

Prinzip des Treibhauseffekts

Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würde auf der Erde eine Durchschnittstemperatur von -18 Grad Celsius herrschen. Gegenwärtig ist es durchschnittlich 15 Grad warm.

Grund dafür ist, dass nicht alles an Sonneneinstrahlung von der Erde wieder in den Weltraum abgegeben wird, sondern von der Atmosphäre wie in einem Treibhaus "gefangen" wird.

Besonders zum Treibhauseffekt tragen Gase wie Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffe aber auch Wasserdampf bei.

Answers to questions from "Climate skeptics" and readers - Stefan Rahmstorf

Home Page Stefan Rahmstorf

Antworten auf Leserzuschriften

Nach meinen beiden Artikeln in *Die Zeit* und *Bild der Wissenschaft* erreichten mich zahlreiche Leserzuschriften. Da viele Fragen und Argumente sich wiederholen, sind unten einige Antworten zusammengestellt. Der besseren Lesbarkeit halber habe ich die Zuschriften auf die Sachfragen reduziert (die leider oft aus einem Wust von Polemik herausdistilliert werden mußten). Ich bitte um Verständnis, daß ich aufgrund der vielen Zuschriften diese in der Regel nicht mehr persönlich beantworten kann. Ich werde jedoch je nach Bedarf und Zeit die Liste der Antworten erweitern.

„Wie funktioniert eigentlich der Treibhauseffekt?“

Die Temperatur der Erde ist Ergebnis eines Strahlungsgleichgewichts: einerseits kommt kurzwellige Sonnenstrahlung bei uns an, andererseits strahlt die Erde langwellige Infrarotstrahlung ab. Jeder Körper gibt Strahlung ab – je wärmer er ist, desto mehr (Stefan-Boltzmann-Gesetz). Die Erde erreicht dabei gerade die Temperatur, bei der ankommende und abgegebene Strahlung sich ausgleichen.

Setzt man die ankommende Sonnenstrahlung (abzüglich des reflektierten Anteils von 30%) in die Stefan-Boltzmann-Gleichung ein, so ergibt sich für die Erde bei einer Temperatur von -18°C ein Strahlungsgleichgewicht. Die Oberflächentemperatur der Erde ist aber im Mittel +15°C. Woher diese Diskrepanz?

Der Unterschied von 33 Grad wird vom natürlichen Treibhauseffekt verursacht – liegt also daran, daß die Erde von einer Atmosphäre umgeben ist, die für Infrarotstrahlung nicht gut durchlässig ist. Vorallem Wasserdampf und CO₂-Moleküle absorbieren einen Teil der von der Erde abgegebenen Strahlung, und strahlen dann selber die Energie wieder in alle Richtungen ab. Ein Teil der Strahlungsenergie kommt damit wieder auf die Erde zurück. Die Strahlungstemperatur von -18°C wird deshalb nicht an der Erdoberfläche gemessen, sondern diese ins All abgehende Strahlung wird höher oben in der Atmosphäre abgegeben. Dort oben in der Atmosphäre ist es ja tatsächlich so kalt.

An der Erdoberfläche gilt eine etwas andere Energiebilanz – zur Sonnenstrahlung kommt der Anteil der langwelligen Strahlung noch dazu, der von den Molekülen weiter oben teilweise auch nach unten gestrahlt wird. Daher kommt unten mehr Strahlung an, und zum Ausgleich muß die Oberfläche mehr Energie abgeben, also wärmer sein (+15°C), um auch dort unten wieder ein Gleichgewicht zu erreichen. Ein Teil dieser Wärme wird von der Oberfläche auch durch atmosphärische Konvektion nach oben abgeleitet. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre die Erde lebensfeindlich und völlig vereist.



Der Treibhauseffekt

Wärmestrahlung. Dadurch kann Wärme von der Oberfläche nicht so leicht ins All abgestrahlt werden; es kommt zu einer Art «Wärmestau» in der Nähe der Erdoberfläche.

Anders formuliert: Die Oberfläche strahlt, wie jeder physikalische Körper, Wärme ab – je höher die Temperatur, desto mehr. Diese Wärmestrahlung entweicht aber nicht einfach ins Weltall, sondern wird unterwegs in der Atmosphäre absorbiert, und zwar von den Treibhausgasen (oder «klimawirksamen Gasen» – nicht zu verwechseln mit den «Treibgasen», die in Spraydosen Verwendung finden und die Ozonschicht schädigen). Die wichtigsten dieser Gase sind Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan. Diese Gase strahlen die absorbierte Wärme wiederum in alle Richtungen gleichmäßig ab – einen Teil also auch zurück zur Erdoberfläche. Dadurch kommt an der Oberfläche mehr Strahlung an als ohne Treibhausgase: nämlich nicht nur die Sonnenstrahlung, sondern zusätzlich die von den Treibhausgasen abgestrahlte Wärmestrahlung. Ein Gleichgewicht kann sich erst wieder einstellen, wenn die Oberfläche zum Ausgleich auch mehr abstrahlt – also wenn sie wärmer ist. Dies ist der Treibhauseffekt (Abb. 2.1).

Der Treibhauseffekt ist ein ganz natürlicher Vorgang – Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan kommen von Natur aus seit jeher in der Atmosphäre vor. Der Treibhauseffekt ist sogar lebensnotwendig – ohne ihn wäre unser Planet völlig gefroren. Eine einfache Rechnung zeigt die Wirkung. Die ankommende Sonnenstrahlung pro Quadratmeter Erdoberfläche beträgt 342 Watt. Etwa 30% davon werden reflektiert, es verbleiben 242 Watt/m², die teils in der Atmosphäre, teils von Wasser- und Landflächen absorbiert werden. Ein Körper, der diese Strahlungsenergie abstrahlt, hat nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz der Physik eine Temperatur von -18°C; wenn die Erdoberfläche im Mittel diese Temperatur hätte, würde sie also gerade so viel abstrahlen, wie an Sonnenstrahlung ankommt. Tatsächlich beträgt die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche aber +15°C. Die Differenz von 33 Grad wird vom Treibhauseffekt verursacht, der daher erst das lebensfreundliche Klima auf der Erde möglich macht. Der Grund zur Sorge über die globale