

## Aktivität 4: Strahlungsbilanz der Erde

### Materialien:

- ✓ 7 Pfeile, 8 Beschriftungen und 4 Zahlenwerte
- ✓ Erde ohne und mit Atmosphäre
- ✓ Fieberthermometer (optional)
- ✓ Eiswürfel (optional)

### Aufgabe 1: Strahlungsbilanz OHNE Erdatmosphäre

In einem einfachen Modell sollt ihr zunächst eine Erde ohne Atmosphäre betrachten. Verwendet deshalb den Bogen mit dem schwarzen Hintergrund.

#### Information:

Die Sonne schickt ihre Strahlen zur Erde, und im Durchschnitt treffen 340 Watt pro Quadratmeter ( $\frac{W}{m^2}$ ) bei uns an – das sind 100 %. Davon werden etwa 30 % ( $102 \frac{W}{m^2}$ ) von der Erde zurückgeworfen, also reflektiert. Die restlichen 70 % ( $238 \frac{W}{m^2}$ ) wärmen die Erde auf. Genau diese Wärme gibt die Erde später wieder als sogenannte **Wärmestrahlung** ab.

- Legt die drei hellgrau umrandeten Pfeile auf die Erde und wählt die passenden hellgrauen Beschriftungen und Zahlenwerte. Achtung: Nicht alle werden benötigt!
- Überprüft im Anschluss mit dem QR-Code.
- Ergänzt die Gleichungen.



<https://klimawandel-schule.de/de/h5p/strahlungsbilanz-ohne-atmosphaere>

<div>Reflektierte Sonnenstrahlung</div>	+	<div>Wärmestrahlung des Bodens</div>	=	<div>Strahlung der Sonne</div>
<div><math>102 \frac{W}{m^2}</math></div>	+	<div><math>238 \frac{W}{m^2}</math></div>	=	<div><math>340 \frac{W}{m^2}</math></div>

### Aufgabe 2: Das Stefan-Boltzmann-Diagramm

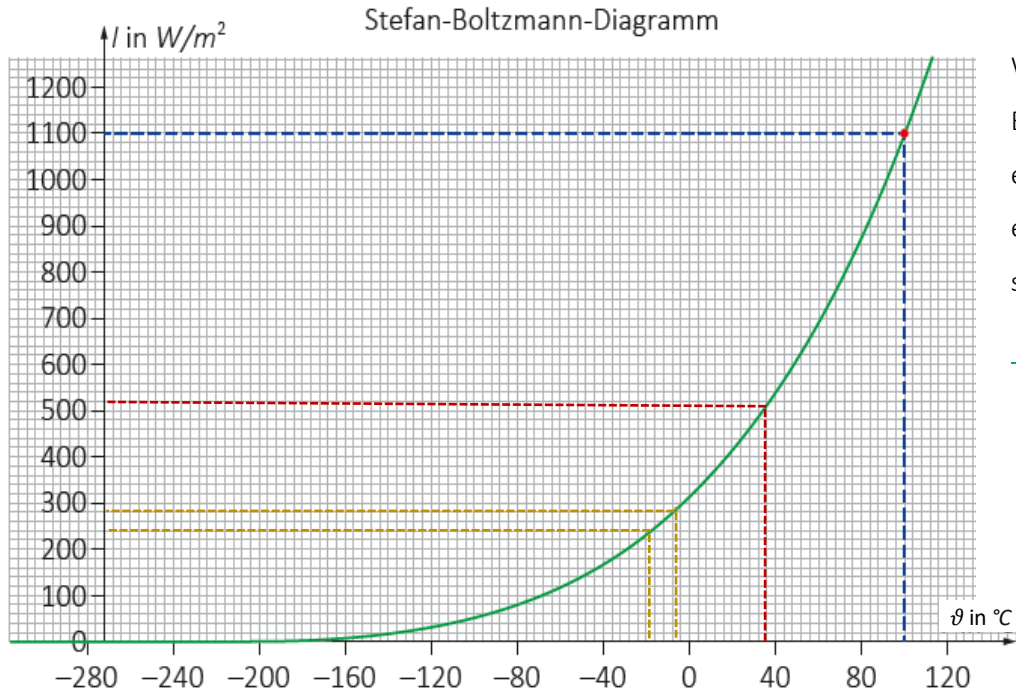
Ein physikalisches Gesetz, das Stefan-Boltzmann-Gesetz<sup>1</sup>, beschreibt, wie groß die Strahlungsintensität  $I$  eines Körpers ist, also die abgegebene Strahlungsleistung  $P$  pro Quadratmeter Oberfläche bei einer bestimmten Temperatur  $\vartheta$ .

- (optional) Messt die Temperatur von Eurem Körper und von Eis, ergänzt die Werte in der Tabelle und entnimmt die entsprechende Strahlungsintensität dem Diagramm.

Objekt	$\vartheta$	Intensität in $\frac{W}{m^2}$
siedendes Wasser	100 °C	1100
menschlicher Körper	36 °C	520
Eiswürfel	-6 °C bis -18 °C	280 bis 240

<sup>1</sup> Das Diagramm visualisiert die Infrarot-Abstrahlung der Erde (Stefan-Boltzmann-Gesetz). Es stellt einen Zusammenhang zwischen der Temperatur eines Körpers (hier: der Erde) und der Intensität  $I$  der abgegebenen Wärmestrahlung her.

# Lösungen



Wie man im Stefan-Boltzmann-Diagramm erkennen kann, strahlt ein Körper umso intensiver, je

wärmer er ist.

- b) Wie ihr in Aufgabe 1 gelernt habt, nimmt die Erde ohne Atmosphäre im Strahlungsgleichgewicht im Mittel  $238 \frac{W}{m^2}$  Sonnenstrahlung auf und strahlt mit dieser Intensität auch wieder Energie ab. Entnehmt dem Diagramm die mittlere Temperatur einer Erde ohne Atmosphäre?

$$\vartheta_{\text{Erde ohne Atmosphäre}} = \underline{-18^\circ\text{C}}$$

- c) Diskutiert in der Gruppe, wie eine Erde mit dieser Temperatur aussehen würde. Notiert dazu Aussagen.

→ viel Eis / Schnee / Gletscher

→ weniger Vegetation

→ weniger Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen

**Information:**

Ohne Atmosphäre wäre es auf der Erde also sehr kalt, denn sie sorgt für angenehme Temperaturen. Das Licht der Sonne kann die Atmosphäre fast ungehindert durchdringen. Allerdings gehen wir nun davon aus, dass die von der erwärmten Erdoberfläche abgestrahlte Wärmestrahlung von der Atmosphäre zu 76 % absorbiert (eingefangen) wird; der Rest (24 %) gelangt weiterhin ins All. Die Energie der abgefangenen Wärmestrahlung wird nun gleichmäßig in alle Richtungen wieder abgegeben – ca. die Hälfte in Richtung Weltall, die andere Hälfte in Richtung Erdboden – dies ist der natürliche Treibhauseffekt.



Erde mit Atmosphäre

a) Erschließt euch weitere Informationen mit Hilfe des QR-Codes. Notiert dazu Aussagen.



<https://klimawandel-schule.de/de/h5p/einfluss-der-atmosphaere-auf-die-waermestrahlung-der-erde>

1. Ohne Atmosphäre strahlt die Erde 238 W/m<sup>2</sup> ab und hätte damit eine Temperatur von ca. -18 °C. Tatsächlich hat sie eine Temperatur von ca. 15 °C. Ein Körper dieser Temperatur strahlt aber ca. 400 W/m<sup>2</sup> ab. Die Erde strahlt also mehr Leistung ab, als von der Sonne eingestrahlt wird.
2. **Analogie:** Ein Tennisspieler steht auf einer freien Wiese vor einer Ballwurfmaschine, die 15 Bälle auf ihn abfeuert und er zählt mit wie oft er einen Ball wegschlägt. Welches Ergebniss erwartest du, nachdem die Ballmaschine den letzten Ball geschossen hat? → Er hat maximal 15-Mal getroffen
3. **Änderung:** Der Spieler befindet sich mit der Wurfmaschine vor einer Wand. Und obwohl die Maschine nur 15 Bälle abschießt, behauptet der Spieler, dass 18-Mal Bälle in seine Richtung geflogen sind, die er zurückgeschlagen hat. Dies kann daher kommen, dass die vom Tennisspieler getroffenen Bälle zum Teil über die Wand ein weiteres Mal auf ihn zufliegen.
4. Die Erklärung, dass die Erde mehr Leistung abstrahlen kann als von der Sonne ankommt, liegt daran, dass die Atmosphäre einen Teil der abgestrahlten Wärmeleistung auf die Erdatmosphäre zurückstrahlt – wie die Tennisbälle, die von der Wand in Richtung Spieler abprallen. Wie funktioniert dieser Effekt? → Die Treibhausgase der Atmosphäre absorbieren eine Teil der Strahlung und emittieren diese in alle Richtungen.
5. Die Treibhausgase der Atmosphäre absorbieren einen Teil der Strahlung und emittieren diese also in alle Richtungen. Was bedeutet das für die Erde?  
 ✓ Ein Teil der Wärmestrahlung trifft ein "zweites" Mal auf die Erdoberfläche und erwärmt diesen.  
 ✓ Ein Teil der Wärmestrahlung wird ins Weltall abgegeben.
6. Nur ein Teil der Strahlung wird in Richtung Weltall abgestrahlt. Die restliche Wärmestrahlung trifft also ein "zweites" Mal auf die Erdoberfläche und erwärmt diese. Wie ändert sich dadurch die Wärmestrahlung der Erde?  
 ✓ Es stellt sich eine höhere Gleichgewichtstemperatur ein, sodass die Erde mehr Wärmestr. abgibt.  
 ✓ Die Wärmestrahlung steigt an, da diese (restliche) Strahlung von der Erde zusätzlich aufgenommen und anschließend wieder abgestrahlt wird.
7. Ohne die Atmosphäre wäre die Wärmestrahlung so gering, dass auf der Erde eisige, lebensfeindliche Temperaturen herrschen würden. Durch die Atmosphäre trifft ein Teil der emittierten Strahlung mehrfach auf die Erde und erhöht deren Temperatur. D.h., aufgrund des natürlichen Treibhauseffekts ist die Erde überhaupt lebensfreundlich.

b) Schätzt die durchschnittliche Temperatur auf unserer Erde **mit** Atmosphäre ab.

$$\vartheta_{\text{Erde, mit}} = \underline{15\text{ °C}}$$

c) Ordnet dieser Temperatur die Strahlungsintensität ( $I$ ) im S.-B.-Diagramm zu.

$$I_{\text{Erde, mit}} = \underline{400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

**Fazit:**

Aufgrund des natürlichen Treibhauseffekts ist die Erde überhaupt lebensfreundlich!

d) Legt die zwei gelben Pfeile nun auf die „Erde mit Atmosphäre“ und ergänzt zusätzlich die vier dunkelgrau umrandeten Pfeile inklusive Beschriftungen.

Überprüft euer Ergebnis mithilfe des QR-Codes.

<https://klimawandel-schule.de/de/h5p/strahlungsbilanz-mit-atmosphaere-ohne-werte>

