

# 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: 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 physikalische Bedingungen, welche für Leben wichtig sind?

---

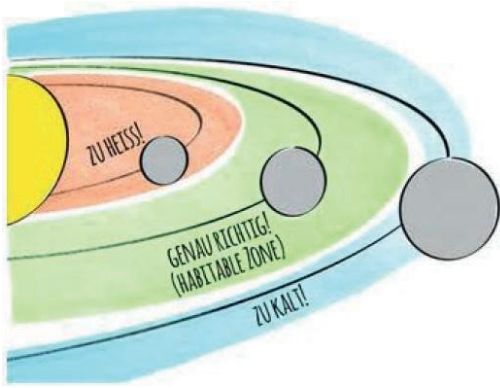
---

---

---

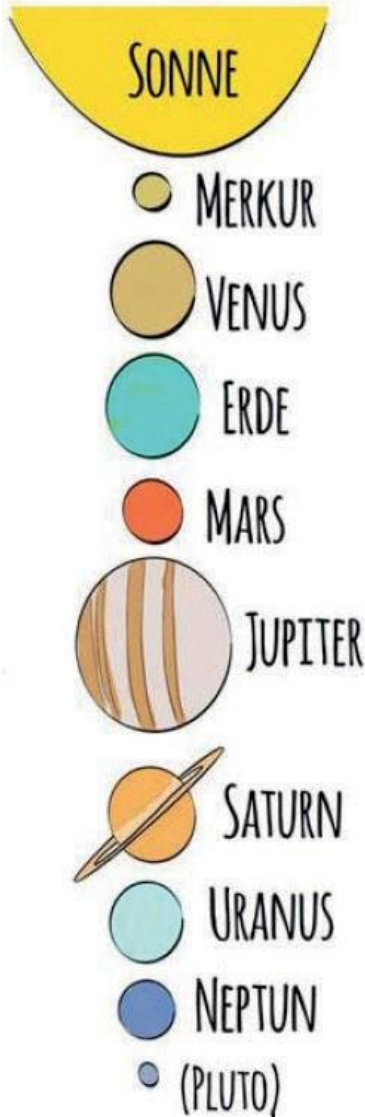


In der Physik werden Temperaturen auch in Kelvin angegeben.  $0^{\circ}\text{C}$  sind 273,15 K.



## 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 des flüssigen Wassers 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

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

**d** ist der Abstand zur Sonne in AE (siehe Hinweis-kasten 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.



Die Formel ist vereinfacht.



Ein Abstand, der in der Astronomie genutzt wird, ist die **Astronomische Einheit (AE)**. Dies ist der mittlere Abstand von Sonne und Erde. **1 AE = 149 597 870 700 m**. 1 AE entspricht also etwa 150 Millionen Kilometer.

| 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 angewandte Formel zur Berechnung der Temperatur  $T$  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:

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

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

## DIE ATMOSPHÄRE

Du kannst bei einigen Planeten einen großen Unterschied zwischen der berechneten und der 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 den Planeten erhöhen. Einige Gase haben dabei mehr Einfluss auf den Treibhauseffekt als andere. Diese Gase nennt man **Treibhausgase**.

### Aufgabe 4

- a) Recherchiere im Internet (z.B. auf wikipedia.de) nach den Zusammensetzungen der Atmosphären der Planeten.  
Kannst du einen Zusammenhang zwischen bestimmten Gasen wie  $\text{CO}_2$ , dem Atmosphärendruck und der Temperaturdifferenz in der Tabelle feststellen?

Beispiel: Die Erde ist 33 K wärmer als berechnet.  
Dies hängt unter anderem mit dem Treibhausgas  $\text{CO}_2$  (Anteil 0,04%) in der Erdatmosphäre zusammen.



---



---



---

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

---



---



---

## 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**.

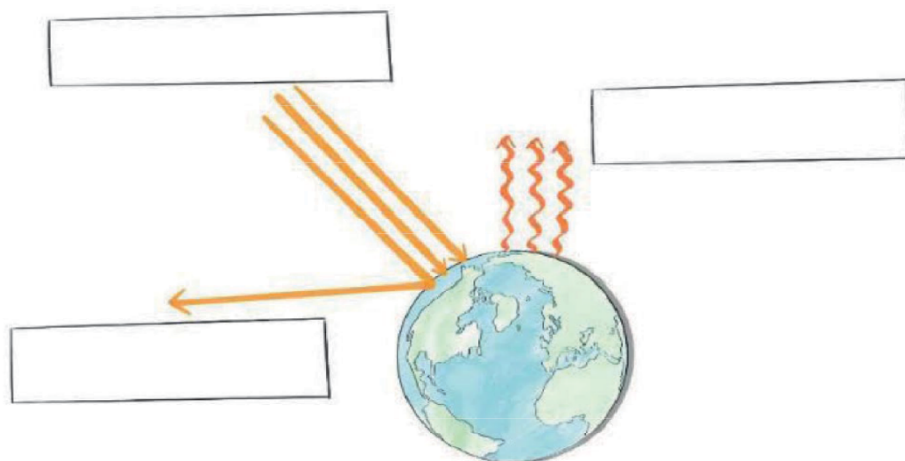
Wie stark die Strahlung ist, hängt davon ab, wie warm der Planet ist.

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

Reflektiertes  
Sonnenlicht

Wärmestrahlung

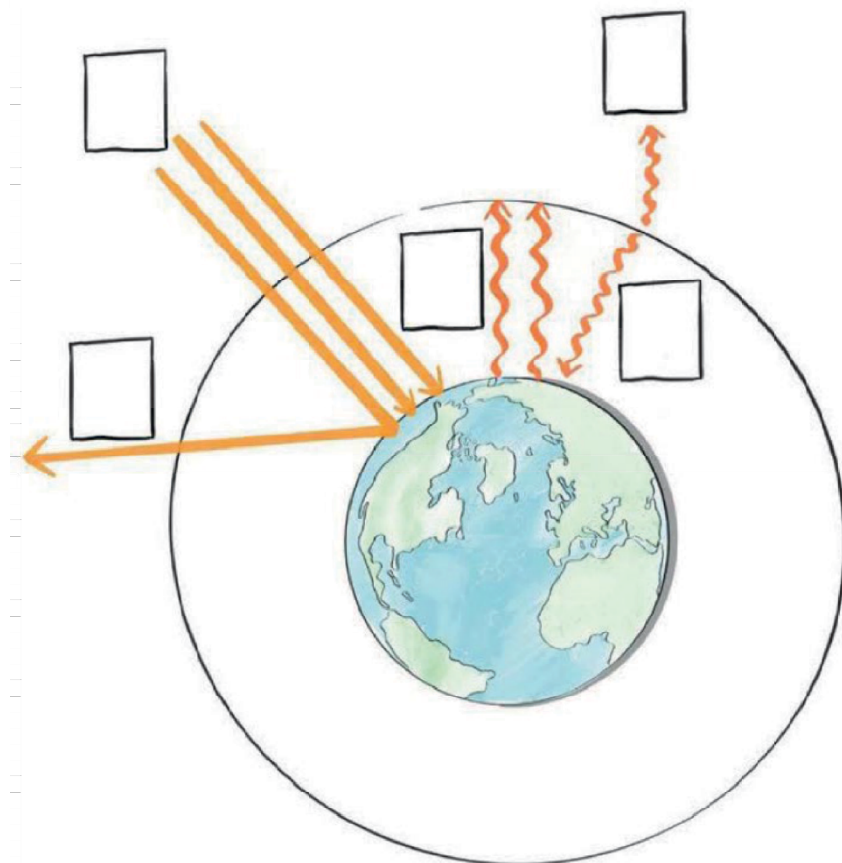


## Aufgabe 6

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

### Was macht 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 ATMOSPHÄRE

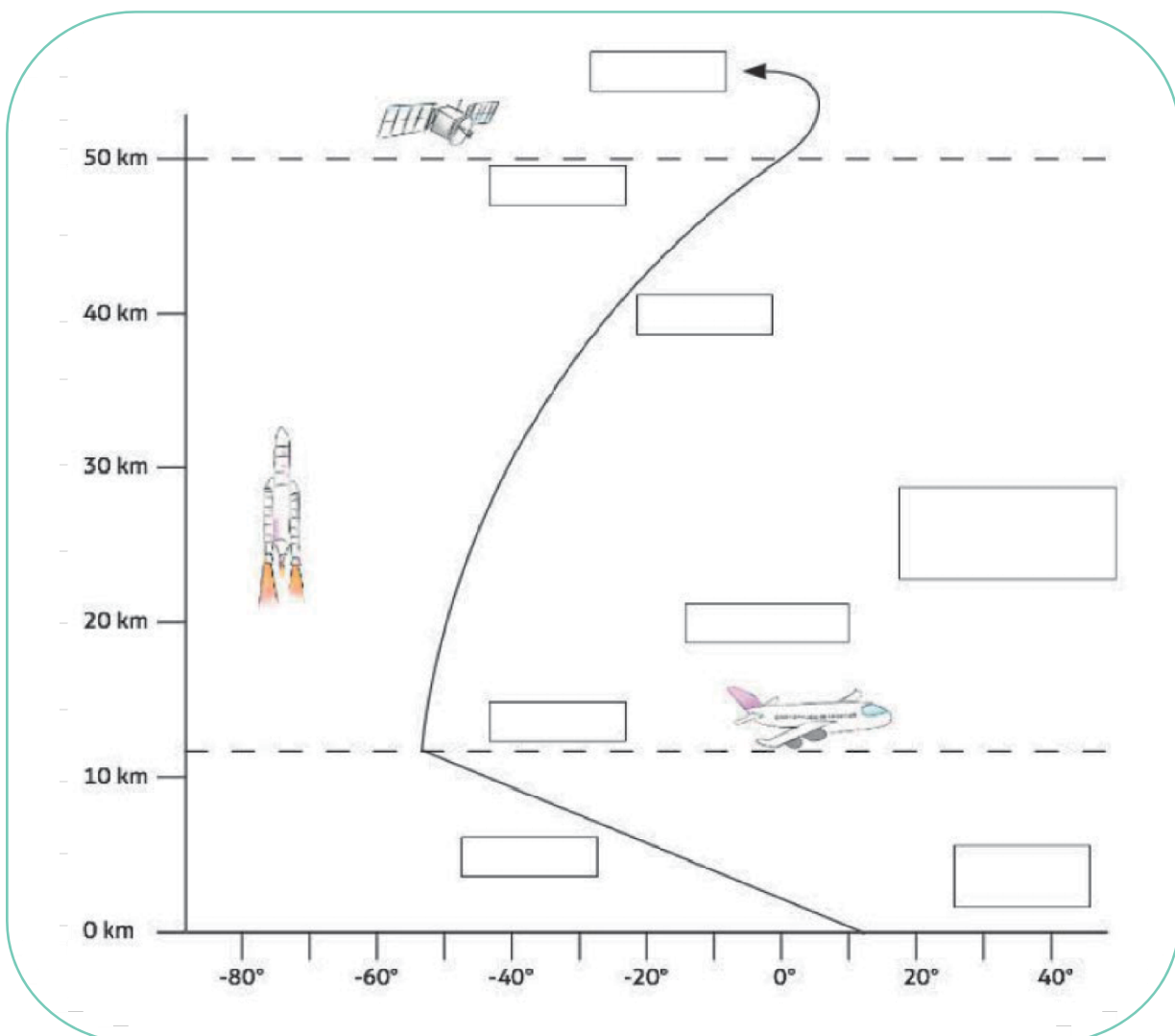
In der Grafik unten siehst du die Atmosphäre der Erde bis zur Höhe von 50 Kilometern. In der Grafik sind gestrichelte Linien eingezeichnet, die die verschiedenen Sphären unserer Atmosphäre unterteilen. Bis ungefähr 15 km Höhe befinden wir uns in der **Troposphäre**, die durch die **Tropopause** von der **Stratosphäre** abgesetzt wird. Die Stratosphäre befindet sich in einer Höhe von 15 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 7

Ordne die Begriffe in die leeren Felder der Grafik ein:

Temperatur steigt - Troposphäre - Ozonmaximum - Stratopause - Wolken  
 - Stratosphäre - Temperatur sinkt - Tropopause



# Warum bleibt es in Europa „warm“?



**Die Wärmekapazität**  
gibt die thermische  
Energie an, die  
benötigt wird, um  
1 kg eines Stoffes  
um 1 K zu  
erwärmen.

## Meeresströmungen

Meeresströmungen sind der Transport von Wassermassen in die Ozeane.

Sie werden vor allem durch Temperaturunterschiede und durch unterschiedliche Salzgehalte verursacht.

Die Meeresströmungen haben einen hohen Einfluss auf das Klima: Sie transportieren nicht nur Wasser, sondern auch Wärme.

Der Grund dafür ist die hohe **Wärmekapazität** von Wasser: Wasser besitzt die Fähigkeit, sehr viel Wärme zu speichern. Eine Wasserschicht von 2,4 m Dicke weist genau dieselbe Wärmekapazität auf wie die gesamte Atmosphäre darüber.

## „kalte“, „warme“ und „neutrale“ Strömungen

Meeresströmungen fließen in verschiedene Richtungen. Einige fließen von den Polen in Richtung Äquator, andere vom Äquator in Richtung Pole. Es gibt auch Meeresströmungen, die parallel zum Äquator verlaufen, also weder zu den Polen noch zum Äquator. Man kann sie in drei Klassen einteilen:

1. **Kalte** Meeresströmungen: Vom *Pol* zum *Äquator*
2. **Warme** Meeresströmungen: Vom *Äquator* zum *Pol*
3. **Neutrale** Meeresströmungen: *Parallel* zum Äquator

## Aufgabe 8

- a) Ordnet den Meeresströmungen am Schirm die richtige Beschriftung aus der Karte zu.



Im Planetarium

b) Welche Meeresströmungen sind kalt? Welche sind warm? Welche sind neutral? Kreuze an.



|                      | kalt                     | warm                     | neutral                  |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Golfstrom            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nordatlantik-Strom   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Grönland-Strom       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Labrador-Strom       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kanaren-Strom        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Nordäquatorial-Strom | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Aufgabe 9

Welchen Einfluss hat das Schmelzen des Polareises auf die Meeresströmungen und das Klima der Erde? Diskutiert gemeinsam und haltet die Ergebnisse fest.




---

---

---

---

---

### Der Golfstrom – Die Wärmepumpe Europas

Der Golfstrom ist Teil des **globalen Förderbandes** und beeinflusst das Klima in Europa erheblich. Ohne ihn wäre die Nordsee vereist, genauso wie die Hudson Bay in Kanada, die auf demselben Breitengrad liegt. Die Wärmeleistung des Golfstroms entspricht einer Heizleistung von über 1015 Watt. Er liefert uns so viel Energie wie eine Million Kraftwerke und ist somit die Wärmepumpe Europas. Der Golfstrom wird über den Golf von Mexiko vom Festland Richtung Norden verdrängt. Von Westwinden angetrieben teilt sich der Golfstrom vor Afrika und Europa nach Nord-Ost als **Nordatlantik-Strom** und nach Ost-Süd als **Kanaren-Strom**. Für das Klima in Europa ist der Nordatlantik-Strom von Bedeutung. Das warme Wasser wird auf dem Weg zum Norden durch **Verdunstung** immer kühler und dichter und der Salzgehalt nimmt zu. Somit verändert sich sowohl die **Temperatur** als auch die **Dichte** des Wassers. In nördlichen Breiten sinkt es ab und strömt in der Tiefe zurück Richtung Süden.



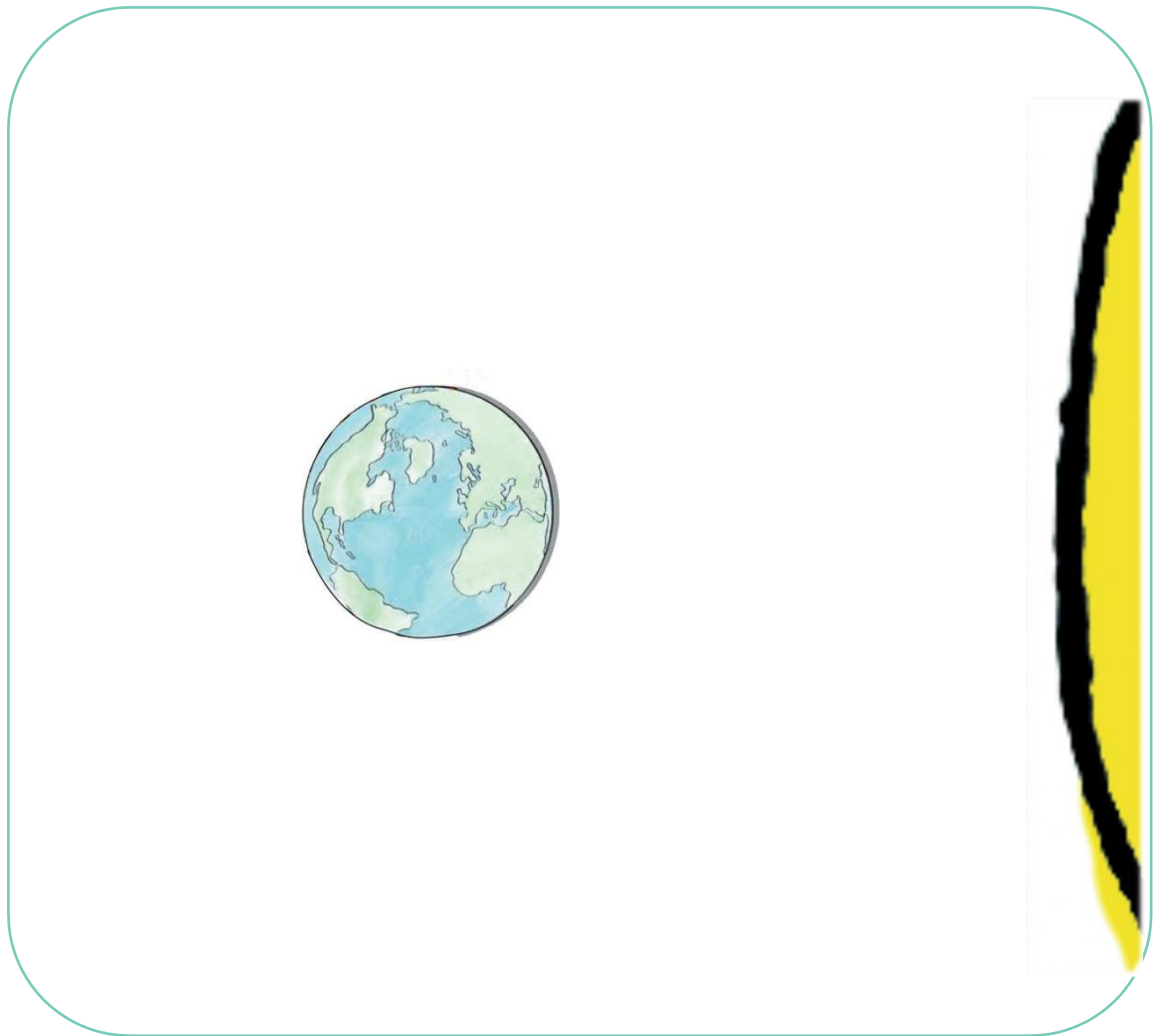
**Das globale Förderband** ist die Bezeichnung für eine Meeresströmung, die sich über den Atlantik, Pazifik und über den Indischen Ozean erstreckt.

### Im Planetarium



### Aufgabe 10

Zeichne das Erdmagnetfeld unter Einfluss der Sonnenwinde ein.



### Aufgabe 11

Das Magnetfeld hat Einfluss auf den möglichen Aufbau einer Atmosphäre. Kreuze an, ob die Aussagen wahr oder falsch sind.

| Das Magnetfeld...                                  | wahr                     | falsch                   |
|----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| kann einen Schutzschild für die Atmosphäre bieten. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| hält die Atmosphäre am Planeten fest.              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ist <b>nicht</b> auf jedem Planeten vorhanden.     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| kann mit der Zeit verschwinden.                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

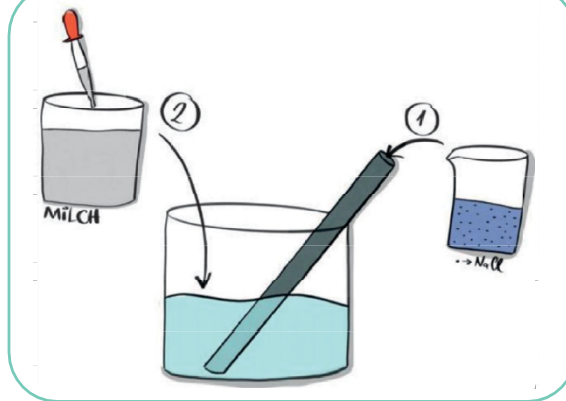
# VERSUCH ZUM SALZGEHALT



## DU BRAUCHST...

- $\frac{1}{2}$  Glas Salzwasser (3 Esslöffel Kochsalz in heißem Wasser auflösen und abkühlen lassen)
- Trichter
- $\frac{1}{2}$  Glas Leitungswasser
- Milch
- Glas
- Lebensmittelfarbe
- Strohhalm (dick)
- Pipette

## DU BRAUCHST...



## HYPOTHESE

Kreuze an, welche Hypothese deiner Meinung nach richtig ist.

- ☐ Die Milch, das Salzwasser und das Süßwasser vermischen sich.
- ☐ Die Flüssigkeiten vermischen sich nicht.
- ☐ Das Salz- und das Süßwasser vermischen sich.

## DURCHFÜHRUNG

1. Nehmt den Strohhalm und steckt ihn in das mit Leitungswasser gefüllte Glas.
2. Gießt mit Hilfe eines Trichters das Salzwasser langsam durch den Strohhalm.
3. Wartet 1-2 Minuten. Anschließend könnt ihr die Milch in das Süß-Salzwasser-Gemisch mit Hilfe einer Pipette oder Spritze hineintröpfeln. Auch könnt ihr die Milch vorher mit Lebensmittelfarbe färben.

## BEOBACHTUNG

Notiere deine Beobachtungen. Achte dabei auf die Übergänge zwischen Milch, Salzwasser und Süßwasser.

---

---

---

---

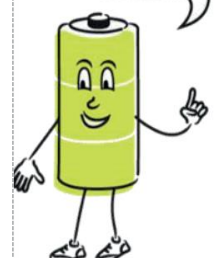
---



Die Strohhalmöffnung muss am Boden sein! Nichts vom Salzwasser darf von oben in das Glas geschüttet werden und das Glas darf nicht bewegt werden!



Beachte, dass Salzwasser eine größere Dichte als Süßwasser hat. Wie sieht es mit der Dichte von Milch aus?





## AUSWERTUNG

Vergleiche deine angekreuzte Hypothese mit deinen Beobachtungen.  
Stimmen sie überein? Was ist anders als vermutet?

---

---

---

---

---



## Aufgabe 12

Kreuze an:

Flüssigkeiten mit einer hohen Dichte sind...

☐ leichter

☐ schwerer