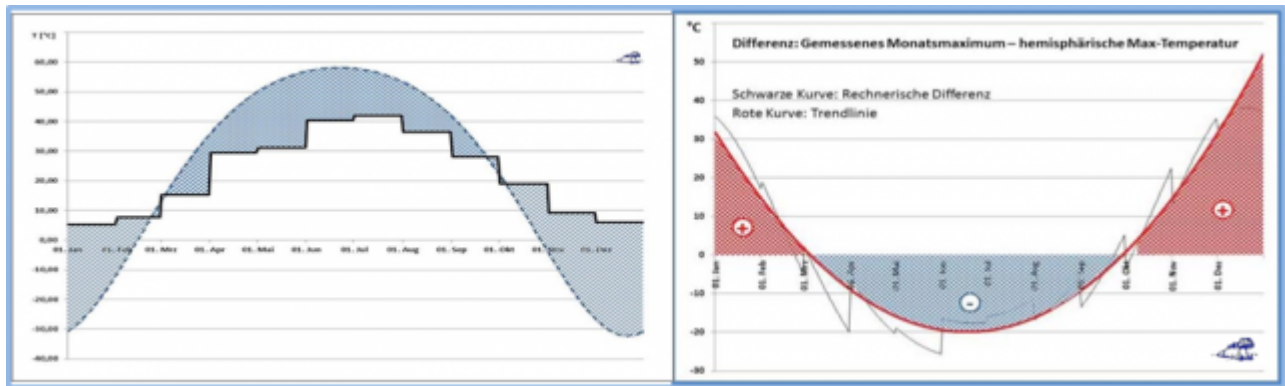


Abbildung: Jahresverlauf der Temperatur am Beispiel Potsdam:

Links: Treppenkurve: Maximale monatliche Bodentemperatur in Potsdam

Blau gestrichelt: Maximales jahreszeitliches S-B-Temperaturäquivalent

Rechts: Differenz zwischen der maximalen monatliche Bodentemperatur in Potsdam und dem maximalen örtlichen S-B-Temperaturäquivalent

Rote Kurve: Trendlinie für die Differenz (schwarze Zackenkurve) zwischen maximaler monatlicher Bodentemperatur und dem maximalen örtlichen S-B-Temperaturäquivalent in Potsdam

Rot schraffiert: Zufluss von Wärme im Winterhalbjahr

Blau schraffiert: Abfluss von Wärme im Sommerhalbjahr

Im Sommerhalbjahr fließt also Wärmeenergie in die globalen Wärmespeicher und im Winterhalbjahr wird die Ortstemperatur durch einen Wärmezufuss aus diesen Wärmespeichern gestützt. Und deshalb müssen Atmosphäre und Ozeane als „globale Wärmespeicher“ zwingend in die Bestimmung einer „natürlichen Temperatur“ unserer Erde einbezogen werden.

1 A Simple “No Greenhouse Effect” Model of Day/Night Temperatures at Different Latitudes

2 Scrutinizing the atmospheric greenhouse effect and its climatic impact, Natural Science 2011