Klimabasics



Strahlungsmodell

Ohne Atmosphäre hätte die Erde eine Oberflächentemperatur von 255K (-18°C). Die gleiche Temperatur würde die Erde mit einer Atmosphäre haben, welche keine Strahlung absorbiert - etwa eine, die nur aus Stickstoff und Sauerstoff besteht.

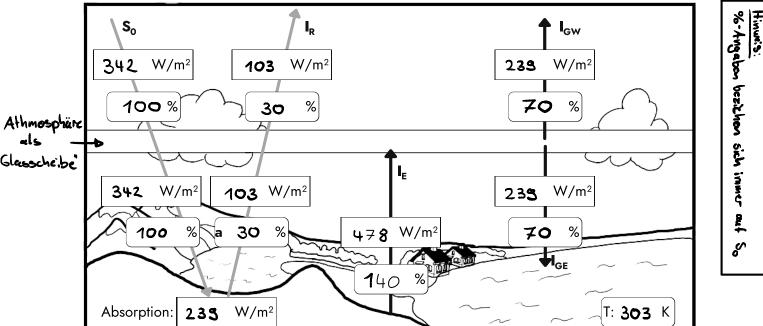
Entscheidend für den Treibhauseffekt sind die Spurengase. Um den Treibhauseffekt zu verstehen, betrachten wir ein vereinfachtes Modell der Atmosphäre, bei welchem alle Spurengasmoleküle wie CO2 oder O3 in einer dünnen Schicht konzentriert sind - simuliert durch eine schwebende Glasscheibe. Für die solare Einstrahlung (\mathbf{S}_0) soll diese Scheibe durchlässig sein, sodass es die Erdoberfläche erreicht. Die von der Erde abgestrahlte langwellige Wärmestrahlung ($\mathbf{I}_{\mathbf{E}}$) hingegen wird von ihr vollständig absorbiert. Unser Modell funktioniert damit ähnlich wie eine echte Glasscheibe, deren atomare Bindungen durch die Wärmestrahlung in Schwingungen versetzt werden und diese Strahlung ($\mathbf{I}_{\mathbf{GE}} + \mathbf{I}_{\mathbf{GW}}$) wieder emittieren. In unserem Modell verhalten sich die Spurengasmoleküle wie die atomaren Bindungen der Glasscheibe.

Mit der Zeit wird die Glasscheibe wärmer, womit auch die Wärmestrahlung von der Glasscheibe zur Erde und damit auch deren Temperatur steigt.

So ist dann der Treibhauseffekt vereinfacht erklärt. Aber wie rechnen wir jetzt damit?

Fülle mithilfe der folgenden Schritte das Schaubild:

- 1. Die solare Strahlung (**S**₀) liegt bei 342 W/m² und wird von der Erde zu 30% (0,3) direkt wieder ins Weltall reflektiert. Diese Reflexion nennt man Albedo (**a**). Die Erdoberfläche absorbiert dabei den Anteil von 1-**a**.
- 2. Um die Überlegungen weiter zu vereinfachen, betrachten wir den Gleichgewichtszustand, bei dem die Glasscheibe so heiß ist, dass die gesamte Abstrahlungsbilanz in den Weltraum der solaren Einstrahlung entspricht. Es gilt somit: $\mathbf{S_0} = \mathbf{I_R} + \mathbf{I_{ew}}$
- 3. Da die Glasscheibe die Wärme ungerichtet abstrahlt, gilt ebenfalls: I_{GE} + I_{GW} = 2 · I_{GW} = 1 g
- 4. Um die Bilanz der Glasscheibe auszugleichen, muss für die Abstrahlung der Erdoberfläche (IE) Folgendes gelten: IE = IGE + IGE = 478 K



KLIMA, MIC gGmbH



Strahlungsmodell

Fällt euch an der Bilanz etwas auf?

Die Abstrahlung der Erde (IE) ist doppelt so groß, wie die von der Oberfläche direkt absorbierten solaren Strahlung. Warum ist das so? Versuche dies zu erklären.

Dadurch, dass die direkte Abstrahlung der Erde in den Weltraum durch die Glasscheibe unterbunden ist, stellt sich eine "Strahlungszirkulation" zwischen Glasscheibe und Erde ein. Die Energie dafür liefert die solare Strahlung. Diese Zirkulation führt dazu, dass ein immer größerer Strahlungsaustausch zwischen Glasscheibe und Erde stattfindet, bis sich ein Strahlungsgleichgewicht (So = Ir + Igw) eingestellt hat. Im Modell betrachten wir die Strahlung ab diesem Zeitpunkt.

Die Strahlungszirkulation führt somit dazu, dass die Erde zusätzlich zur Absorption der solaren Einstrahlung auch zurückgeworfene Energie der Glasscheibe absorbiert und damit selbst auch mehr abstrahlt.

Bevor wir uns mit der Kritik am Modell beschäftigen, wollen wir noch herausfinden, wie sehr sich die Erde in unserem Modell aufheizt.

Dazu nutzen wir das T⁴ Gesetz des schwarzen Strahlers, das Stefan-Boltzmann Gesetz: I = $\bigcirc \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot$ Die Strahlungsleistung I eines Körpers kann damit bei einer bekannten Temperatur T (angegeben in Kelvin) dieses Körpers errechnet werden - oder umgekehrt. Tist dabei die sogenannte Strahlungskonstante 5,67 *10⁻⁸ W/(m²K⁴) und & die Emissivität, welche für unsere Abschätzung als $\varsigma = 1$ angesetzt werden kann.

Stelle nun die Gleichung um, sodass du die Temperatur ausrechnen kannst.

Rechne dann die Temperatur der Erde in unserem Modell bei Verwendung von L aus.

$$T = \frac{1}{\sigma \cdot \varepsilon}$$

$$T = \frac{1}{5 \cdot 67 \cdot 10^{-9} \frac{w}{m^{2}} \cdot 1}$$

$$T = \frac{303 \text{ K}}{5 \cdot 67 \cdot 10^{-9} \frac{w}{m^{2} \cdot 1}}$$

Mit diesem stark vereinfachten Modell konnten wir uns dem Treibhauseffekt nähern und sind bei einer Temperatur um den Faktor 1,189 höher als ohne die Glasscheibe.

Das ist wesentlich wärmer, als die eigentliche Durchschnittstemperatur von mittlerweile etwa 15°C. Beantworte: Welche Eigenschaften der Erdatmosphäre beachten wir im Modell nicht?

- · Wolken reflektieren Sonnanstrahlung
- · Athmosphäre lässt Sonnenstrahlung nicht ungehindert durch (Siehe Schaubild auf der nächsten Seite)

Wie ihr feststellen könnt, müssen für eine korrekte Energiebilanz wesentlich mehr Faktoren miteinbezogen werden. Schaut euch dazu die Abbildung auf dem nächsten Blatt an und arbeitet mit eurer Lehrperson weiter an den Eigenschaften der Erdatmosphäre.





