

Eine neue Sichtweise auf den Treibhauseffekt

geschrieben von Chris Frey | 20. April 2023

Thomas E. Shula

Die nachstehende, von der NASA veröffentlichte Abbildung ist ein Beispiel von vielen, die versuchen, die verschiedenen Faktoren des „Energiehaushalts“ der Erde zu veranschaulichen. Die gelben Pfeile auf der linken Seite stellen die einfallende Sonnenstrahlung dar. Sie wird zum Teil von der Atmosphäre absorbiert, zum Teil von Wolken und der Atmosphäre in den Weltraum reflektiert, zum Teil von der Erdoberfläche reflektiert, und etwas weniger als 50 % wird von der Erdoberfläche absorbiert und in Wärme umgewandelt. Auf der rechten Seite zeigen die roten Pfeile die Wege, auf denen die Energie von der Erdoberfläche in den Weltraum transportiert wird, wie es der Treibhauseffekt postuliert. Dieses Modell des „Energiebudgets“ ist die Grundlage für Klimamodelle, die versuchen, die Auswirkungen der vermuteten anthropogenen globalen Erwärmung (AGW) durch Treibhausgase vorherzusagen.

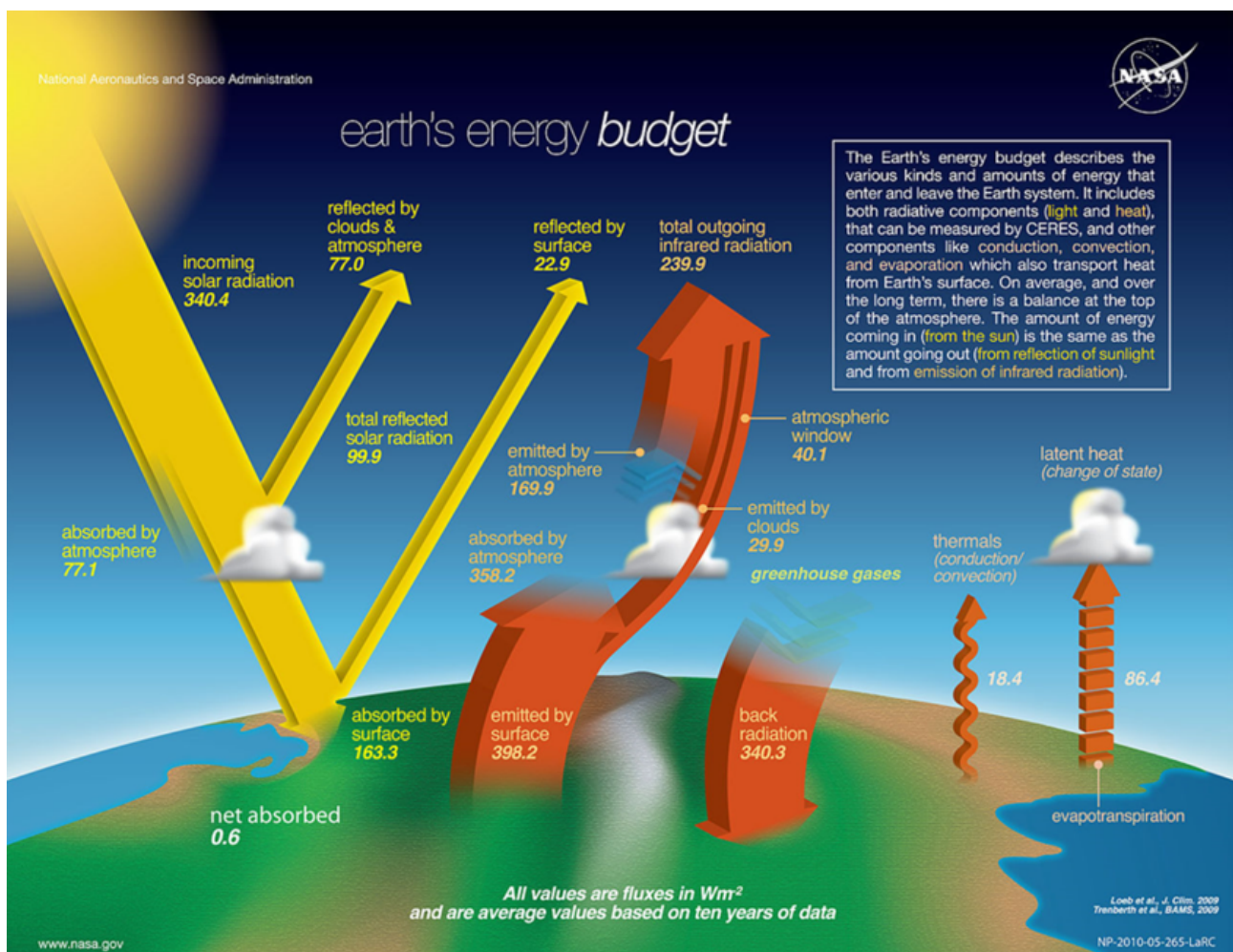


Diagramm mit freundlicher Genehmigung der NASA

Wie der Absatz im NASA-Diagramm besagt, besteht „im Durchschnitt und auf lange Sicht ein Gleichgewicht an der Obergrenze der Atmosphäre“.

Die mit den einzelnen Pfeilen im Diagramm verbundenen Werte sind die entsprechenden Energieflüsse in Watt/m^2 . Diese Werte werden auf unterschiedliche Weise abgeleitet, von denen einige für diese Darstellung relevant sind und im Folgenden beschrieben werden. Diese Werte werden in Klimamodellen verwendet und können sich im Laufe der Entwicklung der Modelle ändern, wenn auch in der Regel nicht wesentlich. Einige typische Werte aus einem NASA-Dokument finden Sie auf Seite 16 [hier](#) [1]. Bestimmte Annahmen führten zur Entwicklung der Treibhausgastheorie.

Eine der Schlussfolgerungen, die auf der [Seite](#) Erdtemperatur ohne Treibhausgase – Energieerzeugung [2] erläutert werden lautet, dass die Erde ohne Treibhausgase etwa $33\text{ }^\circ\text{C}$ kühler wäre, was im Wesentlichen einer Durchschnittstemperatur nahe dem Gefrierpunkt entspricht. Dies ist das Ergebnis der Behandlung der Erde und ihrer Atmosphäre als schwarze Körper nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz, wie in diesem [Video](#) [3] aus einem Online-Kurs über Klimamodellierung erläutert wird.

Im Diagramm des Energiehaushalts gibt es vier rote Pfeile, die dem (durchschnittlichen) langwelligen (Infrarot-)Strahlungsfluss entsprechen. Sie lauten wie folgt:

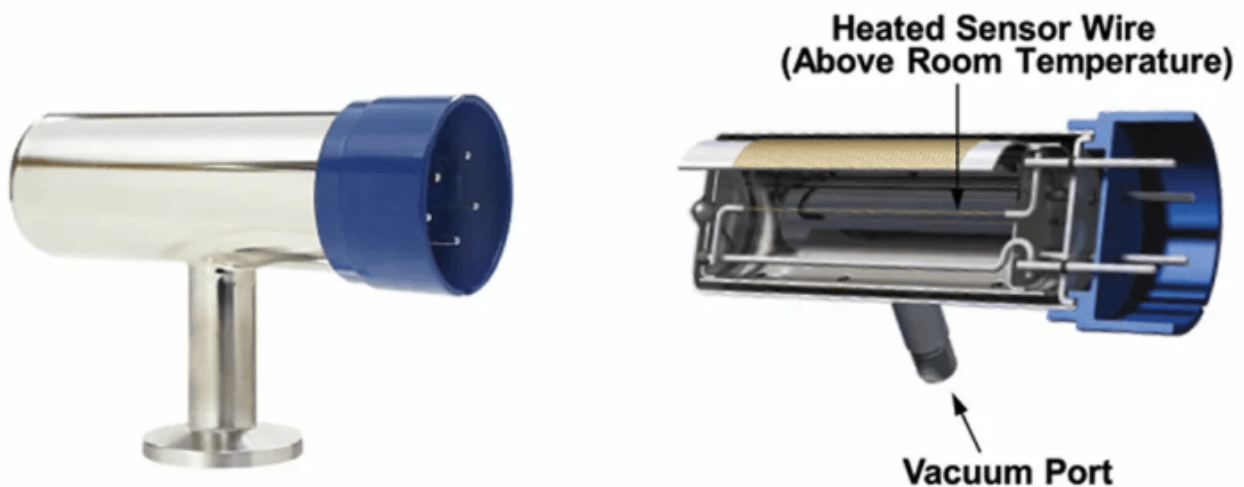
- $398,2\text{ Watt/m}^2$ langwellige Strahlung, die von der Oberfläche aufsteigt
- $18,4\text{ Watt/m}^2$ aufsteigend durch Konduktion/Konvektion
- $86,4\text{ Watt/m}^2$ aufwärts durch Evapotranspiration
- $340,3\text{ Watt/m}^2$ langwellige Strahlung, die aus der Atmosphäre als Rückstrahlung nach unten abfließt.

Nach dem Treibhauseffekt ist es die abwärts gerichtete Rückstrahlung, die die Wärme in der Atmosphäre „einfängt“ und die Erde warm hält.

Für die Zwecke dieser Darstellung werden wir nur die ersten beiden Komponenten betrachten, da wir die Beziehung zwischen aufsteigender langwelliger Strahlung und Leitung/Konvektion an der Erdoberfläche untersuchen werden. Nach dem oben erläuterten Modell entsprechen $398,2\text{ W/m}^2$ etwa $95,5\%$ des gemeinsamen Wärmetransports und Konduktion/Konvektion etwa $4,5\%$ des gemeinsamen Wärmetransports.

Wie können wir dies messen? Wir wissen, dass es drei Mechanismen für den Transport von Wärmeenergie gibt: Leitung, Konvektion und Strahlung. Man muss ein Experiment entwerfen, mit dem man den Anteil des Wärmeverlusts durch Strahlung gegenüber dem Wärmeverlust durch Leitung und Konvektion feststellen kann. Zufälligerweise gibt es ein gängiges Instrument, das seit über 100 Jahren verwendet wird und genau dies ermöglicht.

Das Pirani-Messgerät



Das Pirani-Messgerät (Dieses Bild wurde mit Genehmigung von MKS Instruments, Inc. (Andover, MA) zur Verfügung gestellt).

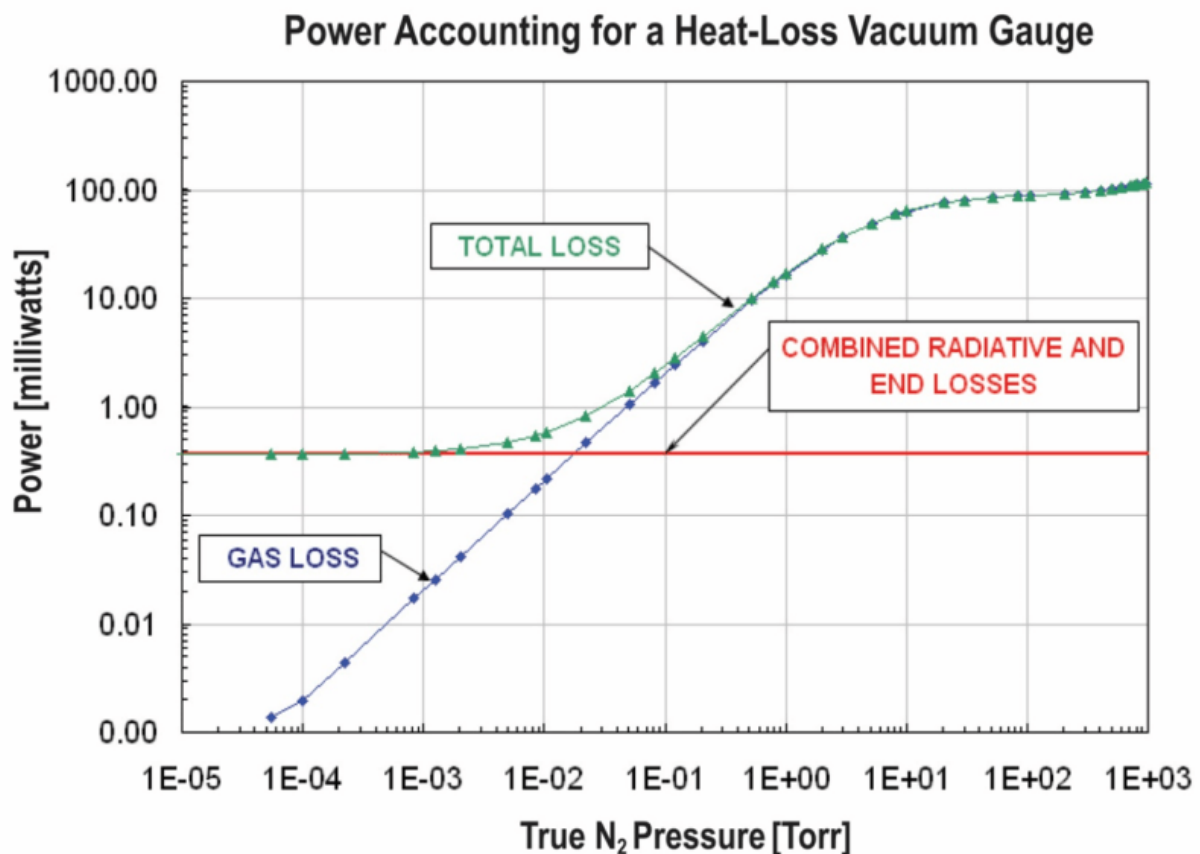
Das moderne [Pirani-Messgerät](#) wird zur Messung des Vakuums im Bereich von 760 Torr bis 10^{-4} Torr verwendet, obwohl einige Geräte für die Messung höherer Drücke bis zu 1000 Torr ausgelegt sind. Es wurde 1906 von Marcello Pirani, einem deutschen Physiker bei Siemens & Halske erfunden und wird seit über 100 Jahren in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt. Das Funktionsprinzip des Messgeräts ist einfach. Im Inneren des Messgeräts befindet sich ein Glühfaden, der erhitzt und auf einer konstanten Temperatur gehalten wird. Die Energie, die in den Glühfaden fließt, wird über den Strom, der durch ihn fließt, gesteuert. Die Energie kann auf vier Arten von der Glühwendel abgeleitet werden:

- Gaskonduktion
- Konvektion von Gas
- Strahlung
- Endverluste (d. h. Wärmeleitung von der Glühwendel zu ihrer Trägerstruktur).

Die Abstrahlungs- und Endverluste sind konstant und können gemessen werden, indem im Inneren des Messgeräts ein ausreichendes Vakuum erzeugt wird, so dass die Verluste durch Leitung und Konvektion vernachlässigbar sind. Wenn Gas in das Gehäuse eingeleitet wird, wird dem Heizfaden durch Leitung und Konvektion Wärme entzogen. Die zur Aufrechterhaltung der Temperatur des Glühfadens erforderliche Eingangsleistung hängt davon ab,

wie viel Energie durch Leitung und Konvektion durch das Gas abgeführt wird. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Pirani-Messgerät die relativen Beiträge zum Wärmetransport durch Strahlung gegenüber Leitung/Konvektion als Funktion des Gasdrucks für ein Objekt (in diesem Fall die Glühwendel) angibt, das auf einer konstanten Temperatur gehalten wird. Wie im Absatz vor dem obigen Bild erwähnt, ist dies genau die Messung, die wir suchen.

Die Ansprechkurve für ein typisches Messgerät ist in der nächsten Abbildung dargestellt. Beide Abbildungen sind in der von MKS Instruments herausgegebenen technischen Notiz „Introduction to Vacuum Pressure Measurement“ zu finden, und das in der Abbildung dargestellte Messgerät ist ein konvektionsverstärktes Pirani-Messgerät von MKS Instruments.



Dieses Bild wurde mit Genehmigung von MKS Instruments, Inc. (Andover, MA) zur Verfügung gestellt.

Die rote Linie im Diagramm stellt die (konstanten) Gesamtstrahlungs- und Endverluste von etwa 0,4 mW dar. Die blaue Linie stellt den Leistungsverlust nur durch das Gas dar, und die grüne Kurve, die an den beiden Enden abflacht, stellt den Gesamtverlust dar, d. h. die gesamte Energiezufuhr, die erforderlich ist, um die Temperatur des Glühfadens in Abhängigkeit vom Druck aufrechtzuerhalten. Bei atmosphärischem Druck, 760 Torr, beträgt die zur Aufrechterhaltung der Temperatur des

Glühfadens erforderliche Leistung 100 mW. Da die Strahlungs- und Endverluste 0,4 mW betragen, bedeutet dies, dass der Wärmetransport durch das Gas 99,6 % beträgt, wobei nur 0,4 % auf Strahlungs- und Endverluste zurückzuführen sind. Dies sollte nicht überraschen, denn alle Gasmoleküle können Wärme durch Leitung und Konvektion transportieren, nicht nur der winzige Teil, der die so genannten „Treibhausgase“ ausmacht.

Wir können auch den Fall eines Vakuumdrucks von 10 Torr betrachten, was einer Höhe von etwa 33.000 m über dem Meeresspiegel entspricht. In diesem Fall sind etwa 60 mW Leistung erforderlich, um die Temperatur des Glühfadens aufrechtzuerhalten, so dass das Gas immer noch für etwa 99,3 % des Wärmetransports verantwortlich ist, während Strahlungs- und Endverluste nur 0,7 % ausmachen. Mit zunehmender Höhe ist ein größerer Anteil des Wärmetransports auf die Strahlung zurückzuführen, und so kehrt die gesamte Wärme in der obersten Atmosphäre schließlich in den Weltraum zurück. Der Übergangspunkt, an dem die Gasverluste gleich den Strahlungs- und Endverlusten sind, liegt bei etwa 200 milliTorr (0,02 Torr), was einer Höhe über 76.000 m entspricht. Das Ansprechverhalten des Pirani-Messgeräts ist unabhängig von dem Gehäuse, in dem es sich befindet, oder dem Fehlen eines solchen. Würde man ein „nacktes“ Pirani-Messgerät in eine Höhe bringen, in der der Atmosphärendruck 10 Torr beträgt, wäre das Ansprechverhalten dasselbe, als wäre es an ein Vakuumsystem mit einem Druck von 10 Torr angeschlossen. Es wurden Pirani-Messgeräte in vielen verschiedenen Größen und Konfigurationen hergestellt, einige mit Strahlungsverlusten in der Größenordnung von 0,1 % bei normalem Atmosphärendruck[4].

Der Faden im Pirani-Messgerät entspricht der Oberfläche der Erde. Die Gasmoleküle stoßen mit der Oberfläche zusammen und absorbieren Energie, wodurch sich ihre effektive Temperatur erhöht (Wärmeleitung). Eine „Blase“ dieses wärmeren Gases steigt dann im Verhältnis zu dem kühleren Gas um sie herum auf, während das kühlere Gas zur Oberfläche sinkt und den Zyklus ständig wiederholt (Konvektion). Dies kühlt die Oberfläche ab und wird durch die Reaktion des Pirani-Messgeräts perfekt veranschaulicht. Diejenigen, die sich mit Hochtemperaturprozessen in Vakuumsystemen beschäftigt haben, und zweifellos auch viele andere, wissen dies sehr gut. Der Autor kann nur darüber spekulieren, warum dies nicht früher berücksichtigt wurde.

Schlussfolgerungen

Das Pirani-Messgerät bietet eine Methode zur Messung der relativen Beiträge von Strahlung und Leitung/Konvektion zum Wärmetransport in einer gasförmigen Umgebung als Funktion des Drucks. Bei Drücken, die für die untere Atmosphäre (Troposphäre + Stratosphäre) relevant sind, macht die Strahlung weniger als 1 % des Wärmetransports nach oben aus. Damit wird die Existenz dieser Strahlung in der unteren Atmosphäre nicht widerlegt, es wird lediglich experimentell nachgewiesen, dass ihr Anteil am Aufwärtswärmetransport unbedeutend ist.

Anhand des Funktionsprinzips des Pirani-Messgeräts wurde nachgewiesen, dass der Aufwärtswärmetransport durch Strahlung eine unbedeutende Rolle für den Wärmetransport bei Atmosphärendruck von der Oberfläche in die obere Stratosphäre spielt. Der Treibhauseffekt, wenn es ihn denn gibt, beruht auf dem Aufwärtstransport von Wärme durch Strahlung in der unteren Atmosphäre. Daher spielt der Treibhauseffekt, wenn er denn existiert, eine unbedeutende Rolle für den Wärmetransport und damit auch für die Energiebilanz der Atmosphäre.

Heutige Klimamodelle beruhen auf Energiebilanzmodellen, wie sie im NASA-Diagramm zu Beginn dieses Beitrags dargestellt sind. Aus dem NASA-Diagramm und ähnlichen Diagrammen aus anderen Quellen geht klar hervor, dass die Grundannahme dieser Modelle darin besteht, dass die Strahlung die Hauptursache für den Aufwärtswärmetransport in der unteren Atmosphäre ist. **Da die Strahlung für den Aufwärtswärmetransport in der unteren Atmosphäre unbedeutend ist, beruhen diese Modelle auf einer falschen Annahme und sind daher ungültig.** Da die Modelle im Allgemeinen dazu dienen, die Theorie der anthropogenen globalen Erwärmung aufgrund des Treibhauseffekts zu stützen, gibt es keine wissenschaftlichen Beweise für den Treibhauseffekt oder die anthropogene globale Erwärmung.

[Hervorhebung vom Übersetzer]

Die Strahlungsenergie, die die Erde von der Sonne absorbiert, trifft mit Lichtgeschwindigkeit ein. Die Erde verliert die Wärme mit einer Geschwindigkeit, die durch Konvektion in einem Prozess angetrieben wird, den wir „Wetter“ nennen. Das Wetter ist der chaotische Prozess, bei dem die Erdatmosphäre ständig versucht, ein thermisches Gleichgewicht zu erreichen, was ihr jedoch nie gelingt. Die Konvektion findet ständig statt, aber die Geschwindigkeit, mit der Wärme durch Konvektion transportiert wird, ist VIEL langsamer als die Lichtgeschwindigkeit. Das bedeutet, dass die Wärmeenergie die Erde langsamer verlässt als sie ankommt, und deshalb ist die Erde wärmer, als es das Stefan-Boltzmann-Gesetz vorhersagt.

Anhang: Wie konnte die „Klimawissenschaft“ das so falsch einschätzen?

Die beiden grundlegenden Annahmen, die zum Treibhauseffekt führen, sind, dass 1) der primäre Mechanismus, durch den die Erdoberfläche Wärme verliert, die Strahlung ist, und dass 2) auf der Grundlage des Stefan-Boltzmann-Gesetzes die Temperatur der Erdoberfläche 33 K kühler sein sollte, als wir es beobachten.

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz (SBL) definiert einen Schwarzen Körper (ein idealisiertes Objekt, das in der Natur nicht existiert) mit den folgenden Merkmalen

1. Er existiert in einer Umgebung von 0 K, d. h. in einem perfekten Vakuum.

2. Er befindet sich im Gleichgewicht mit seiner Umgebung.

3. Es ist ein perfekter Absorber von Strahlung.

Mit bestimmten Anpassungen, wie z. B. dem Emissionsgrad, bietet die SBL eine bequeme Möglichkeit, die Temperatur eines Objekts auf der Grundlage seiner emittierten Strahlung auch in nicht idealen Umgebungen zu messen. Dies gilt beispielsweise für die Schätzung der Temperatur von Sternen und für die Verwendung von Infrarotkameras zur Erkennung von „Hot Spots“. Man muss jedoch bedenken, dass sich nur der „idealisierte“ schwarze Körper streng nach der SBL verhält.

Die Erde und ihre Atmosphäre erfüllen keine der Bedingungen der SBL. Außerdem ist es üblich geworden, die obige Bedingung Nr. 1 zu ignorieren. Wenn man die Definition eines Schwarzen Körpers nachschlägt, wird die Bedingung 0 K (perfektes Vakuum) oft nicht erwähnt. Dies hat in der Regel nur geringe Auswirkungen, wenn es um Temperaturmessungen mit optischen Verfahren geht, ist aber für das Verständnis der Dynamik der Wärmeübertragung, z. B. unter irdischen Bedingungen, äußerst wichtig.

Dies wird in Klimamodellen nicht berücksichtigt. Es wird angenommen, dass bei einer Oberflächentemperatur von 288 K die von der Oberfläche nach oben abgestrahlte Leistung 398 Watt/m² beträgt und dass es sich dabei ausschließlich um langwellige IR-Strahlung handelt. Dann muss diese aufsteigende Strahlung mit der „Rückstrahlung“ „ausgeglichen“ werden, um ein „Strahlungsgleichgewicht“ in der Atmosphäre zu erreichen.

Die Realität sieht jedoch ganz anders aus. Bei einer Temperatur von 288 K beträgt der Photonenfluss (unter der großzügigen Annahme, dass alles bei einer Wellenlänge von 15 Mikrometern liegt, um die Anzahl der IR-aktiven Photonen zu maximieren) etwa **3 X 10²² Photonen/Sek-m²**. Das ist eine Menge Photonen, und wenn sich die Oberfläche in einem perfekten Vakuum befände, wäre dieser Strahlungsfluss die einzige Möglichkeit für die Oberfläche, Energie abzugeben.

[Hervorhebung im Original]

Aber wir haben eine Atmosphäre. Bei Standardtemperatur und -druck hat die Luft einige sehr interessante Eigenschaften. Sie ist viel dichter als wir uns normalerweise vorstellen.

Durchschnittliche Molekulargeschwindigkeit ca. **470 m/sec (1050 mph, Überschall auf der Makroebene)**

Frequenz der Molekül-Zusammenstöße (jeder mit jedem) ca. **7.000.000.000 Zusammenstöße/Sekunde (7 Ghz)**

Mittlere freie Weglänge etwa **70 nm (etwa 1/10 der Wellenlänge des sichtbaren Lichts)**

Häufigkeit der Kollisionen mit einer idealen ebenen Oberfläche ca. **3 X**

10²⁷ Kollisionen/sec-m²

[Alle Hervorhebungen im Original]

Um dies ins Verhältnis zu setzen, ist die letzte Zahl recht nützlich. Die durchschnittliche Oberfläche eines erwachsenen Menschen beträgt etwa einen Quadratmeter. Das bedeutet, dass jede Sekunde etwa 100 Pfund Luftmoleküle mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von etwa 1050 mph auf jeden von uns treffen. Noch wichtiger ist, dass dies angesichts des Photonenflusses bei 288 K bedeutet, **dass für jedes potenziell emittierte Infrarot-Photon etwa 100.000 Luftmoleküle mit der Oberfläche kollidieren**. Da der Energietransfer durch Kollisionen das Gleichgewicht an der Oberfläche verändert, indem Energie durch Leitung abgeführt wird, ist es wahrscheinlich, dass der tatsächlich emittierte Photonenfluss noch geringer ist. Wenn man davon ausgeht, dass die Strahlungsübertragung der primäre Mechanismus für die Aufwärtswärmeübertragung an der Erdoberfläche ist, würde das bedeuten, dass ein einziges IR-Photon mehr Energie übertragen würde als 100.000 Molekülkollisionen. Diese Zahlen beziehen sich auf eine vollkommen glatte, ebene Oberfläche. Der tatsächliche Oberflächenbereich auf atomarer Ebene kann viel größer sein.

[Hervorhebung im Original]

Es liegt auf der Hand, dass die Grenzfläche zwischen der Erdoberfläche und der Atmosphäre auf atomarer Ebene ein extrem chaotischer Ort ist. Dies erklärt, was wir in der Funktionsweise des Pirani-Eichmaßes sehen, wie im Hauptteil dieser Arbeit erläutert.

References:

[1] Kelly, Schmidt, et al, GISS-E2.1: Configurations and Climatology

[2] [Earth Temperature without GHGs – Energy Education](#)

[3] (224) [Climate Dynamics Lecture 02 Energy and the Earth System – YouTube](#)

[4] [Fabrication of thermal-based vacuum gauge – Jung – 2014 – Micro & Nano Letters – Wiley Online Library](#)

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2023/04/18/a-novel-perspective-on-the-greenhouse-effect/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE