

Aktivität 4 – Stellschraube für die Erdtemperatur

Welchen Einfluss haben Treibhausgase auf die Erdtemperatur?

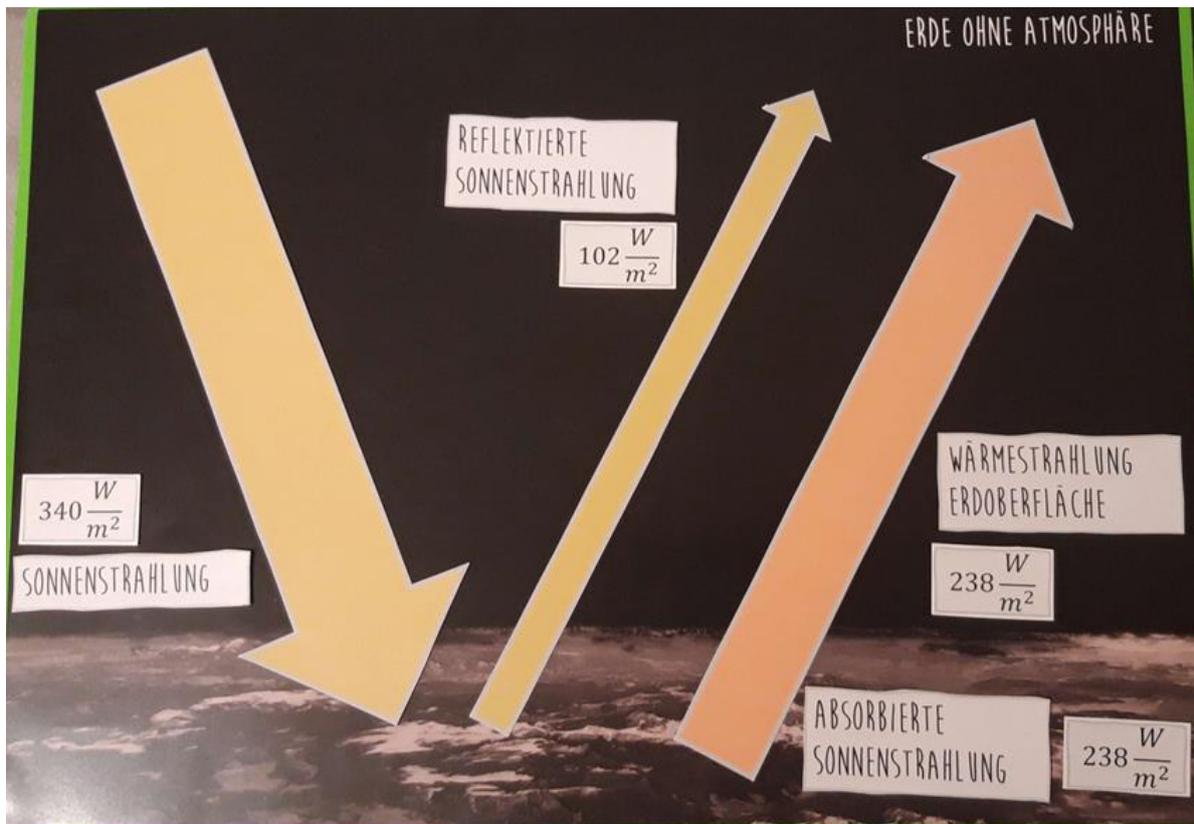


Moritz Strähle und
Cecilia Scorza

Teil 1: Wie hoch wäre die mittlere Temperatur auf einer Erde ohne Atmosphäre?

Durchführung:

- Pfeile legen: Legt auf der Seite „Erde ohne Atmosphäre“ die drei hellgrau umrandeten Pfeile und wählt die passenden (nicht alle werden benötigt!) hellgrauen Beschriftungen und Zahlenwerte passend zum Hintergrundtext (siehe grüner Kasten oben) aus.

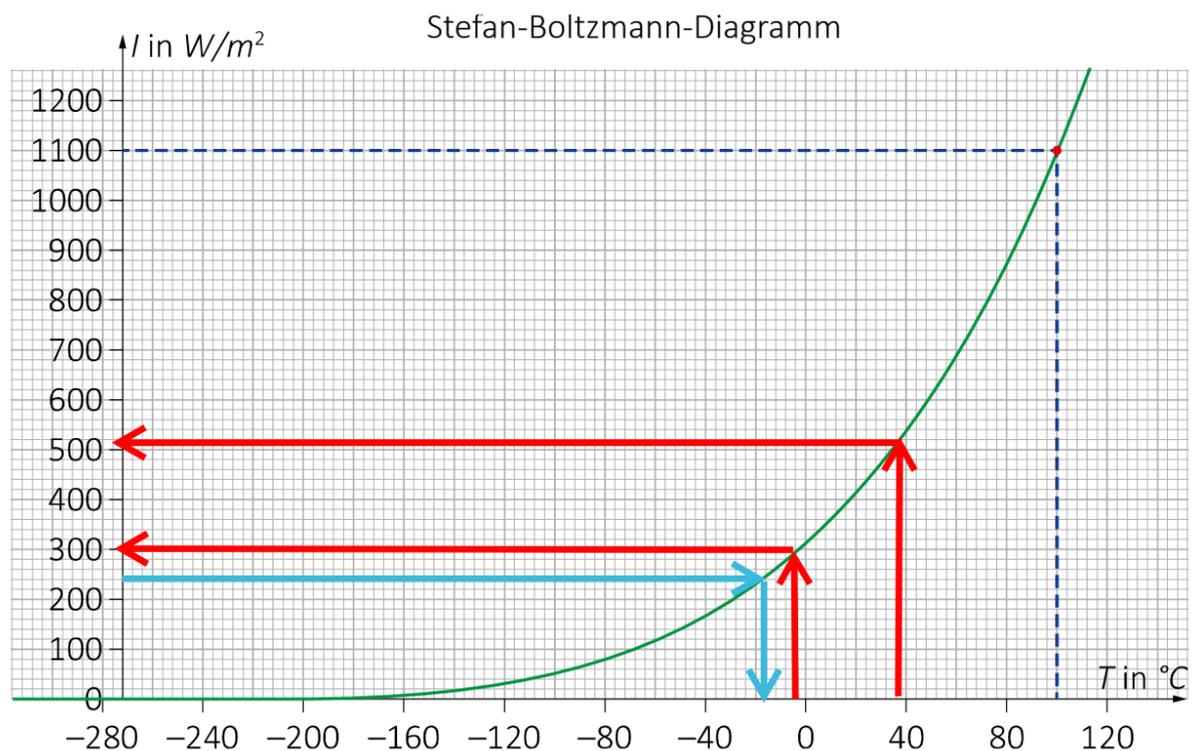


- Wir werden uns nun mit der grafischen Darstellung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes auf der nächsten Seite vertraut machen: Ergänzt mit Hilfe des Diagramms und sinnvollen Annahmen für die Temperaturen, die fehlenden Strahlungsintensitäten in der Tabelle. Folgt dem Beispiel des kochenden Wassers.

Objekt	Temperatur °C	Intensität W/m ²
Kochendes Wasser	100	1100
Unser Körper	37	520
Eiswürfel	-5	300

→ Wenn ihr die Pfeile, Beschriftungen und Zahlenwerte richtig gelegt und zugeordnet habt, wisst ihr, dass die Erde im Mittel 238 W/m^2 Sonnenstrahlung absorbiert. Da sich die Erde im Strahlungsgleichgewicht befindet, strahlt sie mit dieser Intensität auch wieder Energie ab. Ermittle nun mit dem Diagramm die mittlere Temperatur einer Erde, die mit dieser Intensität Wärmestrahlung abstrahlt und tragt sie entsprechend im Diagramm ein.

Mit einer Strahlungsintensität von 238 W/m^2 liegt die Erde, ohne Atmosphäre bei -16°C



? Interpretiert das Ergebnis und verknüpft es mit der Realität: Lässt sich die mittlere Temperatur der Erde, die ihr ermittelt habt, mit euren Erfahrungen in Einklang bringen?

Ohne Atmosphäre wäre es auf der Erde also sehr kalt! Dies steht im Widerspruch zu unserer Erfahrung, wobei die meiste Zeit des Jahres in Deutschland eine angenehme oder hohe Temperatur herrscht, mit Ausnahme vom Winter.

Die durchschnittliche Temperatur der Erde beträgt insgesamt lebensfreundliche 15°C , was mit den diesen Werten nicht zusammenpasst. Also muss die Atmosphäre für den großen Temperaturunterschied verantwortlich sein!

Der natürliche Treibhauseffekt ist also lebensnotwendig - seine Verstärkung durch menschlichen Eingriff ist aber mit großen Gefahren verbunden

? Nicht einfache Zusatzfrage: Habt ihr eine Idee, warum es auf einer Erde ohne Atmosphäre in Wirklichkeit noch deutlich kälter wäre?

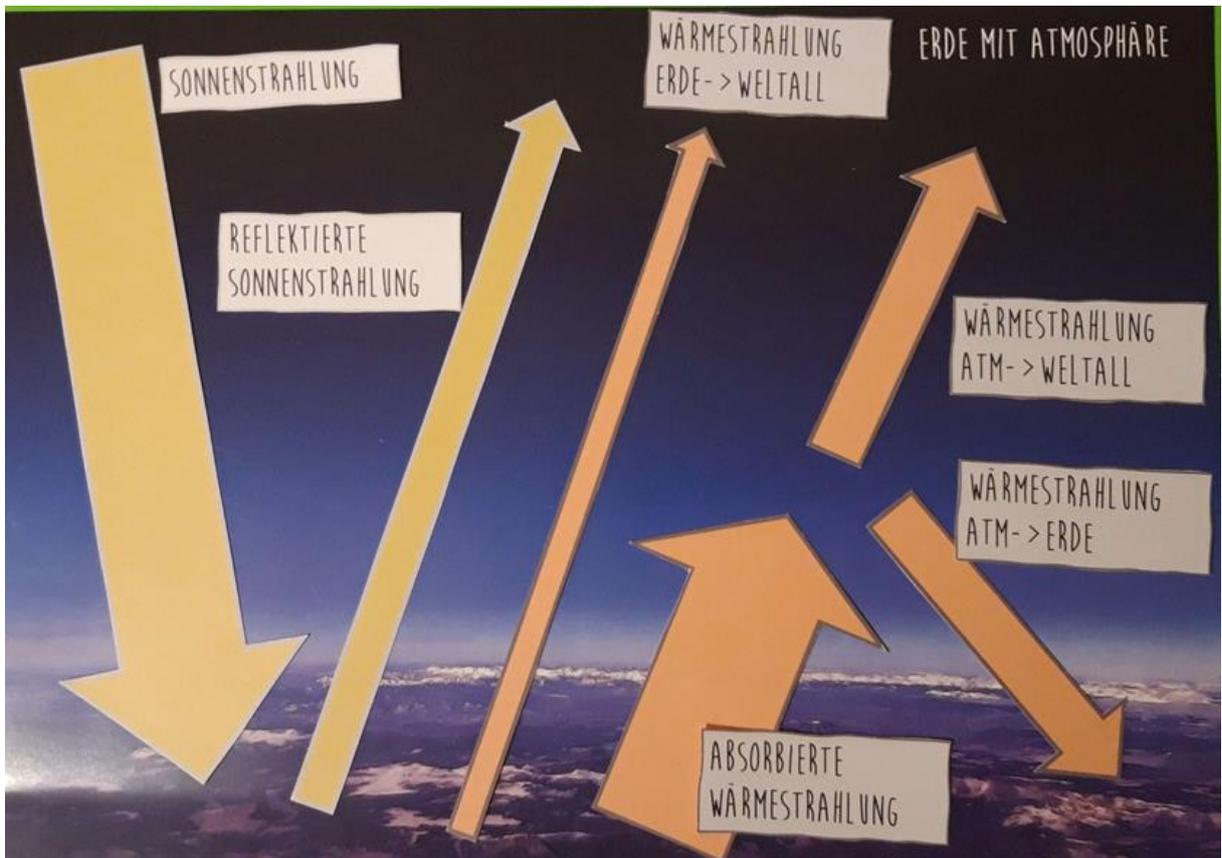
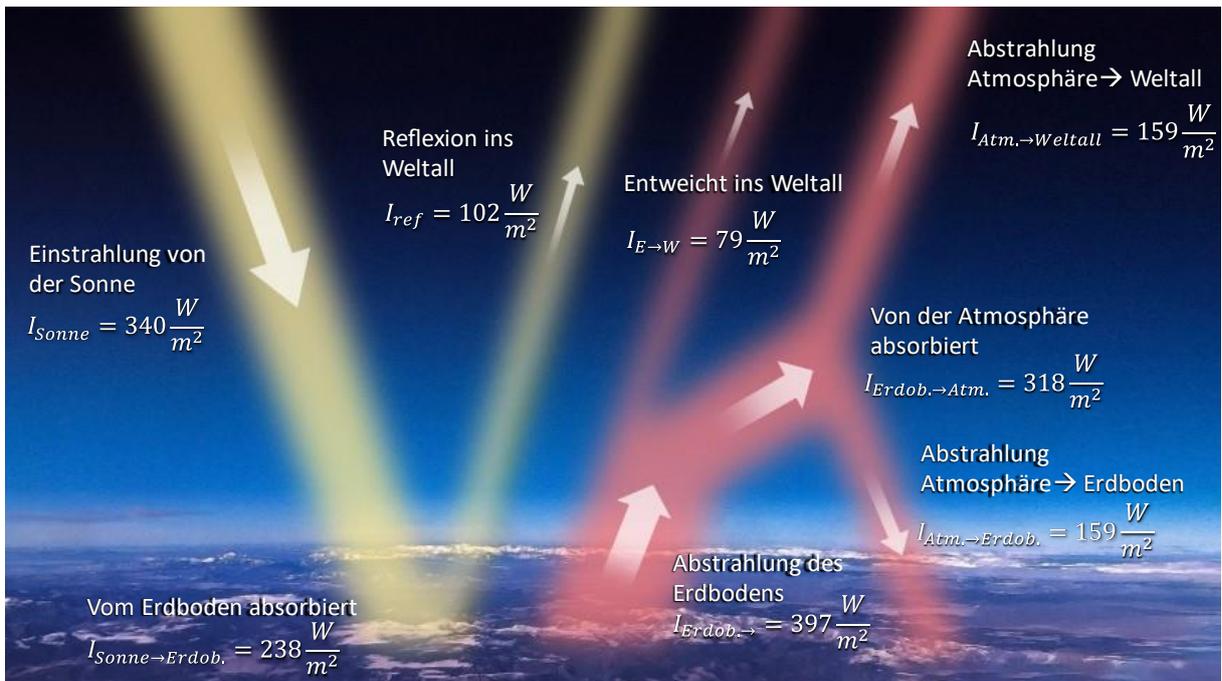
Ohne Atmosphäre wäre Leben auf der Erde nicht möglich, d.h. es gäbe keine Pflanzen, Tiere, Menschen. Die Erde wäre vereist! Es gäbe massive Eisflächen, wo jetzt Wälder, Städte und andere dunkle Flächen sind.

Aufgrund des hohen Rückstrahlvermögens (Albedo) dieser hellen, weißen Flächen würde die Erde mehr Sonnenstrahlung reflektieren als mit den jetzigen dunklen Flächen. Das Strahlungsgleichgewicht ändert sich damit auch und die Erde strahlt weniger Wärmestrahlung ab => geringere Temperatur nach Stefan-Boltzmann.

Teil 2: Für welche Temperatur auf der Erde sorgt der natürliche Treibhauseffekt?

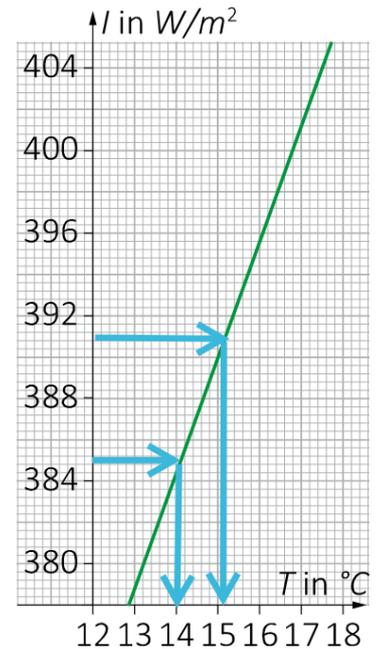
Durchführung:

- Pfeile legen: Studiert den Hintergrundtext im grünen Kasten und legt auf der Seite „Erde mit Atmosphäre“ die beiden gelben hellgrau umrandeten, die vier dunkelgrau umrandeten Pfeile und alle Beschriftungen (diesmal ohne Zahlenwerte) passend aus.



→ Die Atmosphäre ist damit (zusätzlich zur Sonne) eine zweite Strahlungsquelle, die (bei unseren Annahmen) mit einer Intensität von 147 W/m^2 in Richtung Erdboden strahlt. Diese Energie wird nun zusätzlich vom Erdboden absorbiert, welcher nun mit größerer Intensität auch wieder abstrahlen muss, um sich weiter im Strahlungsgleichgewicht zu befinden. Wie groß ist nun die Strahlungsintensität des Erdbodens? Verwendet den Ausschnitt des Stefan-Boltzmann-Diagramms links, um die dazu passende Temperatur zu bestimmen.

Tip: Addiere die beiden Strahlungsintensitäten, die die Erde absorbiert.



$$0,7 * 340 \text{ W/m}^2 + 147 \text{ W/m}^2 = 238 \text{ W/m}^2 + 147 \text{ W/m}^2 = 385 \text{ W/m}^2$$

entspricht ca. 14°C

Teil 3: Wie stark ist der anthropogene Treibhauseffekt?

? Wir nehmen im folgenden Beispiel an, dass die Atmosphäre etwas mehr Strahlung der Erde absorbiert (in diesem einfachen Modell 78 % statt 76 %) und daher auch mit höherer Intensität abstrahlt, in diesem Fall wären das zusätzlich 6 W/m^2 in Richtung Erdboden. Welche mittlere Temperatur folgt für den Erdboden, welcher nun wieder mit höherer Intensität strahlt?

Info: Der Weltklimarat (IPCC) nutzt Computermodelle, um Szenarien für das zukünftige Klima anzugeben. Die Szenarien gehen von RCP 2,6 bis RCP 8,5, wobei die Zahl eine zusätzliche Strahlungsintensität von $2,6 \text{ W/m}^2$ bzw. $8,5 \text{ W/m}^2$ von der Atmosphäre in Richtung Erdoberfläche durch vom Menschen ausgestoßene Treibhausgase bedeutet.

$$238 \text{ W/m}^2 + 6 \text{ W/m}^2 + 147 \text{ W/m}^2 = 391 \text{ W/m}^2 \text{ entspricht ca. } 15^\circ\text{C}$$