

# Aktivität 4: Strahlungsbilanz der Erde

## Lösungen

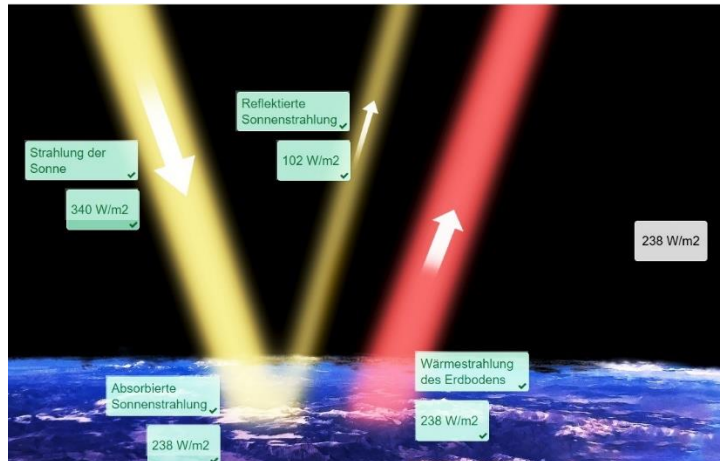
### Aufgabe 1: Strahlungsbilanz OHNE Erdatmosphäre

#### Information:

Die Erde wird von der Sonne bestrahlt, dabei trifft auf sie im Mittel **Sonnenlicht** mit einer Strahlungsleistung von  $340 \text{ W/m}^2$  (100 %). Davon werden etwa 30 % ( $102 \text{ W/m}^2$ ) der Sonnenstrahlung an der Erde reflektiert. Die restlichen 70 % ( $238 \text{ W/m}^2$ ) erwärmen die Erde und genau dieser Teil wird anschließend als **Wärmestrahlung der Erde** wieder abgestrahlt.

- a) 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.

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



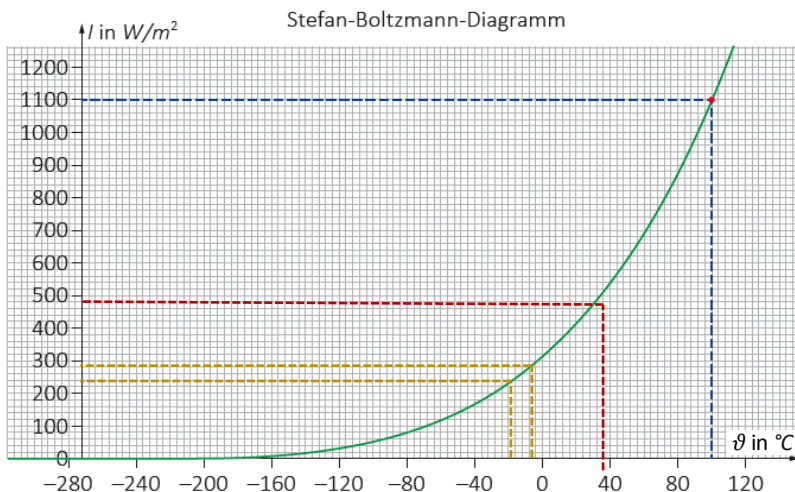
- b) Ergänzt die Gleichungen.

$$\begin{array}{rcccl}
 \boxed{\text{Reflektierte Sonnenstrahlung}} & + & \boxed{\text{Wärmestrahlung des Bodens}} & = & \boxed{\text{Strahlung der Sonne}} \\
 \boxed{102 \text{ W/m}^2} & + & \boxed{238 \text{ W/m}^2} & = & \boxed{340 \text{ W/m}^2}
 \end{array}$$

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

In der Physik gibt es ein Gesetz (Stefan-Boltzmann-Gesetz<sup>1</sup>), das beschreibt, wie viel Energie ein Körper pro  $\text{m}^2$  Oberfläche pro Sekunde bei einer bestimmten Temperatur  $\vartheta$  abstrahlt.

- a) Ordnet den Stoffen in der Tabelle jeweils Temperaturen zu und entnimmt die entsprechende Strahlungsintensität dem Diagramm.



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

Ergänzt:

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

<sup>1</sup> Das Diagramm visualisiert die IR-Abstrahlung der Erde (Stefan-Boltzmann-Gesetz). Es stellt einen Zusammenhang zwischen der Temperatur eines Körpers (hier: der Erde) und der Leistung P der emittierten Wärmestrahlung her.

b) Mittlere Temperatur einer Erde ohne Atmosphäre:

$$\vartheta_{\text{ErdeOHNE}} = \underline{-18^\circ\text{C}}$$

## Lösungen

c) Aussehen der Erde mit dieser Temp.: → viel Eis / Schnee / Gletscher → weniger Vegetation

### Aufgabe 3: Der natürliche Treibhauseffekt

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



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

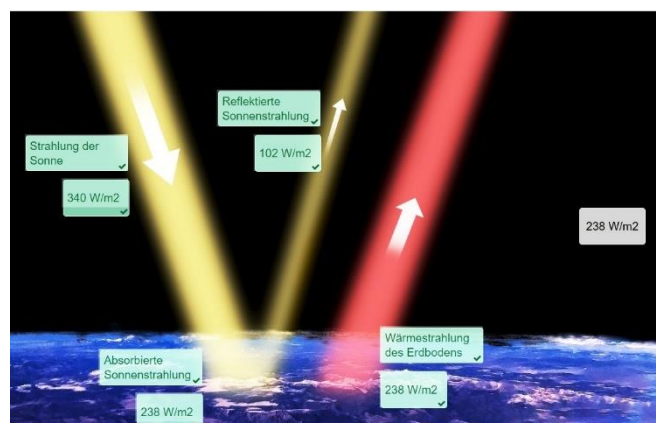
1. Ohne Atmosphäre strahlt die Erde 238 W/m<sup>2</sup> ab und hätte damit eine Temperatur von ca. -18°C. Tatsächlich hat sie eine Temperatur von ca. 15°C. Ein Körper dieser Temperatur strahlt aber ca. 400 W/m<sup>2</sup> ab. Die Erde strahlt also mehr Leistung ab, als von der Sonne eingestrahlt wird.
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. Diskutiert, wie es zu dieser Situation kommen kann.
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!  $\vartheta_{\text{ErdeMIT}} = \underline{15^\circ\text{C}}$

c) Ordnet dieser Temperatur die Strahlungsintensität im Stefan-Boltzmann-Diagramm zu:  $I_{\text{ErdeMIT}} = \underline{400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$

d) Fazit: Aufgrund des natürlichen Treibhauseffekts ist die Erde überhaupt lebensfreundlich!

e) Legt die zwei gelben Pfeile nun auf die „Erde mit Atmosphäre“ und ergänzt zusätzlich die vier dunkelgrau umrandeten Pfeile inklusive Beschriftungen. Überprüft mit dem QR-Code!



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

