

# DAS KLIMA IN UNSEREM SONNENSYSTEM

## Warum ist die Erde so besonders?

Die Erde ist ein besonderer Planet in unserem Sonnensystem. Wie selbstverständlich verlassen wir tagtäglich unser zuhause, gehen zur Schule oder zur Arbeit und ärgern uns über das Wetter. Aber habt ihr euch mal gefragt, warum wir keinen High-Tech-Raumanzug brauchen, um auf der Erde zu leben?



## Physik und Leben

Die Biologie ist die Wissenschaft für alles Lebendige. Doch das Leben ist auch eng mit der Physik verbunden! Auf der Erde gibt es viele unbelebte Gegenden. Man sagt, dass das Leben dort physikalisch unmöglich ist. Hier spielen die Temperatur und das Klima eine große Rolle

### Aufgabe 1

a) Schätze mal: Wie hoch ist die durchschnittliche Temperatur in Münster?

Ort	°C	K
Münster		

b) Welche Temperaturen sind für die Entstehung von Leben notwendig? Begründe deine Antwort.

---

---

---

---

b) Gibt es weitere physikalischen Bedingungen, welche für Leben wichtig sind?.

---

---

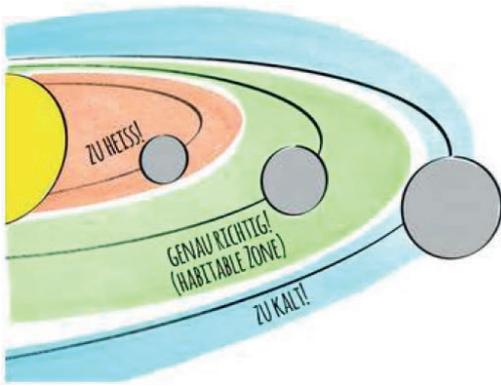
---

---

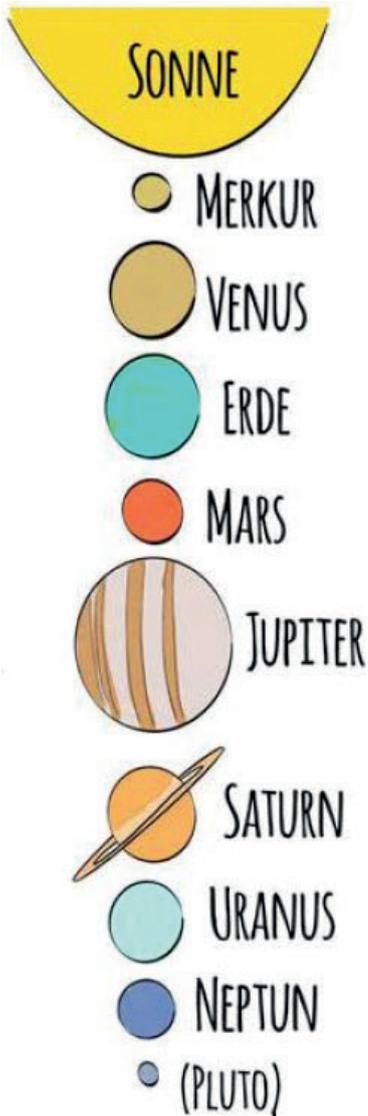


In der Physik werden Temperaturen oft in Kelvin angegeben.  $0^{\circ}\text{C}$  sind  $273,15\text{ K}$

# DIE HABITABLE ZONE



Physiker sprechen von der habitablen Zone in einem Planetensystem, wenn der Abstand zum Stern des Systems gerade so weit ist, dass die Temperatur auf den Planeten den Zustand für flüssiges Wasser erlaubt.



## FORMEL FÜR DIE GLEICHGEWICHTSTEMPERATUR

Die Temperatur auf einer Planetenoberfläche lässt sich mithilfe einer Formel für die Gleichgewichtstemperatur berechnen. Der Name folgt aus der Herleitung für diese Formel:

Es wird untersucht, bei welcher Temperatur sich ein Gleichgewicht zwischen Einstrahlung und Abstrahlung von Energie einstellt.

In unserem Sonnensystem lässt sich diese Formel vereinfachen zu

$$T = T_{Erde} \cdot \frac{1}{\sqrt{d}}$$

$d$  ist der Abstand zur Sonne in AE (siehe Hinweiskasten am Rand!)

### Aufgabe 2

In der Abbildung siehst du die verschiedenen Planeten im Sonnensystem und ihren Abstand zur Sonne in AE. Nimm an, dass die theoretische Temperatur auf der Erde 255 Kelvin ist.

Berechne mit der Formel die Temperatur auf unseren Nachbarplaneten und trage sie in die Tabelle ein

Ein Abstand, der in der Astronomie oft genutzt wird, ist die **Astronomische Einheit (AE)**. Sie entspricht dem mittleren Abstand von Sonne und Erde  $1\text{AE} = 149\,597\,870\,700\text{ m}$

Die Formel ist vereinfacht\*

Planet	Merkur	Venus	Erde	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Pluto
Abstand zur Sonne	0,387 AE	0,723 AE	1 AE	1,524 AE	5,203 AE	9,5826 AE	19,201 AE	30,070 AE	39,482 AE
Theoretische Temperatur			255 K						
Ermittelte Temperatur	440 K	737 K	288 K	218 K	165 K	134 K	76 K	72 K	44 K

### Aufgabe 3

Schau dir die berechneten Temperaturen der Planeten im Vergleich zur jeweils gemessenen mittleren Temperatur an. Wo findest du große Unterschiede, wo könntest du dir flüssiges Wasser vorstellen?

---

---

---

---

---

## DIE ATMOSPHÄRE

Du kannst bei einigen Planeten einen großen Unterschied zwischen der berechneten und realen Temperatur feststellen. Dieser begründet sich damit, dass die Berechnung einige Faktoren vernachlässigt. Einer dieser Faktoren ist die Atmosphäre der Planeten. Diese kann durch den **Treibhauseffekt** die Temperatur auf dem Planeten erhöhen. Einige Gase haben dabei mehr Einfluss auf den Treibhauseffekt als andere. Diese speziellen Gase nennt man **Treibhausgase**.

### Aufgabe 4

- a) Recherchiere im Internet (z.B. auf der Wikipedia) nach den Zusammensetzungen der Atmosphären der Planeten. Kannst du einen Zusammenhang zwischen bestimmten Gasen wie CO<sub>2</sub>, dem Atmosphären druck und der Temperaturdifferenz in der Tabelle feststellen?

*Beispiel: Die Erde ist 33K wärmer als berechnet. Dies hängt unter anderem mit dem Treibhausgas CO<sub>2</sub> (Anteil 0,04%) in der Erdatmosphäre zusammen.*



---

---

---

- b) Diskutiere, auf welchem anderen Planeten als die Erde in unserem Sonnensystem am ehesten Leben möglich ist. Begründe deine Argumentation.

---

---

---



\*Die Formel resultiert aus dem Gleichgewicht von einstrahlender und ausstrahlender Sonnenenergie. Die einstrahlende Energie ist dabei proportional zum Verhältnis des bestrahlten Teils des Planeten ( $\pi \cdot R^2$ ) zur gesamten bestrahlten Fläche in unserem Sonnensystem in dem Abstand  $d$  zum Planeten ( $4\pi \cdot d^2$ ). Diesen Quotienten multipliziert man noch mit der Leuchtkraft  $L$  der Sonne und einer Zahl  $k$ , die angibt, wieviel Energie prozentual nicht zurück reflektiert wird. Die abgestrahlte Energie ist lediglich proportional zur Planetenoberfläche ( $4\pi \cdot R^2$ ) multipliziert mit der vierten Potenz seiner Temperatur und einer Konstante  $\sigma$ . Setzt man diese nun gleich ergibt sich:

$$4\pi R^2 \sigma T^4 = \frac{\pi R^2}{4\pi d^2} \cdot kL$$

Stellt man dies nun nach  $T$  um, erhält man die gesuchte Formel. Hier wurden sie noch weiter auf die Erdtemperatur und  $d$  vereinfacht.

## Energieabgabe

Die Planeten nehmen nicht nur Wärme in Form von Sonnenlicht auf (sonst würden sie immer heißer werden), sondern sie geben auch Wärme ab. Dies geschieht in Form von **Wärmestrahlung**.

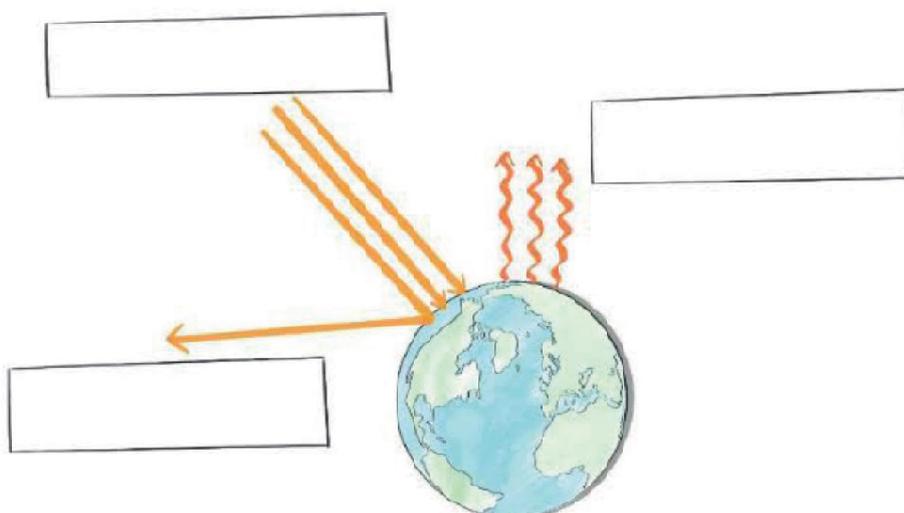
Wie stark die Strahlung ist, hängt davon ab, wie warm der Planet ist.

Heißere Planeten geben mehr **Wärmestrahlung** ab. Die Planeten werden so lange von der Sonne erwärmt, dass die Energie, die als Wärmestrahlung abgegeben wird, genauso groß ist wie die Energie, die durch das Sonnenlicht aufgenommen wird. Man spricht von einem **Gleichgewicht**.

Die Temperatur, die sich auf den Planeten dann einstellt, wird **Gleichgewichtstemperatur** genannt. Bei der Berechnung der Temperatur hast du ein sehr vereinfachtes **Modell** benutzt.

## Aufgabe 5

Beschrifte die Abbildung mit den Begriffen aus dem Kasten rechts



Viele Sachverhalte sind so kompliziert, dass man nicht genau rechnen kann. Deshalb rechnet man häufig mit einer stark vereinfachten Version. Solche Verfahren heißen **Modelle**.



Einfallendes Sonnenlicht

Reflektierendes Sonnenlicht

Wärmestrahlung

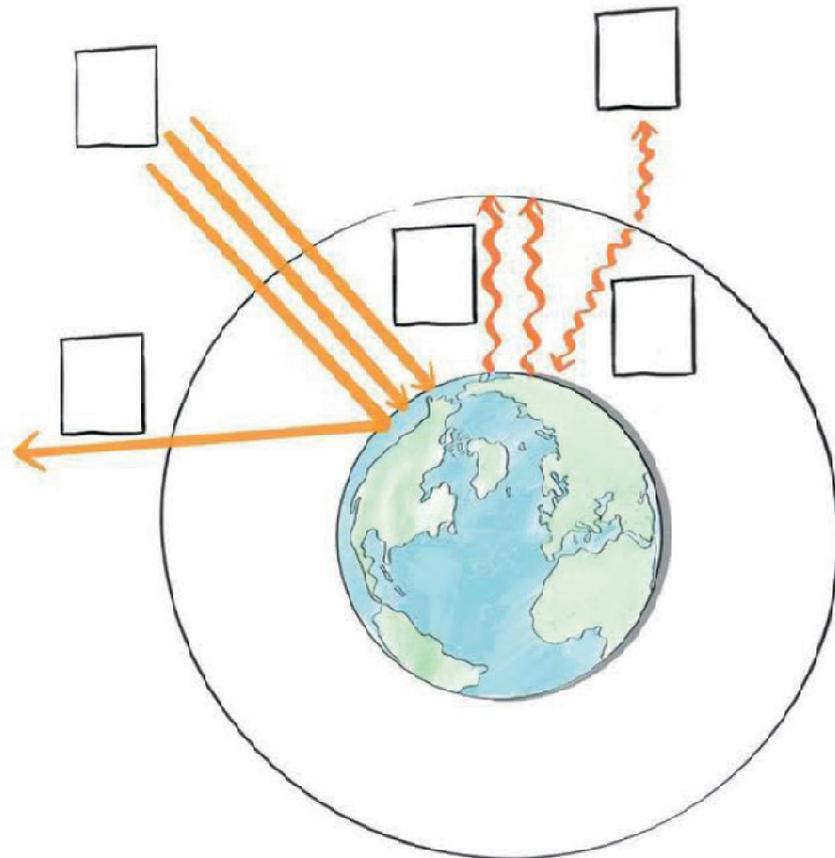


## Aufgabe 6

Ordne die Nummern aus dem Text den einzelnen Prozessen auf der Abbildung zu.

### Was macht jetzt die Atmosphäre?

- (1) Wie eine Glasscheibe **transmittieren** auch die meisten Atmosphären einen großen Teil des sichtbaren Lichts. Die Atmosphäre hat deshalb keinen Einfluss auf die Planetenerwärmung durch das Sonnenlicht.
- (2) Das reflektierte Sonnenlicht gelangt durch die Atmosphäre zurück ins Weltall.
- (3) Die Wärmestrahlung wird von der Atmosphäre absorbiert. Dadurch erwärmt sich die Atmosphäre.
- (4) Die Erde strahlt Wärme als Wärmestrahlung ab. Die Atmosphäre strahlt diese nicht nur in den Weltraum,
- (5) sondern auch zurück auf den Planeten. Dadurch steigt die Wärmestrahlung.



# AUFBAU DER ATMOSPÄRE

In der Grafik oben siehst du die Atmosphäre der Erde bis zur Höhe von 50 Kilometern. In der Grafik sind gestrichelte Linien eingezeichnet, die die verschiedenen Sphären unserer Atmosphäre unterteilen. Bis 12 km Höhe befinden wir uns in der **Troposphäre**, die durch die **Tropopause** von der **Stratosphäre** abgesetzt wird. Die Stratosphäre befindet sich in einer Höhe von 12 bis 50 km.

In 50 km Höhe befindet sich die **Stratopause** und ist die Grenze zur **Mesosphäre**, die ab 50 km Höhe beginnt.

Auf der Rechten Seite siehst du die Pfeile, die zum Boden zeigen. Sie sollen die **UV-Strahlung** darstellen. Wie du siehst, nimmt diese ab. Dies passiert durch die Ozonschicht, die die UV-Strahlung absorbiert. Dadurch entsteht eine Temperaturinversion. Das heißt, dass die Temperatur in der Ozonschicht bis zur Stratopause wieder ansteigt.

## Aufgabe 6

Ordnet die Begriffe in die leeren Felder der Grafik ein:

*die Temperatur - Die UV-Strahlung wird absorbiert - das Ozonmaximum - die Stratopause - die Temperatur - die Wolken und das Wetter*

