

## 1 Der Klimawandel und abschmelzende Eisflächen

Forschungsfrage 1: Warum erwärmt sich die von der Sonne bestrahlte Erde nicht immer weiter?

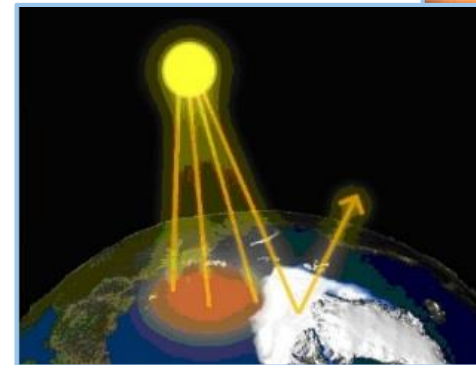
Forschungsfrage 2: Warum verstärken abschmelzende Eisflächen den Klimawandel zusätzlich?

Findet die Antworten mit dem folgenden Experiment:

- ☀️ Steckt in die Eisfläche und die Gesteinsfläche aus Papier je ein Thermometer. Platziert dann beide Körper in einem Abstand von ca. 35 cm unter dem Strahler und notiert für 6 Minuten alle 15 Sekunden die Temperatur im Diagramm auf dem Arbeitsblatt.

**Achtung: Der Strahler wird sehr heiß!!**

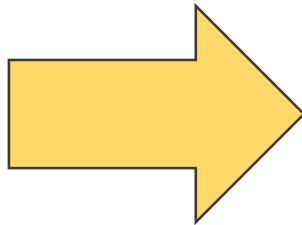
- ☀️ Bringt die Abbildungen auf der zweiten Seite mit den Ergebnissen in Verbindung und beantwortet die erste Forschungsfrage.
- ☀️ Diskutiert über die zweite Forschungsfrage und fasst eure Ergebnisse zu beiden Forschungsfragen auf dem Arbeitsblatt zusammen.



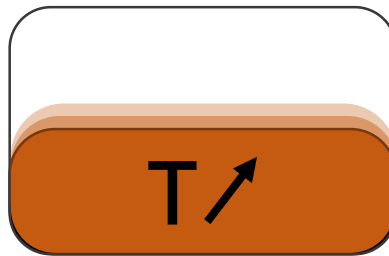
Das Rückstrahlvermögen von Oberflächen nennt man **Albedo  $\alpha$** .  
Für schneebedecktes Eis gilt  $\alpha = 0,85$ : es werden also 85% der Strahlung reflektiert.  
Für Gestein gilt  $\alpha = 0,2$  und für Wasser ist der Wert sogar noch niedriger!

## 1 Der Klimawandel und abschmelzende Eisflächen

Vom Strahler  
aufgenommene  
Energie



innere Energie  
des Körpers



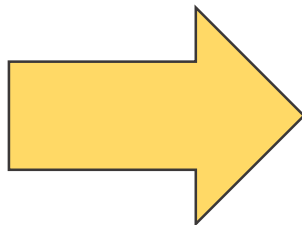
Temperatur des  
Körpers steigt

Vom Körper  
abgestrahlte  
Energie

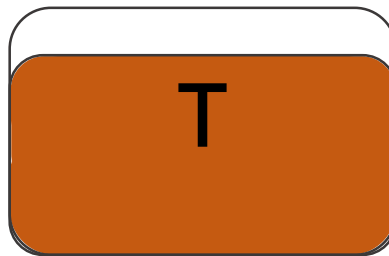


Je höher die Temperatur eines  
Körpers, desto mehr Energie strahlt  
er in Form von Wärmestrahlung ab.

Vom Strahler  
aufgenommene  
Energie

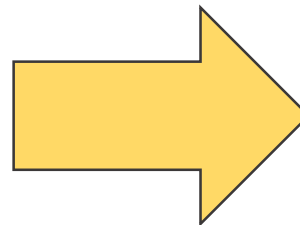


innere Energie  
des Körpers



Gleichgewichts-  
temperatur erreicht

Vom Körper  
abgestrahlte  
Energie



Im **Strahlungsgleichgewicht** strahlt  
ein Körper gleich viel Energie ab,  
wie er aufnimmt.

## 2 Die Temperatur einer Felsenerde ohne Atmosphäre

Forschungsfrage 1: Welche Temperatur würde auf der Erde herrschen, wenn sie keine Atmosphäre hätte?

- ☀ Lest euch zur Beantwortung der Forschungsfrage den folgenden Text durch und legt dann die hellgrauen Pfeile, Beschriftungen und Zahlenwerte entsprechend aus.

### Strahlungsbilanz einer Erde ohne Atmosphäre

*Im Durchschnitt wird die Erdoberfläche über einen Tag verteilt mit  $342 \text{ W/m}^2$  („Watt pro Quadratmeter“) von der Sonne bestrahlt. 30 Prozent davon werden direkt zurück ins Weltall reflektiert, der Rest wird von der Erdoberfläche absorbiert, welche sich dadurch erwärmt. Wie alle warmen Körper, strahlt die Erdoberfläche diese Energie in Form von Wärmestrahlung wieder ab - sie nimmt also die gleiche Energiemenge auf, wie sie abgibt (Strahlungsgleichgewicht, s. Experiment 1).*

- ☀ Vergleicht euer Ergebnis mit der Lösung und klebt sie auf dem Arbeitsblatt auf.
- ☀ Die Intensität der Wärmestrahlung eines Körpers hängt von dessen Temperatur ab. Ein Körper der Temperatur  $0^\circ\text{C}$  strahlt beispielsweise mit jedem Quadratmeter Oberfläche etwa  $310 \text{ W/m}^2$  ab, ein Körper der Temperatur  $20^\circ\text{C}$  ca.  $410 \text{ W/m}^2$  - der Zusammenhang ist im Diagramm dargestellt. Ermittelt mit dem Diagramm die Oberflächentemperatur einer Erde, die  $239 \text{ W/m}^2$  Wärmestrahlung abstrahlt und tragt den Wert auf dem Arbeitsblatt ein.



Zur Erinnerung:

$$0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

## 2 Eine Erde mit Atmosphäre

Forschungsfrage 2: Wie sorgt der natürliche Treibhauseffekt für lebensfreundliche Temperaturen auf der Erde?

- ☀️ Lest zur Beantwortung der Forschungsfrage den folgenden Text und legt dann die Pfeile und die Beschriftungen (hell- und dunkelgrau, keine Zahlenwerte) entsprechend aus.

*Strahlungsbilanz einer Erde mit Atmosphäre*  
Das Licht der Sonne kann die Atmosphäre relativ ungehindert durchdringen. Wir nehmen daher an, dass die Erdoberfläche über einen Tag verteilt mit  $342 \text{ W/m}^2$  von der Sonne bestrahlt wird. 30 Prozent davon werden wieder direkt zurück ins Weltall reflektiert, der Rest von der Erdoberfläche absorbiert. Die von der erwärmten Erdoberfläche abgestrahlte Wärmestrahlung wird nun von der Atmosphäre zu 80% absorbiert und nur 20% gelangen direkt ins All. Die durch die absorbierte Wärmestrahlung erwärmte Atmosphäre strahlt nun ihrerseits ebenfalls Wärmestrahlung ab – die Hälfte in Richtung Weltall, die andere Hälfte in Richtung Erdboden.

- ☀️ Vergleicht euer Ergebnis mit der Lösung und klebt sie auf dem Arbeitsblatt auf.

- ☀️ Nun sollt ihr die Oberflächentemperatur der Erde berechnen. Folgt den Schritten:

- Die Erde strahlt soviel Energie ab, wie sie aufnimmt (s. Station 1). Es gilt also:

$$\underbrace{S_{\text{Sonne} \rightarrow \text{Erde}} + S_{\text{Atm} \rightarrow \text{Erde}}}_{\text{von der Erde aufgenommen}} = \underbrace{S_{\text{Erde} \rightarrow}}_{\text{von der Erde abgestrahlt}}$$

Mit S bezeichnet man die Strahlung eines Körpers in Watt pro Quadratmeter.

- Ca. 80% der Wärmestrahlung der Erde  $S_{\text{Erde} \rightarrow}$  wird von der Atmosphäre absorbiert und anschließend zur Hälfte in Richtung Erdboden abgegeben (die andere Hälfte landet im Weltall). Es gilt also:

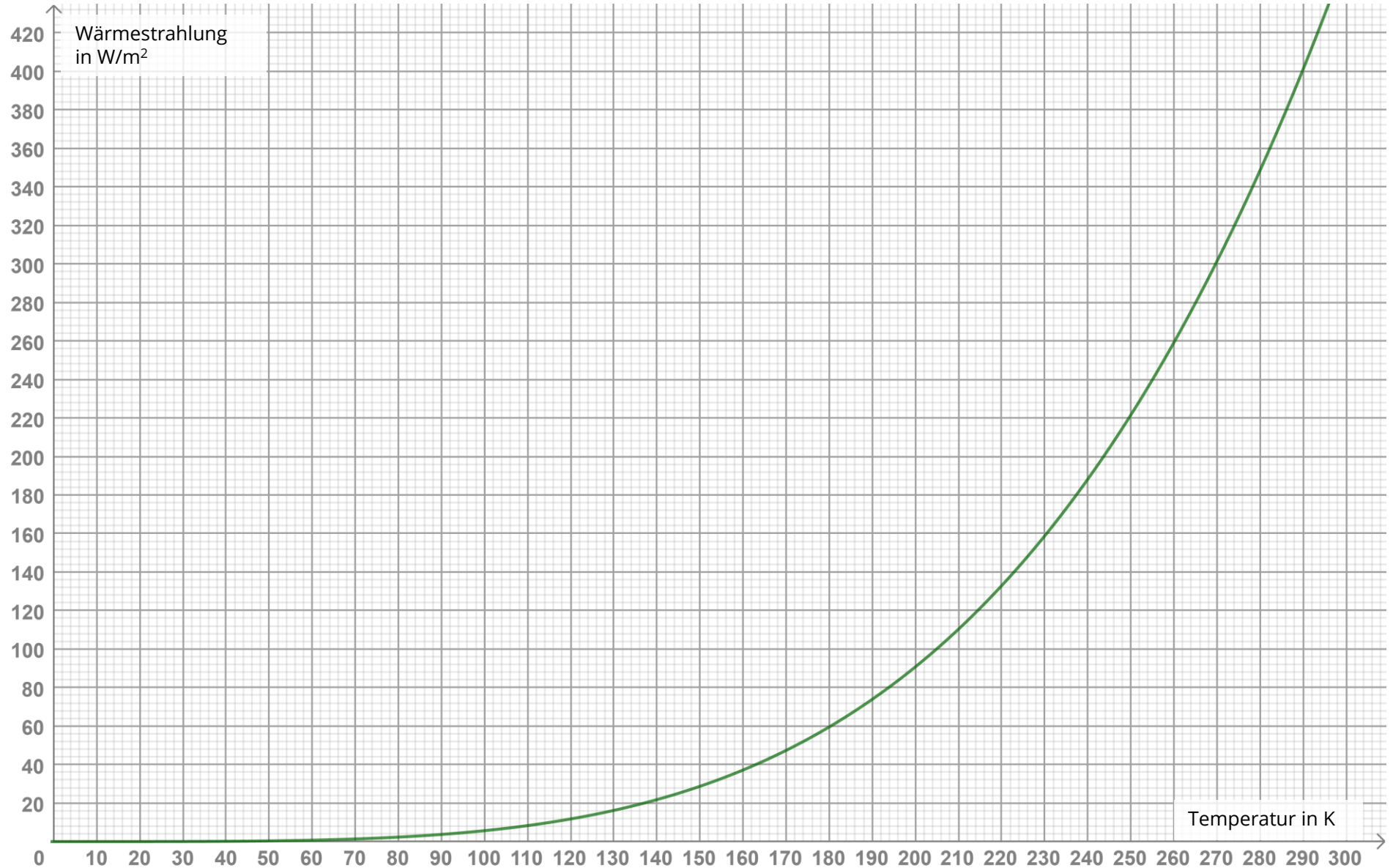
$$S_{\text{Atm} \rightarrow \text{Erde}} = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot S_{\text{Erde} \rightarrow}$$

- Setzt die zweite Gleichung in die erste ein und löst nach  $S_{\text{Erde} \rightarrow}$  auf.
- Beantwortet damit die zweite Forschungsfrage und notiert die Antwort auf dem Arbeitsblatt.



# Der Treibhauseffekt in drei Stationen

2



## 3 Der Treibhauseffekt im Experiment

**Forschungsfrage: Wie sorgt der Mensch für eine Erhöhung der Temperatur auf der Erde?**

Mit diesem Experiment könnt ihr den Unterschied zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen Treibhauseffekt miterleben und nachvollziehen!

☀ Im Experiment gilt:

Strahler	entspricht	Sonne
Gas im Becher	entspricht	Atmosphäre
schwarze Pappe	entspricht	Erboden

☀ Tauscht durch Hineinblasen die Luft im Becher aus. **Achtet von nun an darauf, das Experiment vor Luftzug zu schützen!**

☀ Messt mit dem Thermometer die Temperatur ca. 1 cm über dem Boden und notiert im Diagramm alle 30 s den Wert, bis dieser sich nicht (bzw. kaum) mehr ändert.

Das Luftgemisch im Becher enthält bereits einen geringen Anteil an CO<sub>2</sub> (ca. 0,004%), welcher den natürlichen Treibhauseffekt verursacht.

☀ Nun erhöhen wir die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Becher deutlich! Mischt hierzu zwei Löffel Natron mit zwei Löffeln Zitronensäure und etwas Wasser und leitet das Gas mit dem Schlauch in den Becher. Überprüft mit einem Streichholz, ob der Becher voller CO<sub>2</sub> ist. Notiert weiterhin in den nächsten Minuten die Temperatur.



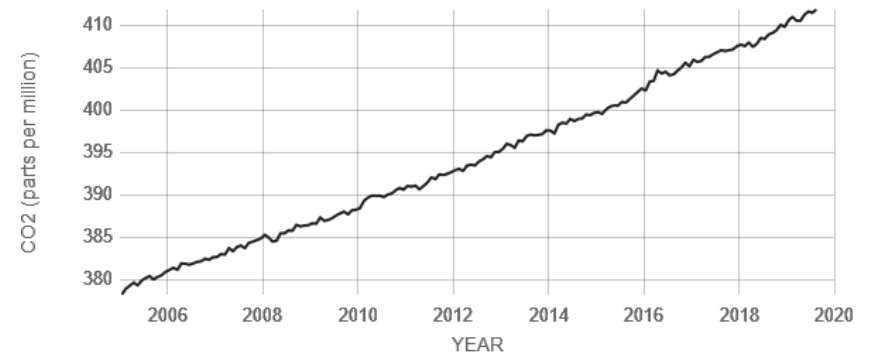
Aufbau des Experiments  
(Quelle: Scorza, Strähle cc-Lizenz)

**Achtung: Der Strahler wird sehr heiß!!**

## 3 Der Treibhauseffekt im Experiment

- ☀ Durch das Verbrennen fossiler Energieträger (Erdöl, Kohle, Gas, Benzin, Diesel, Kerosin ...) erhöht der Mensch die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre (s. Diagramm rechts).
- ☀ Bringt das Diagramm mit dem Experiment in Verbindung und beantwortet dann die Forschungsfrage auf dem Arbeitsblatt.

CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre



Source: climate.nasa.gov

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wird in „parts per million“ angegeben, also CO<sub>2</sub>-Moleküle auf eine Million Teile trockener Luft.