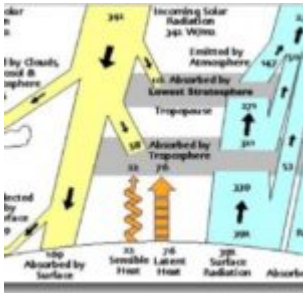


Der Treibhauseffekt: Wieviel bewirkt er? Ein Quiz!



Warum ist der Temperaturanstieg so gering? Hier ist eine Grafik, die zeigt, was passiert.

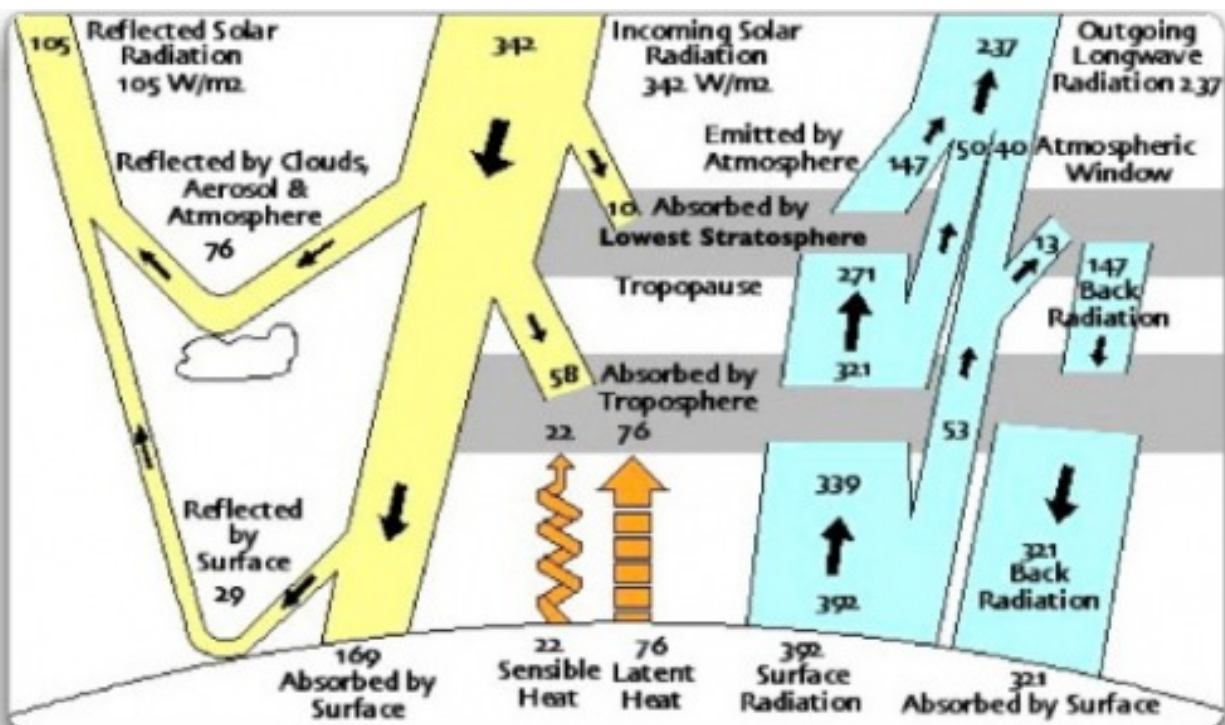


Abb. 1. Globale Energiebilanz, von [Kiehl/Trenberth](#) angepasst und erweitert. Die Werte sind Watt pro qm (W/m^2). Beachte die Emission von $147 W/m^2$ am oberen Atmosphärenrand (emitted by Atmosphere). Die Tropopause ist die Höhe, wo die Temperaturabnahme mit der Höhe aufhört.

Wie man sieht, steigt die Temperatur nicht viel an, weil es verschiedene Verluste im Gesamtsystem gibt. Ein Teil der einfallenden Sonneneinstrahlung wird von der Atmosphäre absorbiert. Ein Teil wird in den Weltraum abgestrahlt durch das „Atmosphärische Fenster“. Ein Teil wird in latente Wärme umgesetzt (Verdampfung/Verdunstung), und ein Teil wird in fühlbare Hitze umgesetzt (Konduktion/Konvektion). Schließlich wird ein Teil über die Oberflächen-Albedo abgegeben.

Die Erdoberfläche reflektiert etwa $29 W/m^2$ in den Weltraum zurück. Das heißt, dass die Oberflächen-Albedo etwa $0,15$ beträgt – (15% der Sonneneinstrahlung,

die am Erdboden ankommt, wird in den Weltraum zurückgestrahlt). Das berücksichtigen wir nun. Falls die Erde keine Atmosphäre hätte und dazu eine durchschnittliche Albedo von 0,15 wie unsere Erde, wäre es etwa 20°C kälter als es ist.

Das bedeutet, dass die durch das komplette Atmosphärensystem (Treibhausgase, Wolken, Aerosole, latente und fühlbare Wärmeverluste und übriger Rest) verursachte Erwärmung etwa 20°C über dem liegt, was wäre, wenn es die Bedingungen unserer Atmosphäre und der Erd-Albedo nicht gäbe.

Warum ist das wichtig? Weil es uns erlaubt, die Klimasensitivität des Gesamtsystems zu bestimmen. „Klimasensitivität“ wird vom UNIPCC definiert als „Reaktion des Klimasystems auf ständigen Strahlungsantrieb“. Die Klimasensitivität wird als Veränderung der Temperatur von einer vorgegebenen Veränderung des Antriebs am oberen Atmosphärenrand gemessen.

[It is measured as the change in temperature from a given change in TOA atmospheric forcing. TOA = Top Of Atmosphere].

Wie in der obigen Grafik gezeigt, beträgt die Atmosphärenrand-Abstrahlung ungefähr 150 W/m². Diese 150 W/m² Abstrahlung verursacht die 20°C-Erwärmung. Also beträgt die Netto-Klima-Sensitivität 20°C/150W-m², oder einen Temperaturanstieg von 0,13°C pro W/m². Wenn wir den kanonischen UN IPCC-Wert von 3.7 W/m² bei einer Verdoppelung des CO₂ annehmen, bedeutet das, dass die Verdoppelung des CO₂ zu einem Temperatur-Anstieg von ungefähr einem halben Grad führen würde.

Der 4. Assessment Report des UN IPCC nennt einen viel höheren Wert für die Klima-Sensitivität. Man sagt, er betrüge zwischen 2°C bis 4.5°C bei einer Verdoppelung des CO₂, anders gesagt: vier bis 9 Mal höher als das, was wir im realen Klimasystem sehen. Warum ist die IPCC-Zahl so viel höher? Gründe sind unter anderem:

1. Die Klimamodelle unterstellen eine große positive Rückkoppelung, wenn sich die Erde erwärmt. Diese Rückkoppelung ist noch nie nachgewiesen worden, sie wird nur angenommen.
2. Die Klimamodelle unterschätzen den Anstieg der Verdampfung mit steigender Temperatur.
3. Die Klimamodelle beziehen die Wirkung von Gewittern nicht ein, welche die Erde auf mannigfache Weise abkühlen.
4. Die Klimamodelle überschätzen die Wirkung des CO₂. Dies ist so, weil sie auf eine historische Temperaturlaufzeichnung eingeschwungen wurden, die eine große Wärmeinsel-Komponente enthält. Weil der historische Temperaturanstieg überschätzt wird, wird auch der CO₂-Effekt überschätzt.
5. Die Sensitivität der Klimamodelle hängt vom angenommenen Wert des Aerosol-Antriebs ab. Der ist nicht gemessen, sondern angenommen. Wie in Punkt 4. gesagt, hängt die angenommene Größe von historischen Aufzeichnungen ab, die Wärmeinsel-verseucht sind. Ausführliche Diskussion hierzu in: **Kiehl** .
6. Der Wind nimmt mit den Temperaturunterschieden zu. Zunehmender Wind

vergrößert die Verdampfung, die Meeres-Albedo, konduktive/konvektive Verluste, die Meeresoberfläche, die Gesamt-Verdampfungsfläche, Schwebestaub und Aerosole. Das alles kühlt das System. Doch Gewitterstürme gehören zu keinem der Modelle und viele Modelle ignorieren eine oder mehrere Wirkungen des Windes.

Anzumerken ist, dass die Größe von einem halben Grad Klimasensitivität pro W/m^2 ein Durchschnittswert ist. Das ist nicht die Gleichgewichts-Klimasensitivität. Die Gleichgewichts-Sensitivität muss niedriger sein, weil die Verluste stärker zunehmen als die Atmosphärenrand-Abstrahlung. Das ist so, weil Huckepack-Verluste und die Albedo von der Temperatur abhängen und stärker ansteigen als der Temperaturanstieg:

a) Die Verdampfung nimmt grob exponential mit der Temperatur zu, linear mit der Windgeschwindigkeit.

b) Tropische Kumuluswolken nehmen rasch mit steigenden Temperaturen zu und schirmen die einfallende Strahlung ab.

c) Auch Tropengewitter nehmen rasch mit steigenden Temperaturen zu und kühlen die Erde ab.

d) Fühlbare Wärmeverluste nehmen mit zunehmender Oberflächenerwärmung zu.

e) Abstrahlungsverluste nehmen proportional mit der 4. Potenz der Temperatur zu. Das bedeutet, dass für jedes Grad zusätzlicher Erwärmung immer mehr Energie notwendig ist. Um die Erde von $13^{\circ}C$ auf $14^{\circ}C$ zu erwärmen, braucht es 20% mehr Energie als für eine Erwärmung von minus $6^{\circ}C$ (gegenwärtige Temperatur minus $20^{\circ}C$) auf minus $5^{\circ}C$.

Das bedeutet, dass mit dem Temperaturanstieg jedes dem System zugeführte zusätzliche W/m^2 zu einem immer schwächeren Temperaturanstieg führt. Im Ergebnis ist der Gleichgewichtswert der Klimasensitivität (wie vom IPCC definiert) mit Sicherheit kleiner, wahrscheinlich viel kleiner als das halbe Grad pro CO_2 -Verdoppelung, wie oben errechnet wurde.

Willi Eschenbach erschienen bei [Watts Up with this](#)

Die Übersetzung besorgte dankenswerterweise Helmut Jäger für EIKE