Kippelemente einfach erklärt –

Klimaexperimente für den Unterricht

Arbeitsblätter für die Stationen

ein Projekt im Rahmen des

BundesUmweltWettbewerbes 2023

von

Anna und Anastasia Haak

Karl-Theodor-von-Dalberg-Gymnasium Aschaffenburg

INHALTSVERZEICHNIS

Überblick über die Stationen des Lernzirkels....3
Station 1: Kippelemente im Klimasystem....4
Spielkarten zu Station 1....8
Station 2: Rückkopplungsprozesse....11
Station 3: Natürlicher Treibhauseffekt....14
Station 4: Anthropogener Treibhauseffekt....17
Station 5: Eis-Albedo-Rückkopplung....21
Station 6: Grönländischer Eisschild und Arktisches Meereis....24
Station 7: Anstieg des Meeresspiegels....26
Station 8: Absterben von Korallenriffen....28
Station 9: Verhalten von Wasser unterschiedlicher Dichte....30
Station 10: Strömungsverhalten von Wasser....32

Kontakt zum Erhalt der Lösungen sowie für Anregungen und Verbesserungsvorschläge:

Heike Elschner (Heike.Elschner@dalberg-gymnasium.de)

Überblick über die Stationen des Lernzirkels

„Kippelemente einfach erklärt – Klimaexperimente für den Unterricht“

Station	Thema	Ursprung der Idee
1	Kippelemente im Klimasystem	https://klimawandel-schule.de/#materialien
2	Rückkopplungsprozesse	eigene Idee
3	Natürlicher Treibhauseffekt	http://www.wissenschaft-schulen.de/alias/material/experimente-zu-treibhauseffekt-und-meeresspiegelanstieg/1058814
4	Anthropogener Treibhauseffekt	Dietrich, Rainer; Jäger, Robert; Janner, Rüdiger; Schalk, Martin (Hrsg.): Physik 9 Gymnasium Bayern, C.C. Buchner Verlag, Bamberg 2021, S. 119.
5	Eis-Albedo-Effekt	Dr. Wasmann, Astrid: „Naturwissenschaften heute Projekt Klimawandel“, Westermann-Verlag, Braunschweig 2019, S. 97.
6	Grönländischer Eisschild und Arktisches Meereis	http://www.wissenschaft-schulen.de/alias/material/experimente-zu-treibhauseffekt-und-meeresspiegelanstieg/1058814
7	Anstieg des Meeresspiegels	Dietrich, Rainer; Jäger, Robert; Janner, Rüdiger; Schalk, Martin (Hrsg.): Physik 9 Gymnasium Bayern, C.C. Buchner Verlag, Bamberg 2021, S. 134.
8	Absterben von Korallenriffen	Idee Frau Dr. Nele Meyer, Klimahaus Bremerhaven
9	Verhalten von Wasser unterschiedlicher Dichte	Dr. Wasmann, Astrid: „Naturwissenschaften heute Projekt Klimawandel“, Westermann-Verlag, Braunschweig 2019, S. 103.
10	Strömungsverhalten von Wasser	Dr. Wasmann, Astrid: „Naturwissenschaften heute Projekt Klimawandel“, Westermann-Verlag, Braunschweig 2019, S. 103. https://bildungsserver.hamburg.de/09-golfstrom-385336

STATION 1: Kippelemente im Klimasystem

Einleitung

Die meisten Menschen denken bei dem Thema „Klimawandel“ nur an die durch den Menschen verursachte allmähliche Erwärmung der Erde. Doch es ist auch möglich, dass die durch den Menschen verursachte Temperaturerhöhung zur Überschreitung gewisser kritischer Schwellen – den Kipp-Punkten im Klimasystem – führt, wodurch ziemlich schnell starke Klimaveränderungen eintreten können. Eine Rückkehr zu dem vorherigen Zustand ist dann nicht mehr möglich.[1]

Ob ein Kipp-Punkt erreicht ist oder nicht, lässt sich nicht so einfach abschätzen. Dies hängt von der Temperaturerhöhung ab und ist bei den verschiedenen Kippelementen immer etwas anders:

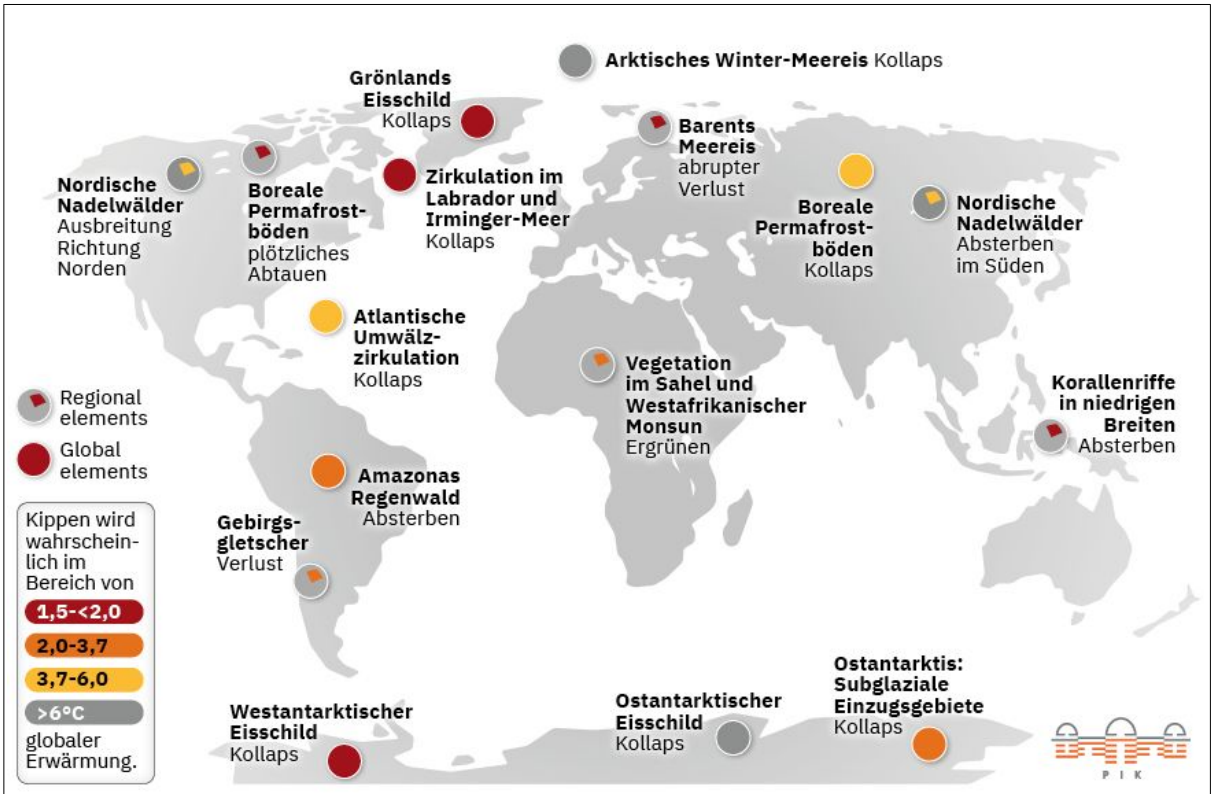


Abb. 1: Räumliche Verteilung der globalen und regionalen Kippelemente. Die Farben bezeichnen den Temperaturbereich, in dem ein Kippen wahrscheinlich wird. Abbildung designed am PIK, wissenschaftliche Grundlage ist Armstrong McKay et al., Science (2022).

[1] https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kipp-punkte-im-klimasystem, besucht am 06.10.2021.

Aufgabe 1:

Auf den 28 Kärtchen[2] findest du 14 mögliche Kippelemente (Bilder mit Bezeichnungen und Nummern) und die dazugehörigen Erläuterungen (Kärtchen mit Buchstaben).

Die Kippelemente lassen sich in drei verschiedene Klassen (siehe auch Abb. 2) einteilen:

- schmelzende Eiskörper (Blau)
- sich verändernde Strömungs- bzw. Zirkulationssysteme der Ozeane und der Atmosphäre (Rot)
- bedrohte Ökosysteme von überregionaler Bedeutung (Grün)

Ordne den Kärtchen mit den Kippelementen die entsprechenden Erläuterungen zu. Schreibe anschließend in untenstehender Tabelle die Namen der Kippelemente in die Zeile mit der entsprechenden Nummer. Ergänze weiterhin die Klasse des jeweiligen Kippelementes (Farben Blau, Rot, Grün) sowie den Buchstaben der zugehörigen Erklärung.

Nummer	Name des Kippelementes	Farbe (entspricht Klasse)	Buchstabe der Erklärung
1	*Amazonas Regenwald*	(Grün)	*D*
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Hinweis:
Mehr zu den Fragen auf den Kärtchen mit den Erläuterungen erfährst du in den folgenden Stationen.

[2] Quelle: https://klimawandel-schule.de/de/experiment/aktivitaet-12-kipppunkte-achillesferse-im-klimasystem , besucht am 24.10.2022.
(Spielkarten von Aktivität 12 zum Download, Veränderung durch Ergänzung von Zahlen und Buchstaben auf den Kärtchen)

Aufgabe 2:

Trage nun die Nummern auf der folgenden Weltkarte ein:

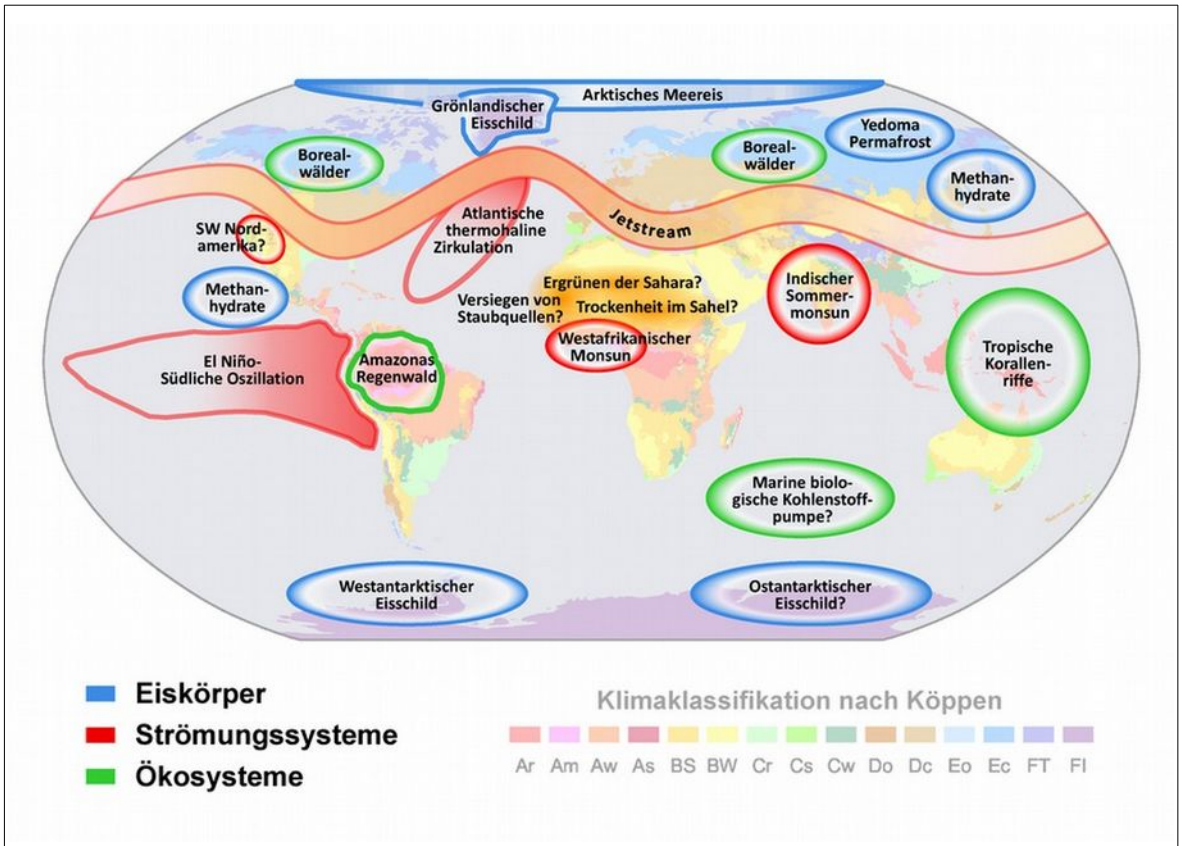


Abb. 2: Quelle: https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente

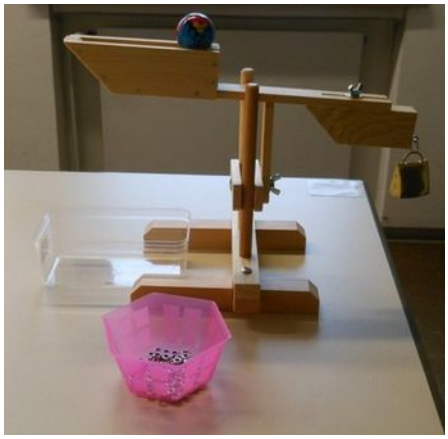
Bemerkung:
Abbildung 1 und 2 unterscheiden sich etwas.
Die Darstellung in Abbildung 1 ist aktueller und spiegelt den aktuellen Stand der Forschung (2022) wider, Abbildung 2 ist besser auf die Spielkarten, die nicht selbst erstellt wurden, abgestimmt.

Aufgabe 3: *Experiment*

Führe zur Veranschaulichung des Begriffes „Kipp-Punkt“ folgendes Experiment durch:

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Wasserschnepfe von KRAUL*
- *kleine Kugel, die sich auf den Behälter legen lässt*
- *mehrere gleiche kleine Muttern*



Durchführung:

Lege die Kugel, die wie eine Erde aussieht so wie auf dem Foto in den Behälter. Die Schnepfe kippt nicht, sie – und damit das Klima der Erde - befindet sich in einem stabilen Gleichgewicht.

Lege nun nacheinander vorsichtig immer mehr Muttern in den Behälter. Jede Mutter steht für eine Temperaturerhöhung, zum Beispiel für 0,1°C.

Bei einer bestimmten Anzahl von Muttern – also einer bestimmten Temperaturerhöhung – beginnt die Schnepfe langsam zu kippen, das Gleichgewicht ist labil. Legt man nun eine weitere Mutter in den Behälter, was einer weiteren geringen Erhöhung der Temperatur entspricht, so kippt die Schnepfe und die Erdkugel fällt in eine Schale. Diese soll die neue stabile Gleichgewichtslage darstellen. Eine Rückkehr in den vorherigen Zustand ist nun nicht mehr möglich.

Ermittle die Anzahl der Muttern, bei der der „Kipp-Punkt“ der Schnepfe erreicht ist.

Ergebnis:

……

……..

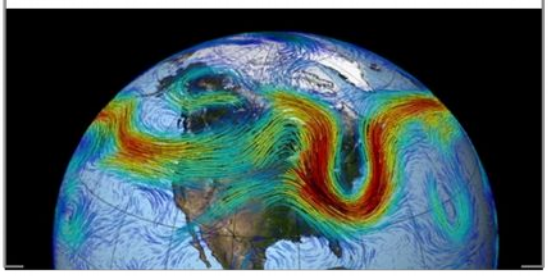
Spielkarten zu Station 1

Amazonas Regenwald 1

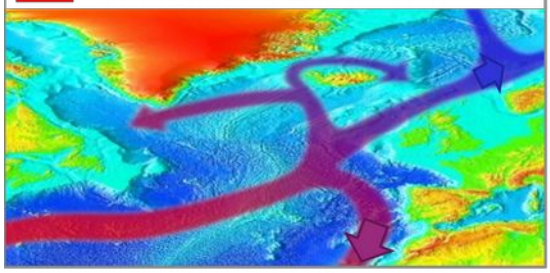
Tropische Korallenriffe 2

Borealwälder 3

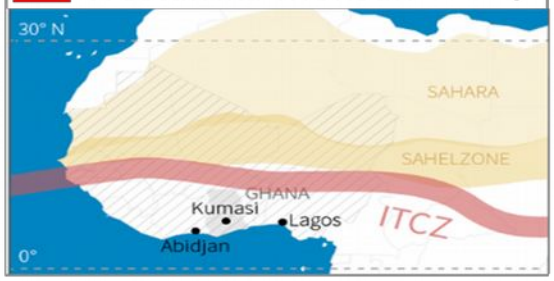
Jet Streams 4



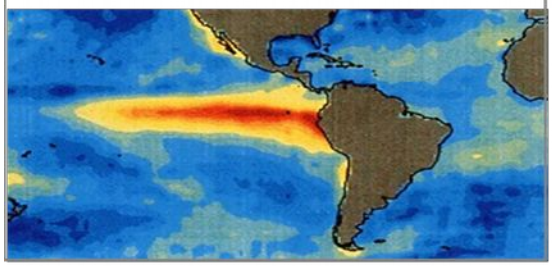
Atlantische Zirkulation 5



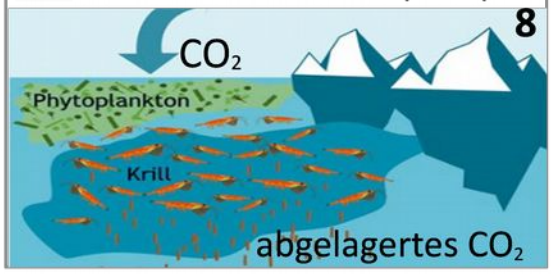
Westafrika-Monsun 6



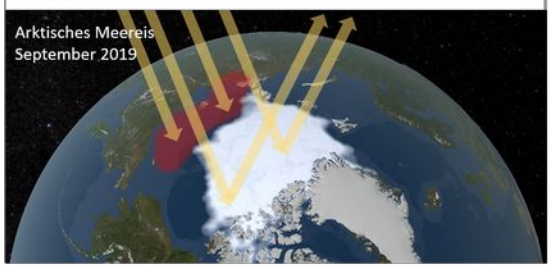
El Niño 7



Marine Kohlenstoffpumpe 8



Arktis 9



Grönland 10

Antarktis 11

Permafrost 12

Seen- und Meeresgrund 13

Indischer Monsun 14

Methanhydrat II A

Am Meeres- und Seengrund lagern große Mengen Methanhydrat (in gefrorenem Wasser eingeschlossenes Methan). Sie brauchen tiefe Temperaturen und hohen Druck, um stabil zu bleiben. Was passiert wenn das Wasser wärmer wird? Gibt es Rückkopplungseffekte?

Zu viel Süßwasser B

Die Wasserströmungen im Nordatlantik werden durch Temperatur- und Salzkonzentrationsunterschiede des Wassers verursacht. Dichteres Salzwasser sinkt ab. Die Eisschmelze auf Grönland verändert die Salzkonzentration des Wassers. Was passiert dann?

Eisschmelze im Süden C

Bei steigenden Temperaturen wird der gesamte Eisschild auf Festland instabil, aber auch das Eis auf dem Meer verschwindet. Dann rutschen die Festlandgletscher ungebremst ins Meer ab. Wo passiert dies auf der Erde? Und gibt es hier Rückkopplungen?

Die Lunge der Welt D

Die tropischen Regenwälder sind ein Puffer im Erdklimasystem. Pflanzen nehmen CO_2 auf und speichern es in ihrer Biomasse. Ein Großteil der Niederschläge stammt aus über dem Wald verdunstetem Wasser. Erderwärmung und Abholzung vernichten Teile des Amazonas. Was passiert dann?

Methanhydrat I E

In den Permafrostgebieten lagern große Mengen von Methan in Kristallform, sogenannte Methanhydrate. Bei höheren Temperaturen schmelzen diese und das Methan (ein starkes Treibhausgas) gelangt in die Atmosphäre. Wo sind diese Gebiete und gibt es hier Rückkopplungseffekte?

Luftströmungen im Norden F

In sieben bis 12 Kilometern Höhe schlängelt sich der Jet-Stream um die Nordhalbkugel. Er trennt die kalte Luft des Nordens vom wärmeren Süden. Er ist inzwischen so langsam, dass sich Großwetterlagen wie Kälte- und Hitzewellen, Starkregen und Dürren über viele Wochen nicht auflösen.

Feuchte Luft vom Atlantik G

In Westafrika steigt die heiße Luft auf, es entsteht ein Tiefdruckgebiet. Feuchte Luft strömt vom Atlantik her ein und regnet sich über dem Festland ab. Die Sahelzone könnte durch eine Verlagerung des Monsuns noch trockener werden oder aber ergrünen. Was bedeutet dies für die Bevölkerung?

Albedo H

Das Rückstrahlvermögen von Oberflächen wird als *Albedo α* bezeichnet und ist bei Eis besonders hoch und bei Wasser relativ klein. Was für eine Auswirkung hat die globale Erwärmung auf sie? Gibt es hier eine Rückkopplung und was bewirkt sie?

Gespeichertes CO_2 I

Plankton an der Oberfläche der Meere nimmt CO_2 auf. Krill frisst das Plankton und lagert durch die Ausscheidungen das CO_2 am Meeresboden ab. Welche Folgen hat es für das Plankton, wenn das Wasser wärmer und damit sauerstoffärmer wird? Gibt es hier Rückkopplungsprozesse?

Schützendes Grün K

Die Auswirkungen des Klimawandels in den borealen Wäldern sind verheerend. Es ist zu warm und zu trocken. Befall mit Schadinsekten, starke Stürme und Feuer setzen den Wäldern zu und Abholzung gäbe ihnen den Rest. Gibt es hier Rückkopplungseffekte?

Überschwemmungen L

Im Sommer wird die Luft über dem Indischen Subkontinent bis zu 50 °C heiß. Die Luft steigt schnell auf, es entsteht ein Tiefdruckgebiet, welches feuchte Luft vom Pazifik anzieht. Diese Luft strömt über Land und regnet sich ab. Was passiert, wenn es wärmer wird? Gibt es Rückkopplungen?

Eisschmelze im Norden M

Bei steigenden Temperaturen wird der gesamte Eisschild auf dem Festland instabil und rutscht ins Meer ab. Am Boden der Eisschicht bildet sich durch Schmelzwasser ein Schmierfilm, der durch Schmelzwasser wächst. Wo passiert dies auf der Erde? Und gibt es dabei Rückkopplungen? Welche?

Pazifische Strömung N

Beim El Niño erwärmt sich die Meeresoberfläche im äquatorialen Pazifik stärker als normal. Dies führt zu Hitze in Australien, Südostasien und Südafrika. Der Regen, der dort fehlt, geht reichlich über der Westküste Südamerikas nieder. Was passiert, wenn es am Äquator wärmer wird?

Verblassende Farben O

Die von Nesseltieren im Meer gebildeten Korallenriffe sind einzigartige Ökosysteme mit einer schier unendlichen Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten. Sie reagieren sehr empfindlich auf Temperaturschwankungen und einer Versauerung des Wassers. Was passiert mit ihnen durch den Klimawandel?

Quelle: https://klimawandel-schule.de/de/experiment/aktivitaet-12-kipppunkte-achillesferse-im-klimasystem , besucht am 24.10.2022.

(Spielkarten zum Download, Veränderung durch Ergänzung von Zahlen und Buchstaben auf den Kärtchen)

STATION 2: Rückkopplungsprozesse

Einleitung

Beeinflusst das Ergebnis eines Prozesses wieder den Prozess selbst, so spricht man von einem ***Rückkopplungsprozess.***

Zum Beispiel haftet an einem in Pulverschnee rollenden Schneeball immer mehr neuer Schnee, da sein Durchmesser bei jeder Umdrehung größer wird.

Im Klimasystem haben Rückkopplungsprozesse eine sehr große Bedeutung. Diese können gerade auch bei den Kippelementen dazu führen, dass der Kipp-Punkt überschritten wird.

Grundsätzlich kann man zwischen ***positiver*** und ***negativer Rückkopplung*** unterscheiden. Bei einer positiven Rückkopplung verstärkt sich ein Prozess selbst, während er sich bei einer negativen Rückkopplung entsprechend abschwächt.

Ein Beispiel für eine *positive* Rückkopplung ist die *Eis-Albedo-Rückkopplung*:

Durch die globale Erwärmung schmelzen immer mehr Eisflächen, zum Beispiel in der Arktis. Der Anteil der weißen Flächen (Eis) verringert sich, der der dunkleren (Wasser) erhöht sich. Da dunkle Flächen das Licht schlechter reflektieren als weiße Flächen und somit mehr Strahlung absorbieren (aufnehmen), erwärmen sie sich stärker. Dadurch erhöht sich die Temperatur in der Arktis nun weiter, was wiederum zum Schmelzen von weiterem Eis führt.

Ein Beispiel für eine *negative* Rückkopplung ist der *Zusammenhang zwischen Pflanzenwachstum und CO_2-Konzentration in der Luft*:

So bewirkt eine höhere Lufttemperatur, welche durch die Steigerung des CO_2-Anteils in der Luft verursacht wird (anthropogener Treibhauseffekt – Station 4), dass sich in warmen und feuchten Regionen das Pflanzenwachstum verstärkt. Dadurch könnte aber mehr CO_2 durch diese Pflanzen aufgenommen werden, was dazu führt, dass sich der Treibhauseffekt – und damit die Lufttemperatur – verringern könnte.

In dieser Station geht es nun um ***Modellexperimente zur positiven und negativen Rückkopplung***.

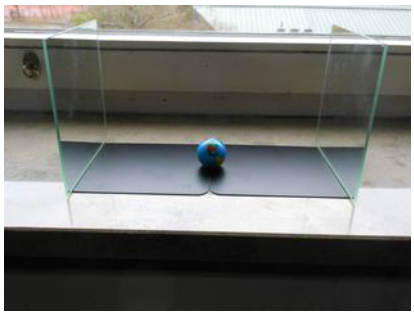
Aufgabe 1: *Experiment*

Für das erste Experiment benötigst du folgende *Materialien*:

- *zwei ebene Spiegel, eventuell mit Halterung*
- *ein kleiner Gegenstand, zum Beispiel eine Spiel-Figur*

Durchführung:

Stelle die beiden Spiegel so auf, dass sie sich parallel gegenüberstehen. Lege den Gegenstand zwischen die beiden Spiegel und beschreibe deine Beobachtung.



Beobachtung:

……

……

……

……

Ergebnis:

Erläutere, für welche Art der Rückkopplung dieses Experiment als Modellversuch dienen könnte.

……

……

……

……

Aufgabe 2: *Experiment*

Ein kleines Teelicht brennt durchschnittlich 4 Stunden. Untersuche, wie lange ein solches Teelicht brennt, wenn es unter einem Becherglas steht. Schätze vorher die Brenndauer.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Teelicht, Streichhölzer oder Stabfeuerzeug*
- *Becherglas (400 ml)*
- *Stoppuhr*

Durchführung:

Schätze zunächst, wie lange das Teelicht unter dem Becherglas brennen wird: $t_{geschätzt}$ = ……..

Zünde nun das Teelicht an und schiebe es unter das umgedrehte Becherglas. Stoppe die Zeit, bis es erlischt.

$t_{gemessen}$ = ……..

Ergebnis:

Vergleiche nun deine geschätzte Zeit mit der gemessenen. Gib an, für welche Art der Rückkopplung dieses Experiment als Modellversuch dienen könnte. Begründe kurz.

……

……

……

……

……

……

Zusatz:

Wenn du weitere Ideen für Modellexperimente zu den Rückkopplungsprozessen hast, kannst du sie hier aufschreiben:

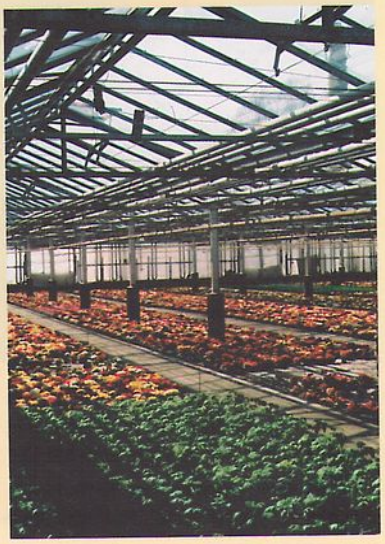
……

……

……

STATION 3: Natürlicher Treibhauseffekt

Einleitung



1 Gewächshäuser von Gärtnereien dienen der Verfrühung des Pflanzenwachstums und der Blüte gegenüber dem Freiland.

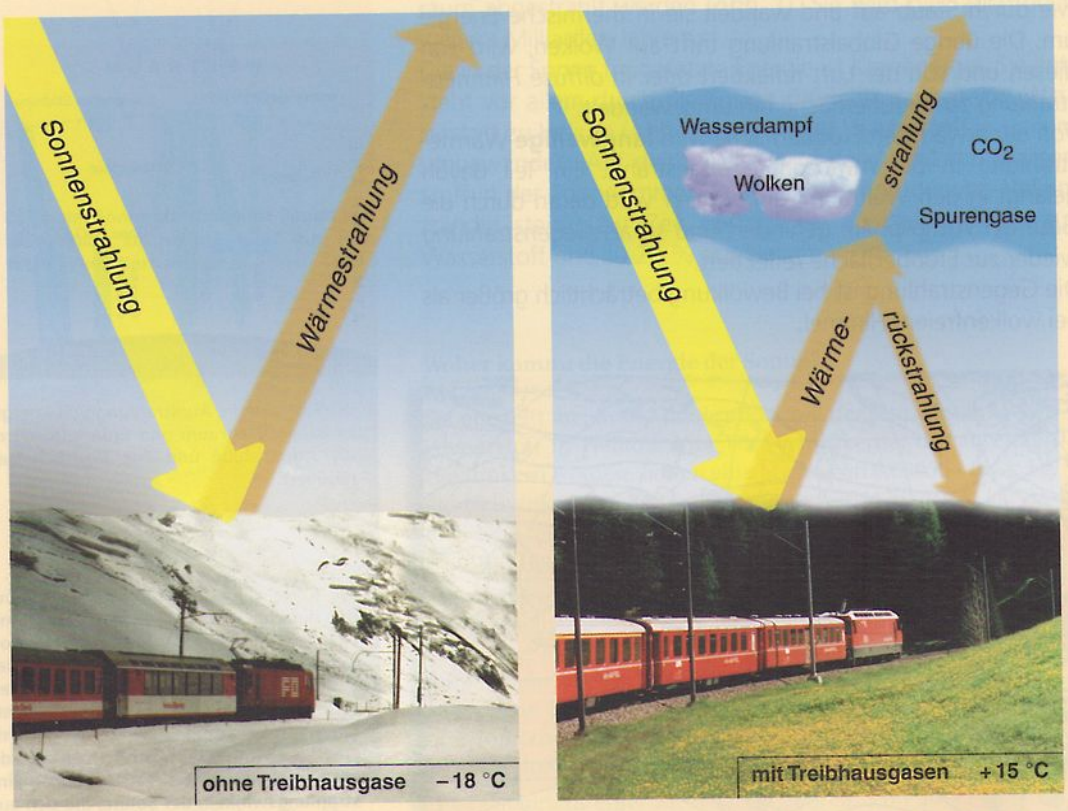
Der natürliche Treibhauseffekt auf der Erde

Das Treibhaus (Abb. 1) beruht auf folgendem Effekt:

Kurzwellige Lichtstrahlung gelangt durch die Glasscheiben zum Erdboden des Treibhauses und erwärmt diesen. Der Erdboden gibt langwellige Wärmestrahlung ab, die jedoch an den Innenflächen der Glasscheiben teilweise reflektiert wird und so das Treibhaus nicht verlassen kann. Die Luft im Innern wird aufgeheizt.

Auf der Erde tritt dieser natürliche Treibhauseffekt ebenfalls auf. Die Atmosphäre mit ihren Gasen übernimmt die Funktion der Glasscheiben eines Gewächshauses (Abb. 2). Der natürliche Treibhauseffekt der Erde hat zu einem Aufheizen der Erdatmosphäre und schließlich zu einem stabilen Energiehaushalt geführt, d. h. zu einem Gleichgewicht zwischen Einstrahlung und Abstrahlung der Energie zur und von der Erde.

Ohne Treibhauseffekt würde auf der Erde eine mittlere Temperatur von –18 °C herrschen. Dank des Treibhauseffektes gibt es aber eine mittlere Temperatur von rund +15 °C, die für ein stabiles Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen wichtig ist. Somit ist der natürliche Treibhauseffekt eine bedeutende Voraussetzung für das Leben auf der Erde.



2 Die Erde ist ein natürliches „Gewächshaus": Die durch die kurzwellige Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche entstehende langwellige Wärmestrahlung wird durch Gase und Wolken der Atmosphäre zur Erdoberfläche zum Teil zurückgestrahlt. Die angegebenen Temperaturen sind Durchschnittswerte (zum Vergleich: Zugspitze –4,8 °C, Erfurt +7,9 °C)!

Quelle: Dr. habil. Raum, Bernd; Dr. Schmidt, Gerd-Dietrich (Hrsg.): Natur - Mensch - Technik Band 3, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin 2010, S. 18.

Aufgabe: *Experiment*

Stelle in einem Experiment den natürlichen Treibhauseffekt nach.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *schwarze Pappe (stellt die Erdoberfläche dar)*
- *zwei identische digitale Thermometer mit Sensor am Kabel*
- *ein kleines Becherglas (50 ml)*
- *Reflektorschirm mit 100 W – Glühlampe*
- *Stoppuhr*

Durchführung:

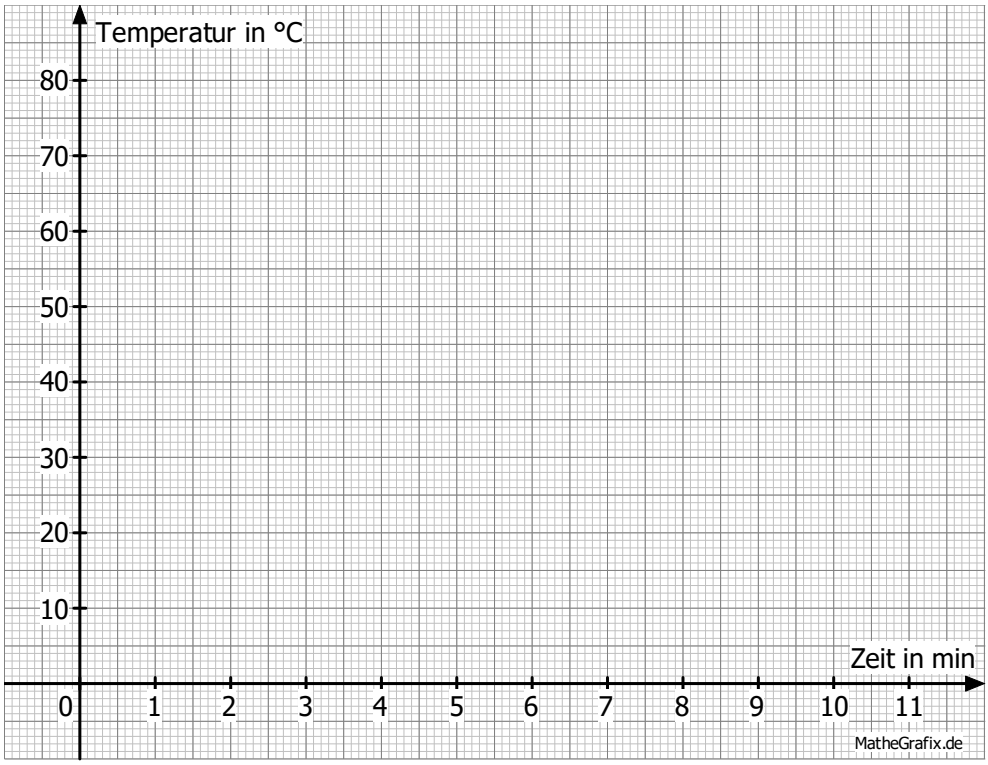
Sollte der Versuchsaufbau noch nicht vorbereitet sein, so lege die Messfühler der Thermometer wie auf dem Foto auf die schwarze Pappe und stülpe über einen Messfühler das Becherglas. Achte darauf, dass die Thermometer zu Beginn (vor dem Einschalten der Lampe) die gleiche Temperatur anzeigen und dass beide etwa in der Mitte unter dem Lampenschirm liegen. Außerdem sollte der Schirm einen geringen Abstand zur Arbeitsfläche haben (zum Beispiel 15 cm).

Schalte nun die Lampe ein, starte gleichzeitig die Stoppuhr und lies 10 Minuten lang nach jeder Minute die Temperatur an den beiden Thermometern ab. Trage die Messwerte in die Tabelle ein:

Zeit in min	Temperatur in °C (ohne Glas)	Temperatur in °C (mit Glas)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Auswertung:

Stelle nun die Messwerte graphisch in einem gemeinsamen Diagramm dar. Nutze dazu untenstehendes Koordinatensystem oder eine Tabellenkalkulation.



Ergebnis:

Vergleiche die Temperatur bei der Messung ohne bzw. mit Glas und beschreibe den Verlauf der Temperaturentwicklung. Erläutere, welche Variante den natürlichen Treibhauseffekt darstellt.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

STATION 4: Anthropogener Treibhauseffekt

Einleitung

Der natürliche Treibhauseffekt (siehe Station 3) ist die Eigenschaft der Atmosphäre, einen Teil der Wärmestrahlung der Erde in Richtung Weltall auf die Erde zurückzuwerfen. Ursache dafür ist die natürliche Anreicherung von Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und anderen Treibhausgasen (siehe Abb. 2) in den oberen Bereichen der Troposphäre.
Der anthropogene, durch den Menschen verursachte, „zusätzliche“ Treibhauseffekt, entsteht durch eine zusätzliche Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Klimaforscher gehen heute davon aus, dass die in den letzten 100 Jahren beobachtete globale Erwärmung auf den menschlichen Einfluss zurückzuführen ist (siehe Abb. 2). Wichtigstes Gas ist dabei Kohlenstoffdioxid. Sein Gehalt hat sich in der Atmosphäre von ca. 280 ppm (0,028%) um 1700 bis heute auf ca. 400 ppm (0,04%) erhöht. Ursache ist dessen Freisetzung vor allem beim Verbrauch fossiler Brennstoffe.[3]

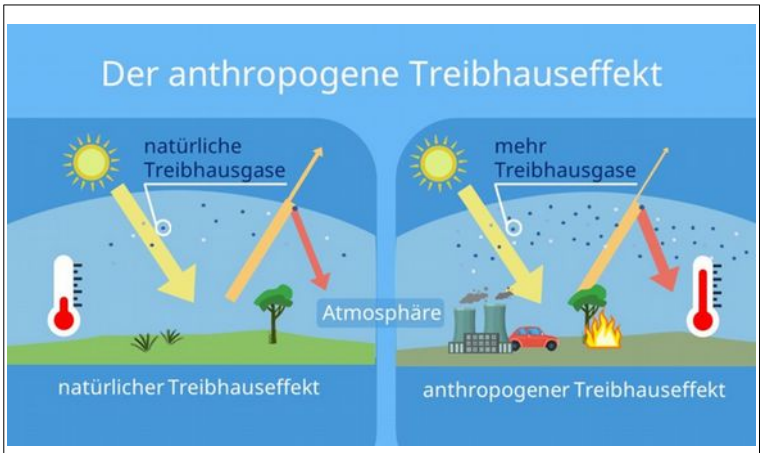


Abb. 1:
Quelle: https://studyflix.de/erdkunde/treibhauseffekt-einfach-erklart-3810

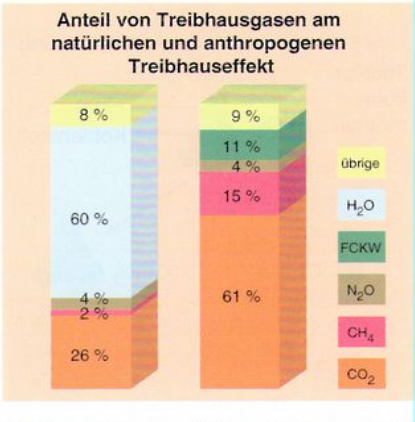


Abb. 2: Während am natürlichen Treibhauseffekt der Wasserdampf mit etwa zwei Dritteln beteiligt ist, steht beim anthropogenen Treibhauseffekt das Kohlenstoffdioxid im Vordergrund.[1]

Auf einer Internetseite des Umweltbundesamtes (https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase , besucht am 18.11.2022) findet man:

„Kohlendioxid ist ein geruch- und farbloses Gas, das aus sehr stabilen Molekülen besteht. Anthropogenes Kohlendioxid entsteht unter anderem bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) und macht den Großteil des vom Menschen zusätzlich verursachten Treibhauseffektes aus. Quellen sind vor allem die Strom- und Wärmeerzeugung, Haushalte und Kleinverbraucher, der Verkehr und die industrielle Produktion. Zusätzlich in die Erdatmosphäre anthropogen emittiertes Kohlendioxid wird durch die natürlichen physikalischen und biogeochemischen Prozesse im Erdsystem nur sehr langsam abgebaut. Nach 1000 Jahren sind davon noch etwa 15 bis 40 Prozent in der Atmosphäre übrig. Der gesamte Abbau dauert jedoch mehrere hunderttausend Jahre.“

[3] Dr. habil. Raum, Bernd; Dr. Schmidt, Gerd-Dietrich (Hrsg.): Natur - Mensch - Technik Band 3, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin 2010, S. 144.

Aufgabe: *Experiment*

Untersuche die Wirkung von (zusätzlichem) CO_2 auf die Erwärmung von Luft.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *schwarzes und weißes Papier (stellt die Erdoberfläche dar)*
- *zwei identische digitale Thermometer mit Sensor am Kabel*
- *zwei Bechergläser (250 ml)*
- *Erlenmeyerkolben, Stopfen mit Schlauch*
- *Essig-Essenz, Backpulver, Teelöffel, Frischhaltefolie*
- *Reflektorschirm mit 145 W – Halogenlampe*
- *Stoppuhr*

Variante 1

Variante 2

Durchführung: ***Vorsicht! Verbrennungsgefahr an der Lampe!***

Lege auf den Boden der zwei Bechergläser das schwarze (oder weiße) Papier sowie den Messfühler eines Thermometers (CO_2 sinkt nach unten) und verschließe beide Gläser anschließend mit Frischhaltefolie. Stelle beide Gläser unter die Lampe. Achte darauf, dass die Thermometer die gleiche Temperatur anzeigen und dass beide etwa in der Mitte unter dem Lampenschirm liegen. Außerdem sollte der Schirm einen geringen Abstand zur Arbeitsfläche haben (zum Beispiel 20 cm).

Gib nun in den Erlenmeyerkolben einen Teelöffel Backpulver und schütte anschließend vorsichtig etwa 40 ml Essig-Essenz hinzu. Es entsteht CO_2. Verschließe den Erlenmeyerkolben zügig mit dem Stopfen und leite das entstehende Gas etwa eine Minute mithilfe des Schlauchs in das Glas mit der Beschriftung „CO_2“. Hebe dabei die Frischhaltefolie etwas an und verschließe das Glas wieder, nachdem du den Schlauch herausgezogen hast.

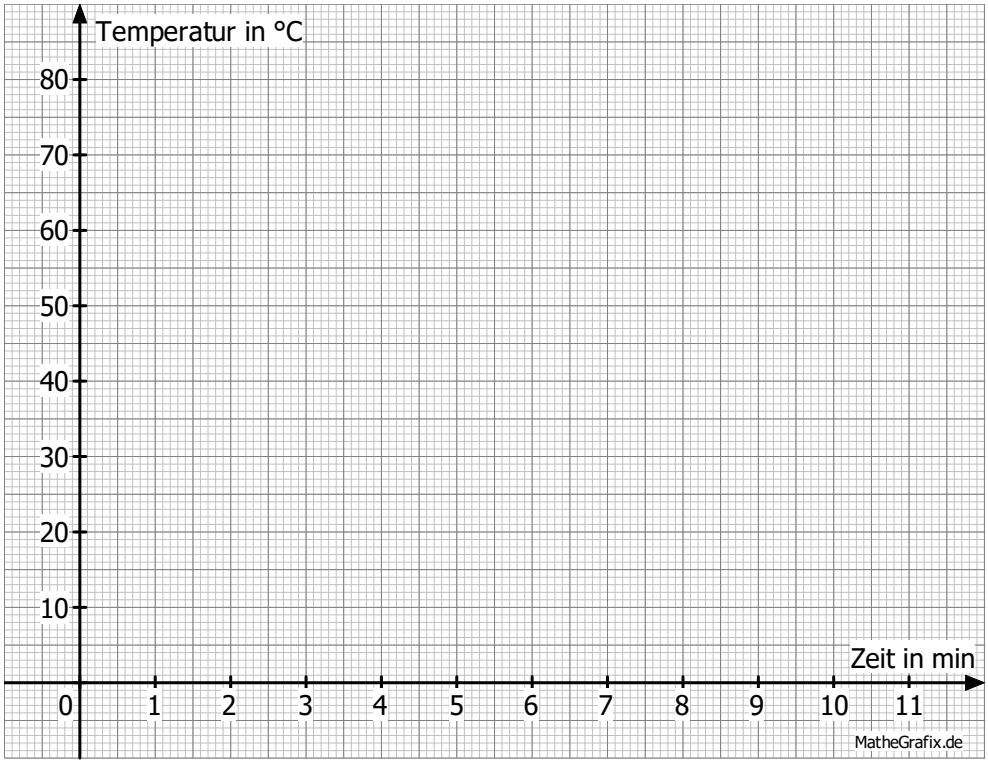
Schalte nun die Lampe ein, starte gleichzeitig die Stoppuhr und lies 10 Minuten lang nach jeder Minute die Temperatur an den beiden Thermometern ab. Trage die Messwerte in die Tabelle ein:

verwendetes Papier (weiß oder schwarz): …….

Zeit in min	Temperatur in °C (Glas ohne zusätzliches CO_2)	Temperatur in °C (Glas mit zusätzlichem CO_2)
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

<u>Auswertung:</u>

Stelle nun die Messwerte graphisch in einem gemeinsamen Diagramm dar. Nutze dazu untenstehendes Koordinatensystem oder eine Tabellenkalkulation.



Ergebnis:

Vergleiche die Temperatur bei der Messung ohne bzw. mit zusätzlichem CO_2 und beschreibe den Verlauf der Temperaturentwicklung. Schlussfolgere daraus, welchen Einfluss das (zusätzliche) CO_2 auf die Erwärmung der Erde hat.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

Führe nun das Experiment mit der anderen Papierfarbe durch. Wenn dir entsprechende Messergebnisse zur Verfügung gestellt wurden, kannst du auch diese verwenden. Vergleiche den Temperaturverlauf bei Verwendung der verschiedenen Farben und versuche, den Unterschied zu erklären.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

STATION 5: Eis-Albedo-Rückkopplung

Einleitung

Das Rückstrahlvermögen von Körpern, die Licht reflektieren bzw. streuen, wird als **ALBEDO** bezeichnet. Die mittlere Albedo der Erde beträgt 0,3. Dies bedeutet, dass 30% der Sonnenstrahlung reflektiert und 70% absorbiert, d.h. auf der Erdoberfläche aufgenommen, werden. Eisflächen haben eine höhere Albedo als Land und Wasserflächen (siehe Abb. 1).[4]

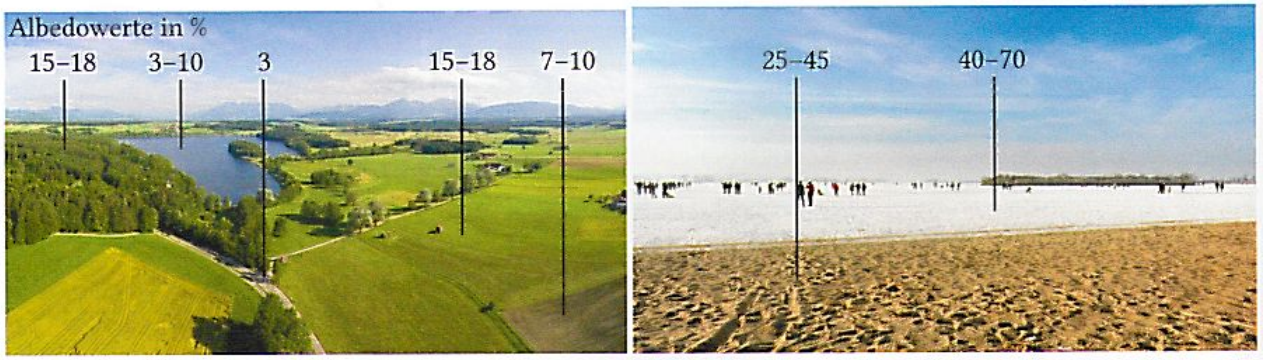


Abb. 1:
Quelle: Dr. Gleixner, Christian (Hrsg.): DORN-BADER Physik 9 Gymnasium Bayern, Westermann Bildungsmedien Verlag GmbH, Braunschweig 2021., S. 152.

Durch die globale Erwärmung schmelzen immer mehr Eisflächen, sodass deren Anteil geringer wird. Dies führt aber dazu, dass sich die Albedo der Erde verringert, weil der Anteil der dunkleren Flächen (Wasser, Festland) steigt. Folglich wird mehr Sonnenstrahlung absorbiert, wodurch sich die Erde weiter erwärmt und noch mehr Eis schmilzt. Dieser Effekt verstärkt sich also selbst und zählt deshalb zu den positiven Rückkopplungen.

[4] Dr. Gleixner, Christian (Hrsg.): DORN-BADER Physik 9 Gymnasium Bayern, Westermann Bildungsmedien Verlag GmbH, Braunschweig 2021, S. 152.

Aufgabe: *Experiment*

Untersuche, wie sich Körper mit heller bzw. dunkler Oberfläche bei Bestrahlung mit einer heißen Lichtquelle erwärmen.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Plastikflasche 0,75 l außen mit weißer Acrylfarbe bemalt*
- *Plastikflasche 0,75 l außen mit schwarzer Acrylfarbe bemalt, schwarze Pappe*
- *zwei Bratenthermometer (z.B. von „Thermo Pro“)*
- *Reflektorschirm mit 145 W – Halogenlampe*
- *Stoppuhr*
- *evtl. Wärmebildkamera*

Durchführung: ***Vorsicht! Verbrennungsgefahr an der Lampe!***

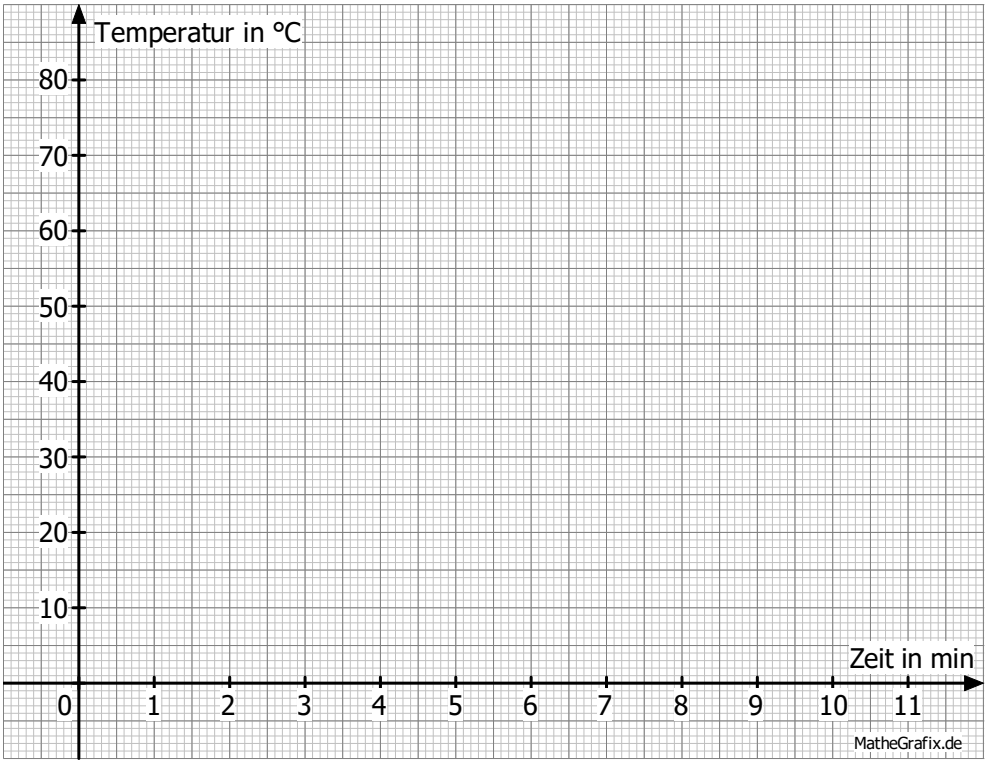
Bereite den Versuchsaufbau entsprechend des Fotos auf. Der untere Rand des Schirms sollte sich etwa 10 cm über den Flaschendeckeln befinden. Lies die Temperatur zu Beginn der Messung in beiden Flaschen ab und trage sie in die Messwerttabelle ein. Sie sollte etwa gleich sein.

Schalte nun die Lampe ein, starte gleichzeitig die Stoppuhr und lies 10 Minuten lang nach jeder Minute die Temperatur an den beiden Thermometern ab. Trage die Messwerte in die Tabelle ein:

Zeit in min	**Flasche mit schwarzer Farbe steht auf schwarzer Pappe**	**Flasche mit weißer Farbe**
	Temperatur in °C	
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Auswertung:

Stelle nun die Messwerte graphisch in einem gemeinsamen Diagramm dar. Nutze dazu untenstehendes Koordinatensystem oder eine Tabellenkalkulation.



Ergebnis:

Vergleiche den Temperaturverlauf bei der Messung in der Flasche mit weißer Oberfläche mit der in der Flasche mit schwarzer Oberfläche. Formuliere eine allgemeine Schlussfolgerung über die Albedo von hellen und dunklen Flächen.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

STATION 6: Grönländischer Eisschild und Arktisches Meereis

Einleitung

Der Rückgang des ***Grönländischen Eisschildes*** ist ein besonders sensibles Kippelement, da hier die positive Eis-Albedo-Rückkopplung (siehe Station 5) eine wichtige Rolle spielt.
Grönland hat eine Gesamtfläche von $2{,}1 \cdot 10^6$ km² und ist die größte Insel der Erde. Etwa 80% dieser Fläche sind von einem dicken Eispanzer, dem Grönländischen Eisschild, bedeckt. Im Mittel ist das Eis ungefähr 2000 m dick, die größte Dicke beträgt an einigen Stellen sogar über 3000 m. Das Volumen des nach der Antarktis zweitgrößten Eisschildes beträgt ungefähr $2{,}85 \cdot 10^6$ km³.
Aufgrund der Erwärmung der Erde nimmt die Dicke des Schildes durch das Schmelzen des Eises ab. Dies führt dazu, dass die Oberfläche der Eisschicht in den Bereich tieferliegender und damit wärmerer Luftschichten gelangt, wodurch sich das Abschmelzen weiter verstärkt.
Forscher haben berechnet, dass das vollständige Schmelzen des Grönländischen Eisschildes zu einem Anstieg des Meeresspiegels von sieben Metern führen würde. Außerdem hätte dies eine Verringerung der Albedo der Erde zur Folge.[5] [6] [7]

*„Eine große Eisfläche wie die Fläche der **Arktis** hat wegen der weißen Farbe eine hohe Albedo. … Erwärmt sich nun die Atmosphäre und Teile der Arktis schmelzen, verringert sich die Albedo der Erdoberfläche. Dadurch wird weniger Sonnenstrahlung reflektiert und der Untergrund erwärmt sich stärker. Ein weiterer Anstieg der Temperatur in der Atmosphäre ist die Folge. Dieser Prozess - Erwärmung der Atmosphäre, Schmelzen von Schnee- und Eismassen, Verringerung der Oberflächenalbedo, verstärkte Erwärmung der Atmosphäre - ist einer der wichtigsten positiven Rückkopplungseffekte im Klimasystem. ... Taut die Arktis infolge einer Klimaerwärmung, wird diese Erwärmung durch die positive Rückkopplung weiter verstärkt. Die Arktis bedeckt Teile von Russland, den USA, Kanada, Grönland, Lappland sowie Spitzbergen und wird von etwa 1 Million Menschen bevölkert. Die Erwärmung und die Tauprozesse werden diese Menschen vor große Anpassungsprobleme stellen, wenn beispielsweise die Infrastruktur auf tauenden Böden destabilisiert und beschädigt wird oder traditionell gejagte Tierarten verschwinden.“* [3]

Kommt es durch das Schmelzen von Eis immer zum Anstieg des Meeresspiegels?

---

5 Dr. Gleixner, Christian (Hrsg.): DORN-BADER Physik 9 Gymnasium Bayern, Westermann Bildungsmedien Verlag GmbH, Braunschweig 2021, S. 153.

6 Dietrich, Rainer; Jäger, Robert; Janner, Rüdiger; Schalk, Martin (Hrsg.): Physik 9 Gymnasium Bayern, C.C. Buchner Verlag, Bamberg 2021, S. 144.

7 https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kipp-punkte-im-klimasystem, besucht am 10.12.2022.

Aufgabe: *Experiment*

Untersuche, wie schmelzendes Eis die Höhe des Wasserspiegels beeinflusst.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *zwei Bechergläser 500 ml*
- *zwei gleich große Eisstücke aus 50 ml Wasser*
- *Stein, Wasser, Foliestift, Lineal*
- *Reflektorschirm mit 145 W – Halogenlampe*

Durchführung: ***Vorsicht! Verbrennungsgefahr an der Lampe!***

Lege den Stein in ein Becherglas, eines der beiden Eisstücke in das andere. Fülle nun in die Bechergläser Wasser, sodass der Wasserstand bei beiden gleich ist. Markiere diesen mit dem Foliestift.

Lege nun das zweite Eisstück auf den Stein (darf sich nicht im Wasser befinden) und beleuchte beide Bechergläser mit der Lampe (dann schmilzt das Eis schneller).

Vergleiche nach dem Schmelzen des Eises die Wasserstände in beiden Bechergläsern. Markiere den neuen Wasserstand mit dem Foliestift und miss gegebenenfalls die Veränderung.

Auswertung:

Becherglas mit Stein: *Der Wasserstand erhöhte sich durch das Schmelzen des Eises um ..... cm.*

Becherglas ohne Stein: *Der Wasserstand erhöhte sich durch das Schmelzen des Eises um ..... cm.*

Ergebnis:

Vergleiche die Veränderung des Wasserstandes in beiden Bechergläsern und gib an, welche Schlussfolgerung man daraus für die Erhöhung des Meeresspiegels ziehen kann.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

STATION 7: Anstieg des Meeresspiegels

Einleitung

„Veränderungen des Meeresspiegels gehören zu den wichtigsten Folgen einer Klimaänderung. Ein Meeresspiegelanstieg von wenigen Zentimetern bewirkt in flachen Gebieten einen Rückzug der Küstenlinie von Metern. Der infolge der heutigen schnellen Erderwärmung beschleunigte Meeresspiegelanstieg stellt ein wichtiges globales Problem des aktuellen Klimawandels dar, da ein beträchtlicher Anteil der Weltbevölkerung in Küstennähe siedelt.
Betroffen sind vor allem tief liegende Inseln und Küstengebiete. Bedroht sind in erster Linie arme Länder, die nicht in der Lage sind, wirksame Küstenschutzmaßnahmen zu treffen. Hierbei ist z.B. Bangladesch zu nennen. Dort leben ca. 17 Mio. Menschen in Gebieten, die tiefer als 1 m über dem Meeresspiegel liegen und bereits heute bei Extremwetter überschwemmt werden.

Zu den gefährdeten Inselgruppen gehören Marshall, Kiribati, Tuvalu, Tonga, Line, Mikronesien und Cook im Pazifik sowie Antigua und Nevis im Atlantik sowie die Malediven im Indischen Ozean. Der Meeresspiegelansteig zeigt seit Jahrzehnten eine steigende Tendenz.

Langfristige Veränderungen des mittleren globalen Meeresspiegels (GMSL) werden vor allem durch drei Prozesse verursacht:

Eisschmelze: Aufgrund der Erwärmung der Atmosphäre und der Ozeane schmelzen Eisschilde und Gebirgsgletscher, was dazu führt, dass Süßwasser in die Ozeane gelangt. [2.1 mm/Jahr (2002-2019)]. Die Eisverluste der Eisschilde betragen z.Z. a) Grönland 273 ± 21 Gt/Jahr und Antarktis 151 ± 39 Gt/Jahr

Thermische Ausdehnung: Das Wasser der Ozeane dehnt sich durch die Erwärmung aus. [1,3 mm/Jahr (2005-2019)]

Änderungen des Landwassers: Wasser, das entweder dem Land entnommen (z. B. durch Grundwasserpumpen) oder an Land aufgestaut wird (z. B. durch den Bau von Dämmen), kann zu einer Nettoveränderung des gesamten im Ozean befindlichen Wassers führen.

Von etwa 1,7 mm/Jahr vor 4 Jahrzehnten betrug der Anstieg bis Ende der 1990er Jahre 3 mm/Jahr. Diese Beschleunigung hat sich fortgesetzt. Der Meeresspiegelanstieg war im August 2022 im Durchschnitt 3,4 (±0,4) mm/Jahr. Das entspricht einer globalen Erhöhung im Zeitraum 1993-2022 von 103 mm (s. https://climate.copernicus.eu/ESOTC/2019/sea-level). Wenn die CO_2-Emission nicht gebremst wird, ist ein noch schnellerer Anstieg nicht zu vermeiden.“[8]

[8] https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/der-meeresspiegel-steigt-an-ursachen-das-abschmelzen-des-eises-der-erde-die-erwaermung-des-meerwassers-und-der-grundwasserverbrauch/, besucht am 16.12.22.

In Station 6 hast du in einem Experiment nachvollziehen können, dass sich der Meeresspiegel durch das Schmelzen von Eis auf dem Festland erhöht.

Im folgenden Experiment soll eine weitere Ursache gezeigt werden:

Aufgabe: *Experiment*

Untersuche, wie die Erwärmung von Wasser dessen Volumen beeinflusst.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Erlenmeyerkolben mit farbigem Wasser*
- *Stopfen mit Glasrohr, an dem sich Markierungen im Abstand von 2 cm befinden*
- *elektrische Heizplatte (1500 W), Stoppuhr*

Durchführung:

Stelle den Erlenmeyerkolben auf die Heizplatte und schalte diese für ungefähr 2½ Minuten auf die höchste Stufe. Schalte sie dann ab und beobachte die Veränderung des Wasserstandes. Beginne mit der Zeitmessung, wenn der Wasserstand am oberen Rand des Stopfens ist. Bestimme dann die Zeit, bis das Wasser bis zu den weiteren Markierungen am Glasrohr gestiegen ist. Trage die Werte in die Tabelle ein:

Abstand der Markierung vom Stopfen in cm	2	4	6	8
Benötigte Zeit				

***Achtung:* Nimm den Erlenmeyerkolben nach Beendigung der Messung unbedingt sofort von der Heizplatte. Es besteht sonst Überlaufgefahr!**

Auswertung:

Der Wasserstand ……. durch die Erwärmung in …….. insgesamt um ……. cm über das obere Ende des Stopfens.

Ergebnis:

Beschreibe, wie die Erwärmung des Wassers dessen Volumen verändert.

……

……

……

STATION 8: Absterben von Korallenriffen

Einleitung

Etwa ein Viertel des menschlichen Kohlenstoffdioxidausstoßes wird von den Weltmeeren aufgenommen. Da der Anteil von CO_2 in der Erdatmosphäre steigt, nehmen auch die Ozeane mehr Kohlenstoffdioxid auf. Deshalb sinkt der ph-Wert des Meerwassers, man spricht von einer ***Versauerung der Meere***. Allerdings ist das Meerwasser leicht basisch, infolge der „Versauerung“ wird es also weniger basisch und nicht sauer. [9]

Dadurch wird die Kalkbildung von Lebewesen wie bestimmte Planktongruppen, Muscheln, Schnecken und Korallen behindert. Diese benötigen für den Aufbau ihrer Knochen- und Schalenstrukturen Kalk, den sie aus dem Meerwasser gewinnen.
Deshalb sind zum Beispiel Korallenriffe, die schon wegen der Temperaturerhöhung der Ozeane unter Stress stehen, in ihrer Existenz gefährdet.
Wissenschaftlich noch nicht geklärt ist, inwieweit sich die Schädigung der auf Kalk angewiesenen Meeresorganismen auf die gesamte Nahrungskette im Meer auswirkt und damit die gesamte Lebenswelt in den Weltmeeren beeinträchtigt.[10]

[9] https://de.wikipedia.org/wiki/Versauerung_der_Meere, besucht am 16.12.22.
[10] https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kipp-punkte-im-klimasystem, besucht am 06.10.2021.

Aufgabe: *Experiment*

Untersuche, wie sich Kohlensäure auf auf Tafelkreide auswirkt.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *zwei Bechergläser (250 ml), Löffel*
- *Mineralwasser (still und spritzig)*
- *zwei gleich große Stückchen weiße Tafelkreide (ca. 2 cm, dünne runde Kreide verwenden)*
- *Stoppuhr, Petrischale, Lupe oder Mikroskop*

Durchführung:

Fülle ein Becherglas zur Hälfte mit stillem Mineralwasser, das andere zur Hälfte mit spritzigem Mineralwasser der gleichen Sorte. Lege anschließend in jedes Becherglas ein Stück Kreide. Beobachte die Kreide. Hole nach 5 Minuten mit dem Löffel die Kreidestückchen wieder aus dem Wasser heraus, lege sie in die Petrischale und betrachte sie mit einer Lupe oder einem Mikroskop. Lasse die Kreide gegebenenfalls noch etwas trocknen.

Beschreibe deine Beobachtung und gib an, welche Schlussfolgerung man aus dem Experiment ziehen kann.

Ergebnis:

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

STATION 9: Verhalten von Wasser unterschiedlicher Dichte

Einleitung

Die meisten Flüssigkeiten dehnen sich bei Erwärmung aus. Da sich die Dichte als Quotient von Masse und Volumen berechnet, die Masse bei Temperaturänderung aber gleich bleibt, verringert sich die Dichte bei Vergrößerung des Volumens und umgekehrt.

Auch Wasser verhält sich bei Temperaturen über 4°C wie andere Flüssigkeiten: Bei Erhöhung der Temperatur dehnt es sich in Abhängigkeit vom Ausgangsvolumen und der Temperaturänderung aus, bei Abkühlung zieht es sich zusammen.

Sinkt die Temperatur des Wassers allerdings unter 4°C, so wird sein Volumen bis 0°C wieder größer. Gefriert Wasser dann, erhöht sich sein Volumen sehr stark, und zwar um etwa 10%. Das bedeutet, dass Wasser bei 4°C seine größte Dichte hat. Dieses Verhalten wird auch als ***Anomalie des Wassers*** bezeichnet.

In der folgenden Tabelle sind die Dichten von Wasser bei verschiedenen Temperaturen angegeben:

Stoff	Temperatur in °C	Dichte in g/cm³
Eis	0	0,920
Wasser	0	0,999840
Wasser	4	0,999972
Wasser	10	0,999700
Wasser	20	0,998209
Meerwasser	20	1,020 bis 1,030

Diese unterschiedlichen Dichten sind ein Grund dafür, wieso Eis immer auf dem Wasser schwimmt. Kühleres Wasser sinkt meist aufgrund der höheren Dichte nach unten, wärmeres Wasser steigt aufgrund der niedrigeren Dichte nach oben.

Dieses Verhalten ist auch entscheidend für die Strömungsverhältnisse in den Ozeanen und damit wichtig für das Klima in den verschiedenen Regionen der Erde.

In den folgenden Experimenten geht es zunächst um die Veranschaulichung des Verhaltens von Wasser unterschiedlicher Dichte, allerdings noch nicht um das Strömungsverhalten.

Aufgabe 1: *Experiment*

Untersuche, wohin sich das Schmelzwasser von Eis in wärmeren Wasser bewegt.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Becherglas (250 ml), Leitungswasser (ca. 20°C)*
- *Eiswürfel aus gefärbtem Wasser*

Durchführung:

Fülle das Becherglas mit Leitungswasser und gib einen Eiswürfel hinein. Beobachte, wohin sich das Schmelzwasser bewegt und versuche, deine Beobachtung zu erklären.

Ergebnis:

……

……

……

Aufgabe 2: *Experiment*

Untersuche, wohin sich das Schmelzwasser von Eis in wärmeren Salzwasser bewegt.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Becherglas (250 ml), Leitungswasser (ca. 20°C), Salz, Esslöffel*
- *Eiswürfel aus gefärbtem Wasser*

Durchführung:

Fülle das Becherglas mit Leitungswasser, gib vorsichtig 4 Esslöffel Salz hinein (nicht umrühren!) und warte 5 Minuten. Lege dann wieder einen Eiswürfel in das Wasser und beobachte, wohin sich das Schmelzwasser bewegt. Versuche, eine Erklärung für deine Beobachtung zu finden.

Ergebnis:

……

……

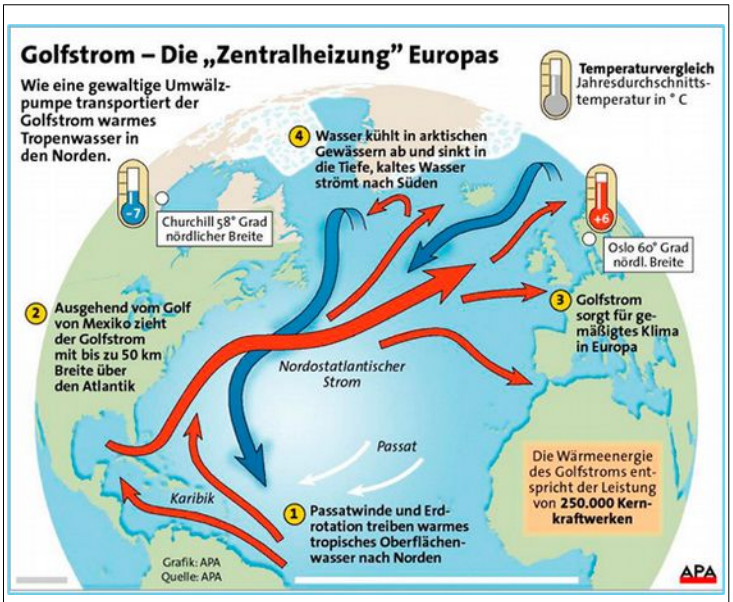
……

STATION 10: Strömungsverhalten von Wasser

Einleitung

Das Strömungsverhalten von Wasser ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Eine wichtige Rolle spielen Dichteunterschiede im Meerwasser, welche durch unterschiedliche Temperaturen und Salzgehalte entstehen (siehe Station 9). Aber auch oberflächlich angreifender Wind trägt zur Art des Strömungsverhaltens bei.

Für uns in Europa hat der Golfstrom, eine der größten Meeresströmungen der Erde, eine große Bedeutung (siehe Abbildung). Dieser wird einerseits durch Winde, aber auch durch Dichteunterschiede aufgrund von Abkühlung und Änderung des Salzgehaltes des Meerwassers angetrieben. Ablenkungen erfolgen durch die Corioliskraft:



Grafik zum Golfstrom - der Zentralheizung Europas - Foto: picture alliance / M. Hirsch / APA-Grafik / picturedesk.com | M. Hirsch

„Ursache für die Corioliskraft ist die Drehung der Erde um die eigene Achse: Am Äquator dreht sich die Erde mit 1670 Kilometern pro Stunde nach Osten, in Richtung der Pole nimmt die Geschwindigkeit immer weiter ab. Strömen Luftmassen vom Äquator zum Nordpol, nehmen sie den Schwung nach Osten mit und bewegen sich dann schneller als die Erdoberfläche. Von der Erdoberfläche aus betrachtet, sieht es so aus, dass sie von ihrem Nordkurs nach Osten – also nach rechts – abgelenkt werden. Umkehrt werden Luftmassen, die vom Pol zum Äquator strömen, von der Erdoberfläche überholt, werden also auf ihrem Südkurs nach Westen – ebenfalls nach rechts – abgelenkt."[11]

Aufgrund des Klimawandels werden sich die Temperaturunterschiede zwischen warmen und kalten Wasserschichten verringern. Außerdem wird sich durch das Abschmelzen von Festlandeis, welches aus Süßwasser besteht, der Salzgehalt an einigen Stellen in den Ozeanen ändern. Deshalb rechnet man damit, dass sich auch die Meeresströmungen verändern werden.

In den folgenden Experimenten geht es um den Verlauf von Wasserströmungen in Wasser mit unterschiedlicher Dichte.

11 https://www.planet-schule.de/mm/die-erde/Barrierefrei/pages/Was_ist_die_Corioliskraft.html , besucht am 07.01.2023.

Aufgabe 1: *Experiment*

Untersuche, wohin sich das Schmelzwasser von Eis in wärmeren Wasser bewegt.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Pneumatische Wanne, lauwarmes Wasser (ca. 30°C)*
- *Eiswürfel aus gefärbtem Wasser*

Durchführung:

Fülle die pneumatische Wanne mit lauwarmen Wasser und gib einen Eiswürfel hinein. Beobachte, wohin sich das Schmelzwasser bewegt.

Ergebnis:

……

……

……

……

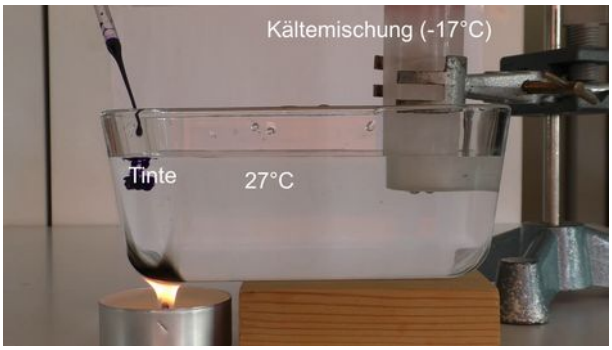
……

Aufgabe 2: *Experiment*

Untersuche, wie sich das Wasser in der Glasschale bewegt.

Benötigte Materialien und Versuchsaufbau:

- *Glasschale, lauwarmes Wasser (ca. 30°C)*
- *großes Teelicht, Feuerzeug*
- *Röhrchen für Kältemischung, Eiswürfel, Salz*
- *Holzbrettchen, Stativmaterial, Tinte (z.B. lila), Pipette*



Durchführung:

Bereite den Versuchsaufbau – falls nicht schon geschehen – wie auf dem linken Bild zunächst ohne Kältemischung vor. Auch das Teelicht kann erst später angezündet werden.

Fülle nun das Röhrchen mit Eiswürfeln und füge Salz hinzu (Menge hängt von der Anzahl der Eiswürfel und der Größe des Röhrchens ab). Schließe das Röhrchen und schüttele, sodass sich das Eis und das Salz vermischen.

Befestige diese Kältemischung nun so mit dem Stativmaterial, dass der untere Teil des Röhrchens einige Millimeter in das Wasser eintaucht.

Zünde jetzt das Teelicht an, schiebe es wie auf dem Foto unter das Glasgefäß und tropfe etwas Tinte oberhalb der Kerzenflamme ins Wasser. Nun kannst du die Bewegung des Wassers anhand der Tinte beobachten.

Ergebnis:

Beschreibe deine Beobachtung und versuche, diese zu erklären.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……