



Kleine Gase, große Wirkung – Bestandteile der Luft und Treibhauseffekt

Projektwoche Klimawandel

im Rahmen des Aktionsprogramms „Aufholen nach Corona“



Juniorlabor
Merck // TU Darmstadt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Programm

	Mo., 1.8.22	Di., 2.8.22	Mi., 3.8.22	Do., 4.8.22	Fr., 5.8.22
9-12 Uhr	Bestandteile der Luft/ Treibhauseffekt	Bestandteile der Luft/ Treibhauseffekt	Sensorenbau und Programmieren	Testen der Sensoren	Exkursion (GSI und ESA/ESOC)
12-13 Uhr	Mittagessen in der Mensa	Mittagessen in der Mensa	Mittagessen in der Mensa	Mittagessen in der Mensa	
13-15 Uhr	Bestandteile der Luft/ Treibhauseffekt	Sensorenbau und Programmieren	Sensorenbau und Programmieren	Testen der Sensoren	

Inhaltsverzeichnis

Sicheres Arbeiten im Labor	5
Einleitung	7
Die Bestandteile der Luft	14
Versuch 1: Flüssiger Stickstoff – Der „Stuttgarter Trichter“ (Demonstrationsversuch)	15
Versuch 2: Löslichkeit von CO ₂ in Wasser	20
Versuch 3: Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid – Trockeneis und gasförmiges CO ₂	28
Versuch 4: Der Einfluss der Ozeane	31
• Versuch 4a: Die Versauerung der Ozeane: Was macht die Ozeane sauer und welche Folgen hat dies?	31
• Versuch 4b: Freisetzung von CO ₂ durch die Ozeane - Warum verstärkt die Erwärmung der Ozeane die globale Erwärmung	36
• Versuch 4c: Wie geht es der Koralle, wenn das Wasser saurer und wärmer wird?	39
• Versuch 4d: Die Ozeane als Klimapuffer Wie schützen uns die Ozeane vor einem noch stärkeren Klimawandel?	42
Versuch 5: Die Wirkung von Treibhausgasen - Welche Wirkung haben Treibhausgase auf die Erdtemperatur?	45
Quellen	54

Allgemeine Laborregeln

Sicheres Arbeiten im Labor

1. Im Labor müssen Schutzbrille und Kittel getragen werden!
2. Im Labor darf weder gegessen noch getrunken werden!
3. Jeder Hautkontakt mit Chemikalien ist zu vermeiden!
4. Das Labor darf nur mit festem Schuhwerk und langer Beinkleidung betreten werden.
5. Lange Haare sollten zusammengebunden werden.
6. Jacken und Taschen dürfen nicht ins Labor mitgenommen werden!
7. Im Labor müssen alle Gefäße in denen Chemikalien sind, beschriftet werden.
8. Lies vor jedem Experiment genau die Versuchsanleitung.
9. Frage bei Problemen die Betreuer*innen.
10. Lasse den Versuchsaufbau stets von einem/r Betreuer*in kontrollieren!
11. Lies die Beschriftung von Chemikalien genau, bevor du sie verwenden.
12. Gehe sorgfältig und sachgerecht mit allen Laborgeräten um!
13. Abfälle dürfen nicht ohne Erlaubnis in den Ausguss entsorgt werden. In der Regel stehen Kanister zur Entsorgung bereit. Achte auf die Anweisungen zur Entsorgung von Chemikalienabfällen. Frage auch hier im Zweifel immer die Betreuer*innen.
14. Halte die Laborräume sauber!
15. Wenn du beim Experimentieren mit Chemikalien in Kontakt gekommen bist, wasche die Hautstelle sofort ab!
16. Chemikalien darf man nicht probieren.
17. Prüfen den Geruch einer Chemikalie stets durch Zufächeln!
18. Wasche dir beim Verlassen des Labors unbedingt die Hände!

Einleitung

In diesem Teil geht es um die Auswirkungen des Klimawandels.



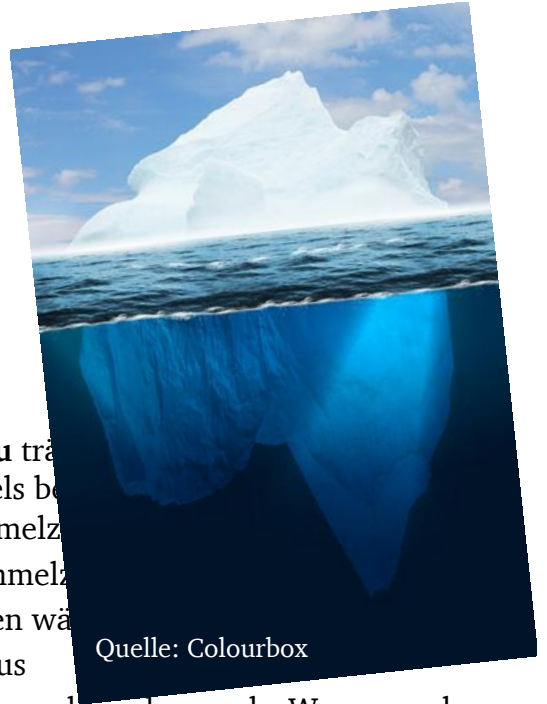
Abbildung 1: Symbolbild Klimawandel (erstellt mit Biorender.com)

Meeresspiegel steigen – was ist der Grund?

Eisberge schwimmen im Meer und schmelzen, Gletscher schmelzen sowohl in den Bergen als auch an den Polkappen, die Meere werden wärmer. Welche Gründe tragen zum Ansteigen des Meeresspiegels bei?



Quelle: <https://www.br.de/nachrichten/wissen/gletscherverlust>



Quelle: Colourbox

Was **denkst Du** trägt zum Ansteigen des Meeresspiegels bei?

- Eisberge schmelzen
- Gletscher schmelzen
- Meere werden wärmer
- die Menschen verbrauchen mehr Wasser und das fließt letztlich über die Flüsse ins Meer
- Anderes: _____

... dazu ein paar Experimente!

Versuch 1: Eisberge schmelzen

Material:

- 1L Becherglas
- 2 Eiswürfel

Durchführung:

Befülle ein 1L-Becherglas mit Leitungswasser und gib einen Eiswürfel hinzu. Markiere den Flüssigkeitsstand mit einem Filzstift. Warte ab bis der Eisberg geschmolzen ist und vergleiche den Flüssigkeitspegel.

Wir haben in unserem Experiment Süßwasser verwendet. Ist das bei Meerwasser genauso? Das Meerwasser hat einen Salzgehalt von etwa 3,5%. Das heißt 3,5g Salz in 100 ml Wasser. Wir wollen prüfen, ob es einen Unterschied macht, ob wir Süßwasser oder Salzwasser verwenden. Führe den Versuch nochmals durch, aber diesmal mit dem „Meerwasser“.

Was kannst Du beobachten in Bezug auf die Füllhöhe?

im

Süßwasser:

im

Salzwasser:

Wie kannst du Deine Beobachtung erklären?

Versuch 2: Wasser wird wärmer

Material:

- Erlenmeyerkolben
- Gummistopfen (durchbohrt) mit Glasrohr
- Heizplatte

Durchführung:

Befülle den Erlenmeyerkolben mit Wasser und verschließe ihn mit dem durchbohrten Stopfen mit Glasrohr. **Achte darauf**, dass im Glasrohr der Wasserstand zu sehen ist.

Erwärme anschließend das Wasser und **beobachte** die Füllhöhe im Glasrohr. Mach Dir Notizen.

Aus welchem Grund ändert sich der Wasserpegel beim Erwärmen?

Kennst Du Gegenstände aus dem Alltag, bei denen man sich Flüssigkeiten, die sich ausdehnen, zu Nutze macht?

Was ist das Resultat aus den Experimenten? Was trägt zur Erhöhung des Meeresspiegels bei?

Fazit 1:

Versuch 4a: Die Versauerung der Ozeane: Was macht die Ozeane sauer und welche Folgen hat dies?

Infotext: Messungen des pH-Wertes in den Ozeanen zeigen eine zunehmende Versauerung des Wassers. Aktuell liegt der pH-Wert des Meerwassers bei ca. 8,1. Es ist also schwach basisch.

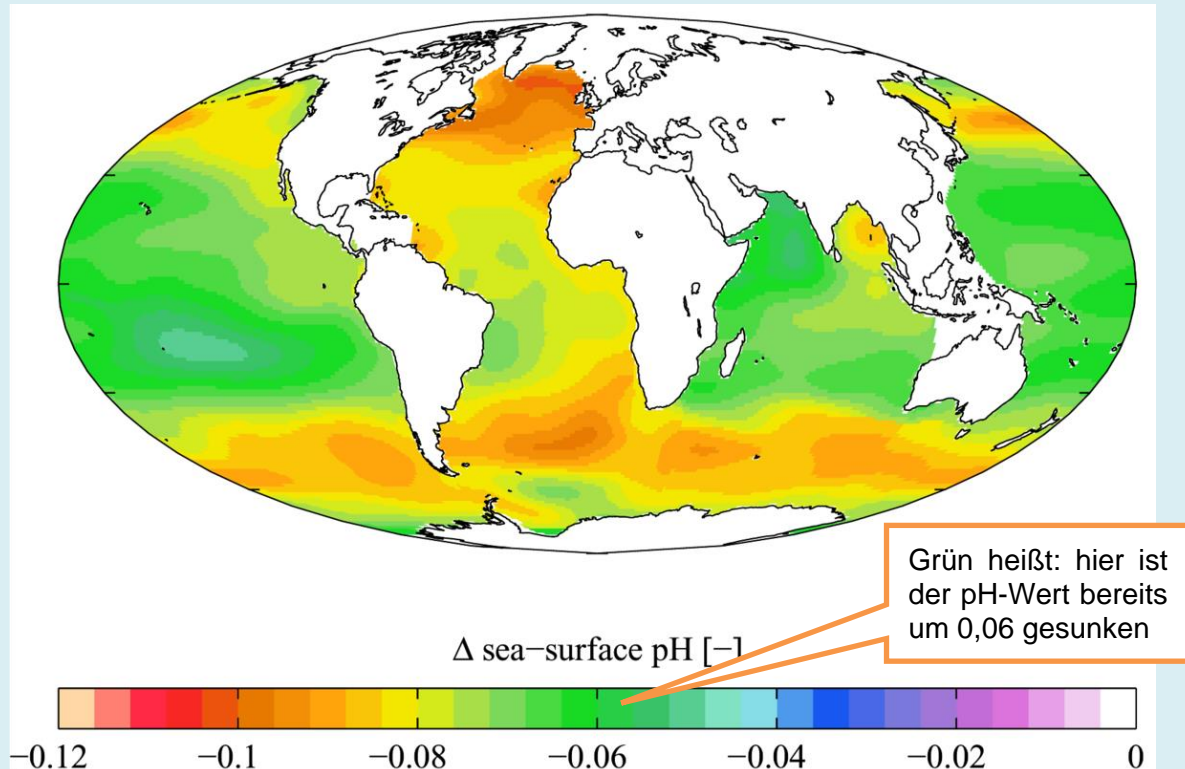


Abbildung 2: Die Grafik zeigt die geschätzte Verringerung des pH-Werts an der Meeresoberfläche durch anthropogenes Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre zwischen ca. 1700 und den 1990er Jahren. In der vorindustriellen Zeit, also vor etwa 150 Jahren, lag dieser Wert bei 8,25. Auch wenn der Abfall von 0,15 pH-Einheiten zunächst gering wirkt, sind die Veränderungen groß. (Bild: Wikipedia).

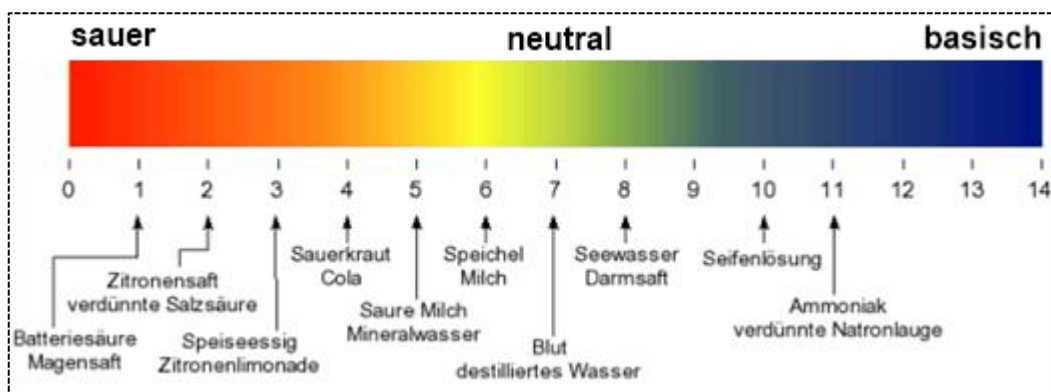
Steigt in der Erdatmosphäre der Gehalt des Treibhausgases CO_2 (beispielsweise durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe), wird dieses auch vermehrt im Meerwasser gelöst und reagiert dort zu Kohlensäure ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$).

+Dies hat fatale Konsequenzen für das Leben dort lebender Algen und Tiere, die an das zunehmend saure Milieu nicht angepasst sind. Außerdem werden z. B. die Schalen von Kalkalgen dünner (siehe Abb.) und Korallen verlieren ihr Kalkskelett.

Hintergrundwissen für den Versuch:

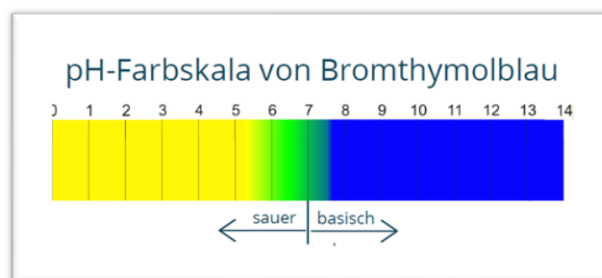
Was ist der pH-Wert?

- Der pH-Wert gibt an, wie sauer oder basisch eine wässrige Lösung ist. Er ist jedoch **kein** Maß für die Säure- bzw. Basenstärke einer Säure oder Base, da er konzentrationsabhängig ist.
 - **pH < 7**: sauer
 - **pH = 7**: neutral
 - **pH > 7** basisch
- **pH-Skala** (Farben vom Universalindikator):¹



Was ist ein Indikator?

Indikator bedeutet „Anzeiger“. In der Chemie ist ein Indikator ein Stoff, der z.B. durch einen Farbwechsel anzeigt, dass sich etwas ändert. Für den Versuch brauchen wir einen pH-Indikator. Dieser zeigt durch Farbwechsel an, ob eine Lösung sauer, basisch oder neutral ist. Hier benutzen wir Bromthymolblau als Indikator. In sauren Lösungen färbt es sich gelb, in neutralen Lösungen grün (die Mischfarbe von Blau und Gelb) und in basischen Lösungen blau.



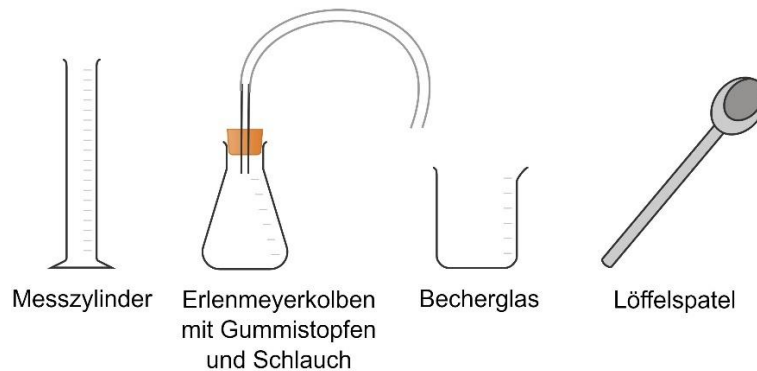
¹ Quelle: <http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/p/images/phwert.gif>

Materialien:

- zwei 50 ml-Bechergläser
- Messzylinder (50 ml)
- Erlenmeyerkolben mit Gummistopfen und Schlauch
- Löffelspatel

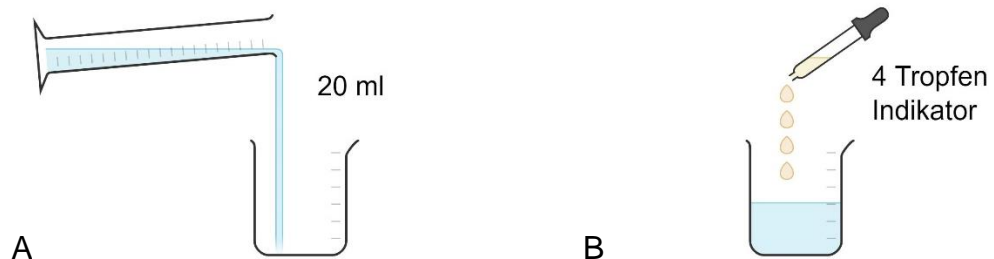
Chemikalien:

- Zitronensäure
- Natriumhydrogencarbonat (Natron)
- Indikator Bromthymolblau mit pH-Wert-Tafel

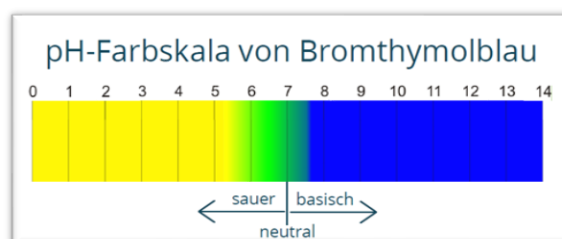


Durchführung:

- Misst mit dem Messzylinder 20 ml (Leitungs-)wasser ab und gibt es in ein Becherglas (A).
- Fügt ca. vier Tropfen des Indikators (Bromthymolblau) hinzu, bis sich die Lösung deutlich verfärbt (B):

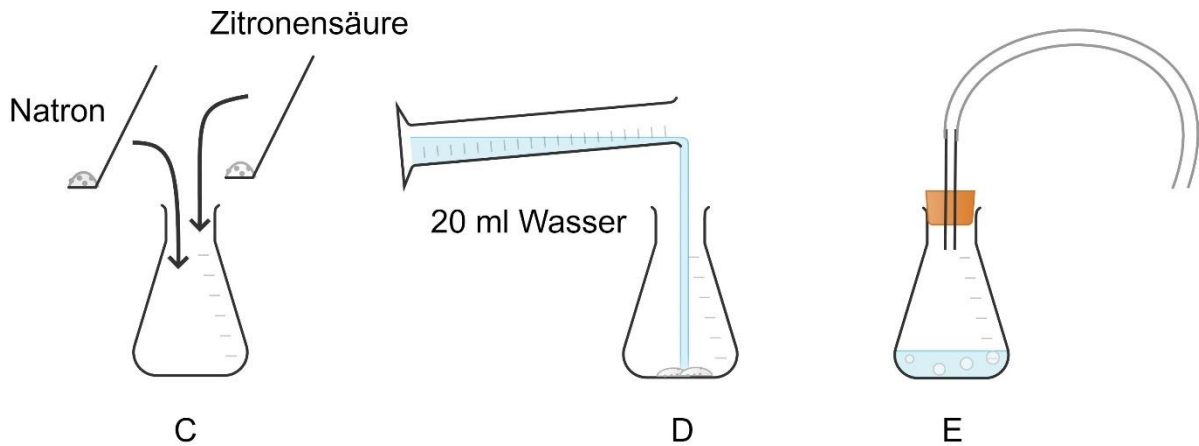


- Vergleicht die Farbe der Lösung mit der pH-Farbskala von Bromthymolblau und notiert den pH-Wert und die Farbe der Lösung in der Tabelle.

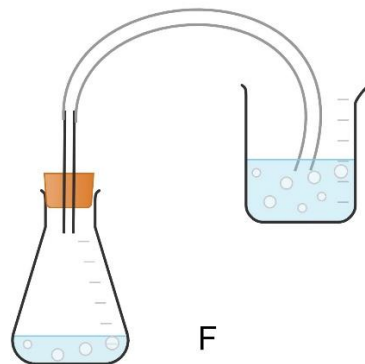


- Mischt im Erlenmeyerkolben je einen halben Löffelspatel voll Zitronensäure und Natron (C) und gibt anschließend vorsichtig ca. 20 ml Wasser mit dem

Messzylinder hinzu (D). Verschließt zügig den Erlenmeyerkolben mit dem Gummistopfen mit Schlauch (E).



- Leitet sehr wenig (wichtig für Versuch 4b) vom entstehenden CO_2 mit dem Schlauch (nur einige „Blubber“) in das Wasser, bis sich die Lösung verfärbt (F).



- Notiert den pH-Wert der Lösung.
- Beschreibt das Versuchsergebnis in einem Satz.

Beobachtungen/Messergebnisse:

	Farbe	pH-Wert	Die Lösung ist...(richtige Antwort ankreuzen)
Wasser			<input type="radio"/> sauer <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> basisch
pH-Wert nach Einleitung von CO_2			<input type="radio"/> sauer <input type="radio"/> neutral <input type="radio"/> basisch

Beschreibung des Versuchsergebnisses in einem Satz:

Auswertung:

Können Sie aufgrund des Versuchsergebnisses etwas über die Wirkung von vermehrtem CO₂-Ausstoß auf die Meere aussagen? Erläutern Sie Ihre Schlussfolgerung.

Versuch 4b: Freisetzung von CO₂ durch die Ozeane - Warum verstärkt die Erwärmung der Ozeane die globale Erwärmung?

Infotext: Die Ozeane haben eine Doppelrolle bei der Milderung der globalen Erwärmung: einerseits speichern sie Wärme, andererseits nehmen sie CO₂ aus der Atmosphäre auf. Wenn jedoch die Temperatur des Wassers zunimmt, verlieren diese Puffer ihre Wirkung: Warmes Wasser nimmt weniger Wärme auf, da die Temperaturdifferenz zur Umgebung geringer wird, und es kann zudem weniger CO₂ lösen, sodass es dies bei höheren Temperaturen sogar wieder freisetzt! Außerdem führt die Versauerung zu einer Auflösung von Kalk, wodurch zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre gelangt. Der Wasserdampf, der durch die erhöhten Wassertemperaturen in stärkerem Maße entsteht, ist als Treibhausgas deutlich stärker als CO₂ und führt so zu einer zusätzlichen Verstärkung des Treibhauseffekts.

Materialien:

- zwei 50 ml-Bechergläser
- Teelicht
- Streichhölzer oder Feuerzeug
- pH-Wert-Tafel

Chemikalien:

- 20 ml saure Lösung (Versuch 4a)
- Bromthymolblau

Falls die saure Lösung nicht aus Versuch 4a nicht zur Verfügung steht:

- Erlenmeyerkolben
- Gummistopfen mit Schlauch
- Löffelspatel
- Zitronensäure
- Natriumhydrogencarbonat (Natron)
- Wasser

Vorbereitung:

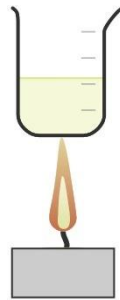
Falls die saure Lösung aus dem vorigen Versuch bereits entsorgt wurde, wird eine neue saure Lösung auf die gleiche Weise hergestellt (siehe Abbildungen Versuch 4a).

- Mischt im Erlenmeyerkolben je einen halben Löffelspatel voll Zitronensäure und Natron und gibt anschließend vorsichtig ca. 20 ml Wasser mit dem Messzylinder hinzu.
- Setzt zügig den Stopfen mit dem Schlauch auf den Erlenmeyerkolben.

- Leitet sehr wenig vom entstehenden CO_2 mit dem Schlauch (nur einige „Blubber“) in das Wasser, bis sich die Lösung gelb verfärbt.

Durchführung:

- Verteilt die saure Lösung gleichmäßig auf die zwei Bechergläser und stellt eines der Gläser zum späteren Vergleich beiseite.
- Erhitzt die saure Lösung in einem der beiden Bechergläser über dem Teelicht für ca. zwei Minuten.



- Stellt das Glas dann neben die Vergleichslösung und wartet noch einige Minuten.
- Stellt die Bechergläser auf einen weißen Hintergrund. Was könnt ihr beobachten? Gebt eventuell noch 1–2 Tropfen Indikatorlösung in beide Bechergläser.

Beobachtungen:

Auswertung:

- Was passiert mit dem gelösten CO_2 im Wasser, wenn das Wasser im Versuch erhitzt wird?
- Was passiert also mit dem gebundenen CO_2 im Wasser, wenn sich das Meer erwärmt? Als Gedankenhilfe kann man überlegen: Was passiert mit der Kohlensäure im Sprudelwasser, wenn man es erwärmt?



Versuch 4c: Wie geht es der Koralle, wenn das Wasser saurer und wärmer wird?

Korallen leben und wachsen in Meeren. Sie sind Polypen (Vielfüßer) und bilden durch Kalkeinlagerung stabile Skelette aus Calciumcarbonat (Kalk). Zu den Meeresbewohnern gehören auch Muscheln. Sie sind Weichtiere (Mollusken), deren Körper durch zwei Kalkschalen geschützt wird.



<https://www.fotocommunity.de/photo/philippinische-korallen-bernd-stahlschmidt/8298402>

Untersuche die Auswirkungen von niedrigen pH-Werten (also Säuren) auf Calciumcarbonat (CaCO_3) und Muschelschalen.

Materialien:

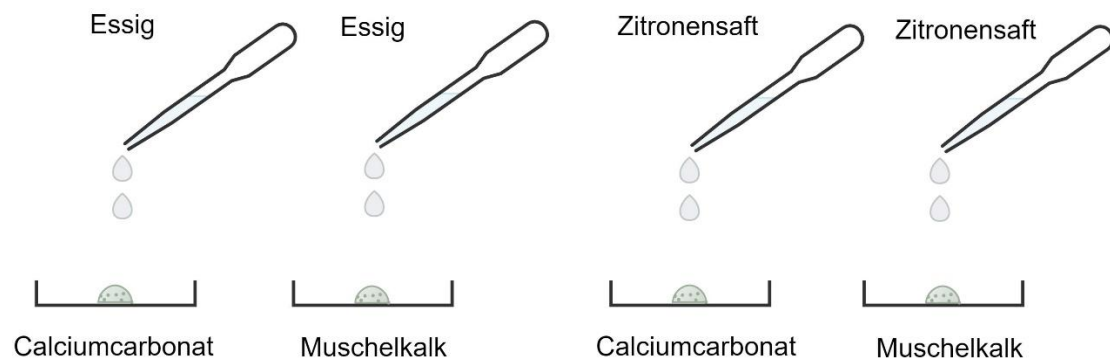
- 4 Petrischalen
- Pipette
- Spatel

Chemikalien:

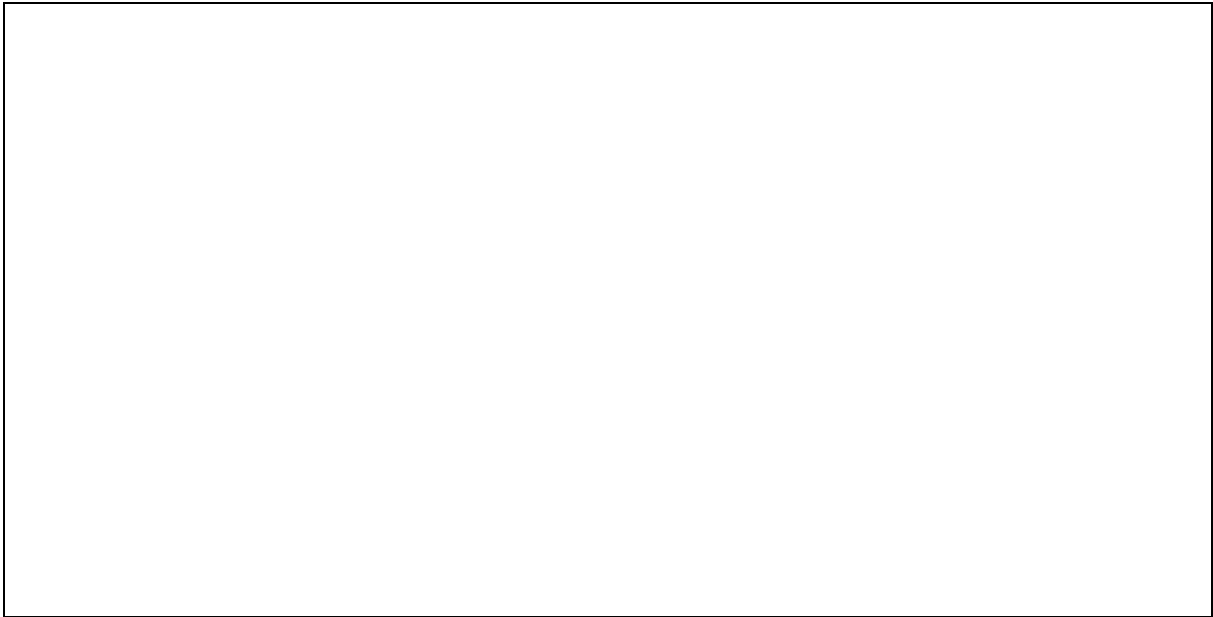
- Calciumcarbonat (CaCO_3)
- gemörserte Muschelschalen
- Essig oder Zitronensaft
- Indikatorpapier

Durchführung:

- Gib eine Spatelspitze Calciumcarbonat in eine Petrischale und eine Spatelspitze Muschelkalk in eine weitere Petrischale und tropfe jeweils mit der Pipette etwas Essig hinzu.
- Führe den Versuch erneut durch und nimm jetzt Zitronensaft.
- Bestimme mit dem Indikatorpapier den pH-Wert von Essig und Zitronensaft.



Beobachtungen:



Auswertung:

- Erkläre anhand der Versuchsergebnisse, welchen Einfluss ein niedriger pH-Wert auf die Kalkskelette von Korallen und Muschelschalen hat.



Was passiert mit der Koralle bei Erwärmung der Meere?

Korallen leben in Symbiose von Polyp und Algen, wodurch die Korallen ihre typischen und vielfältigen Farben erhalten. Die Farbe der Korallen kommt durch Algen, die sich an der Oberfläche ansiedeln. Die Koralle scheidet CO_2 aus und die Algen betreiben Photosynthese mit CO_2 und Sonnenlicht. Sie bilden Zucker, Sauerstoff und andere Nährstoffe, die wiederum die Koralle benötigt. Eine ideale Symbiose. Steigt nun die Temperatur des Wassers über $30\text{ }^\circ\text{C}$, stoßen die Korallen die Algen innerhalb weniger Stunden ab. Zurück bleibt das weiße Skelett der Koralle. In den vergangenen Jahren konnte diese Störung häufig beobachtet werden. Kühlt sich das Wasser nicht innerhalb weniger Wochen ab, bleibt die Koralle weiß und stirbt langsam ab. Man bezeichnet dieses Phänomen als Korallenbleiche.

Schaut euch die folgende Abbildung an (Quelle: <https://p.dw.com/p/117Ex>). Das linke Bild entstand im Dezember 2014, das rechte im Februar 2015, also nur 2-3 Monate



später (Ort: Pazifikinsel Amerikanisch Samoa).

Versuch 4d: Die Ozeane als Klimapuffer Wie schützen uns die Ozeane vor einem noch stärkeren Klimawandel?

Infotext: Etwa 2/3 der Erdoberfläche sind mit flüssigem Wasser bedeckt und das hat Auswirkungen auf das Erdklima. Denn Wasser ist ein sehr effektiver Wärmespeicher: Eine bestimmte Wassermasse kann deutlich mehr Energie pro Kelvin Temperaturerhöhung aufnehmen als z. B. die gleiche Masse an Luft. So erwärmt sich ein Kilogramm Wasser bei einer Energiezufuhr von 4,2 kJ um 1 K. Wasser hat demnach eine Wärmekapazität von 4,2 kJ/kg K. Luft und trockene Erde hingegen haben eine Wärmekapazität von ca. 1 kJ/ kg K. Es genügt also rund ein Kilojoule, um ein Kilogramm dieser Stoffe um 1 K zu erwärmen. Durch den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt wird der Erdoberfläche, und damit auch den Meeren, zusätzliche Energie zugeführt.

Materialien:

- wassergefüllter Luftballon
- Teelicht
- Streichhölzer/Feuerzeug

Durchführung:

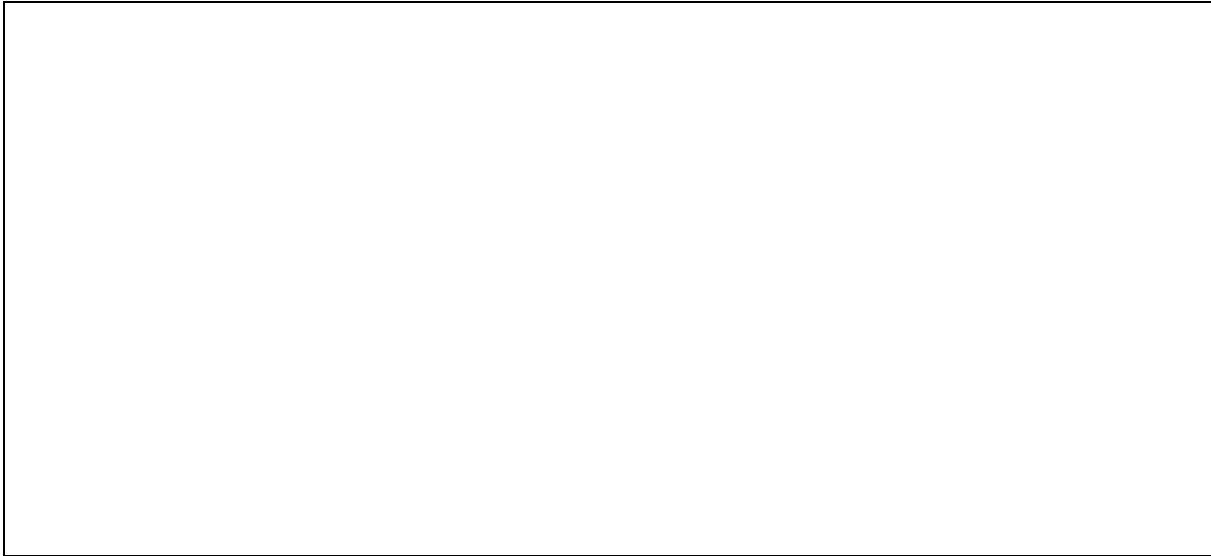
- Füllt einen Luftballon mit Wasser (etwa so groß wie ein Tennisball).
- Zündet das Teelicht an.
- Nähert euch nun mit dem Ballon langsam der Flamme an! Wie dicht traut ihr euch, den wassergefüllten Ballon über die Kerze zu halten?
- Fasst den Ballon nach einiger Zeit von unten an. Hat er sich stark erwärmt?
- Macht den Vergleich mit einem luftgefüllten Ballon.



Beobachtungen:

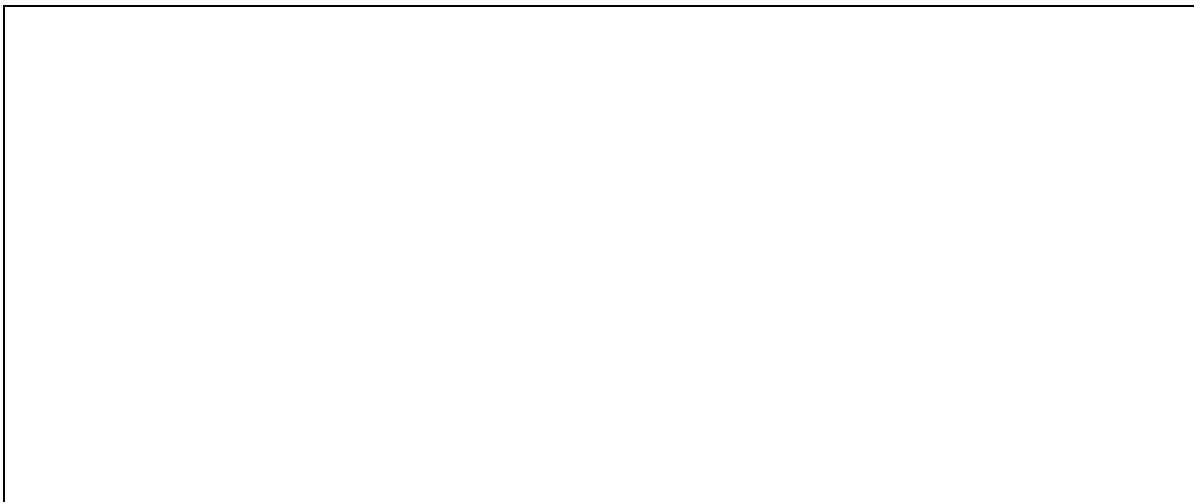
Auswertung:

- Lest euch den Infotext durch und erklärt eure Beobachtungen.

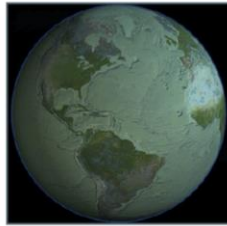


Zusatzaufgaben:

- Durch den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt wird der Atmosphäre zusätzliche Energie zugeführt. Erläutert warum die Auswirkungen ohne unsere Ozeane noch drastischer wären, als sie es heute bereits sind.



- Welche dieser zwei Erden hätte eine höhere Oberflächentemperatur und warum?



Trockene Erde
(Credits: Cook, Nieman, USGS)



Die blaue Perle
(Credits: NASA)

Versuch 5: Die Wirkung von Treibhausgasen - Welche Wirkung haben Treibhausgase auf die Erdtemperatur?

Infotext: Die Atmosphäre der Erde besteht hauptsächlich aus Stickstoff (78%) und Sauerstoff (21%). Treibhausgase wie beispielsweise Kohlenstoffdioxid (0,04%) und Methan (0,0002%) sind nur in Spuren vorhanden, haben aber trotzdem eine große Wirkung! Die Moleküle der Treibhausgase absorbieren die unsichtbare Infrarotstrahlung, die die Erdoberfläche abstrahlt, und werden dadurch in Schwingung versetzt. Diese Schwingungsenergie wird anschließend zum Teil in Form von Bewegungsenergie auf Teilchen in der Umgebung übertragen – die Atmosphäre erwärmt sich!

Fragestellung: Was passiert nun mit der Temperatur der Atmosphäre, wenn Menschen durch Verbrennung fossiler Brennstoffe große Mengen von CO₂ in die Atmosphäre freisetzen?

Mit den folgenden beiden Experimenten kann man auf zwei verschiedenen Wegen beobachten, dass CO₂ Wärmestrahlung absorbiert.

Teil 1: CO₂ absorbiert Strahlungsenergie

Materialien:

- Keramik-Infrarotstrahler im Schutzkorb
- Pappröhre auf Korkhalterung
- Stopfen, Frischhaltefolie und Gummis
- Digitalthermometer
- Erlenmeyerkolben mit Stopfen und Schlauch

Chemikalien:

- Natron,
- Zitronensäure
- Wasser

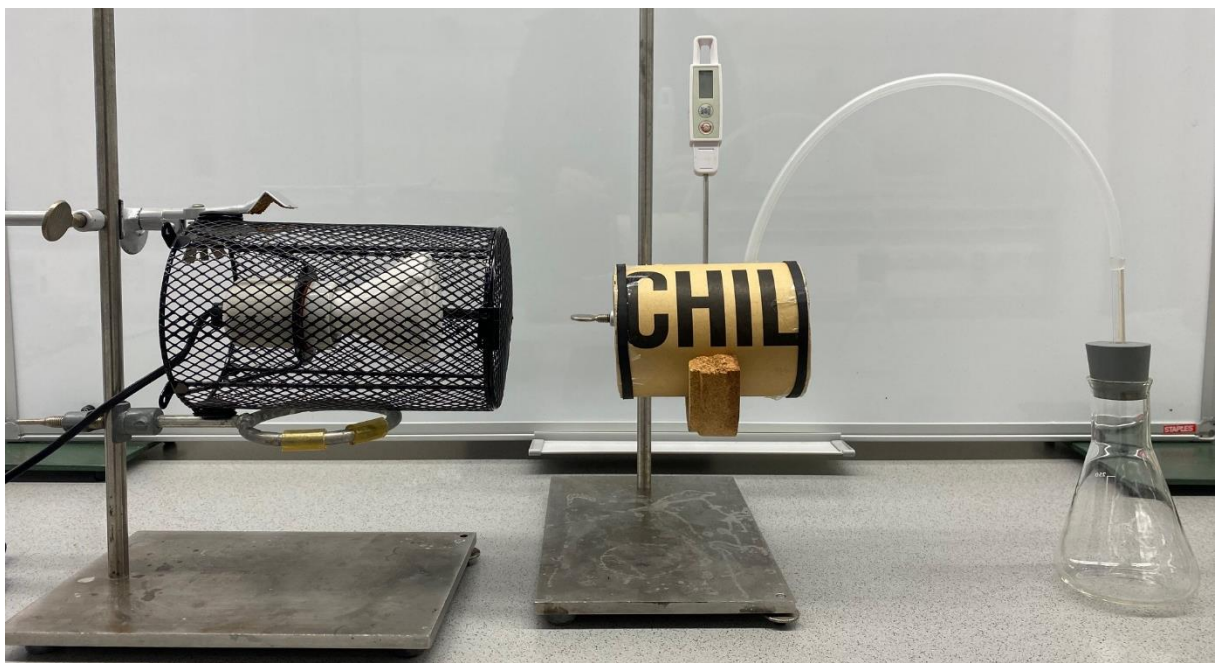
Achtung! Sehr heißer Strahler: Verbrennungsgefahr!

Chemikalien: Schutzbrille tragen!

Vorbereitung:

- Befestigt den Keramik-Infrarotstrahler mit Schutzkäfig am Stativ,
- Verschließt die großen Öffnungen der Pappröhre mit Frischhaltefolie und Haushaltsgummis und befestigt die Pappröhre dann so mit Gummis auf der Korkhalterung, dass der Abstand zwischen Infrarotstrahler und Dose 8 cm beträgt.
- Steckt das Thermometer in das kleine Loch in der Mitte (sodass die Spitze mittig in der Röhre ist) und verschließt die beiden anderen Löcher (CO₂-Zufuhr und Luftauslass) mit je einem Stopfen.
- Schaltet den Infrarotstrahler ein.
- Wartet, bis sich die Temperatur in der Dose innerhalb von 30 Sekunden nicht mehr ändert und man davon ausgehen kann, dass die Gleichgewichtstemperatur erreicht ist (ca. 27 °C). Dies kann bis zu 25 Minuten dauern, wenn der Strahler noch nicht aufgeheizt war.
- Sobald die Gleichgewichtstemperatur erreicht ist, wird im nächsten Schritt (Durchführung) CO₂ in die Pappröhre zugeführt.

Aufbau:



Durchführung:

- Startet das Experiment, wenn die Gleichgewichtstemperatur erreicht ist. Notiert diese, bevor ihr fortfahrt!
- Erzeugt nun CO_2 und leitet es in die Dose: Je zwei Teelöffel Natron und Zitronensäure im Erlenmeyerkolben (noch ohne Wasser) mischen und die beiden kleinen Stopfen. Die aus der Dose entfernen. Dann den Schlauch durch eines der Löcher schieben, ca. 30 ml Wasser zur Säure-Natron-Mischung geben und den Stopfen mit Schlauch zügig aufsetzen!
- Schwenkt den Erlenmeyerkolben leicht und entfernt nach ca. eineinhalb Minuten den Schlauch wieder aus der Dose. Verschließt nun die Löcher zügig wieder mit den kleinen Stopfen – die CO_2 -Konzentration in der Dose ist nun stark erhöht - viel höher als sie es auf der Erde ist. Dies ist notwendig, da das Papprohr ja nur einige cm lang ist, die Atmosphäre jedoch einige km dick!
- Beobachtet die gemessene Temperatur in den nächsten Minuten und wartet, bis sich erneut eine Gleichgewichtstemperatur einstellt. Notiert deren Wert und vergleicht mit der vorigen Temperatur.

Beobachtungen:

Aufgabe: Welche Teile des Experiments entsprechen welchem Teil in der Realität?
Verbindet die Kreise.

<u>Experiment</u>		<u>Realität</u>
Luft in der Dose	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> zusätzliche Treibhausgase
Keramik- Infrarotstrahler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> Atmosphäre der Erde mit normaler CO ₂ - Konzentration
im Erlenmeyerkolben erzeugtes CO ₂	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> Erdboden

Aufgabe: Die CO₂-Konzentration der Atmosphäre wird in parts per million (ppm) gemessen. Es wird also angegeben, wie viele Moleküle CO₂ eine Million Moleküle trockene Luft enthält.

- Sucht im Internet nach „NASA CO₂“ und recherchiert dort die aktuelle CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Vergleicht diese auch mit den historischen Werten der letzten 800.000 Jahre in der Abbildung dort.
- Was führt seit etwa dem 19. Jahrhundert zum beobachteten Anstieg der Treibhausgaskonzentration? Wie hängt das Experiment mit diesen Daten zusammen?

Teil 2: Infrarotstrahlung wird abgefangen

Zusätzlich zur Messung der Temperatur in der Dose kann die Strahlung gemessen werden, welche durch die Dose hindurchgeht (Transmission).

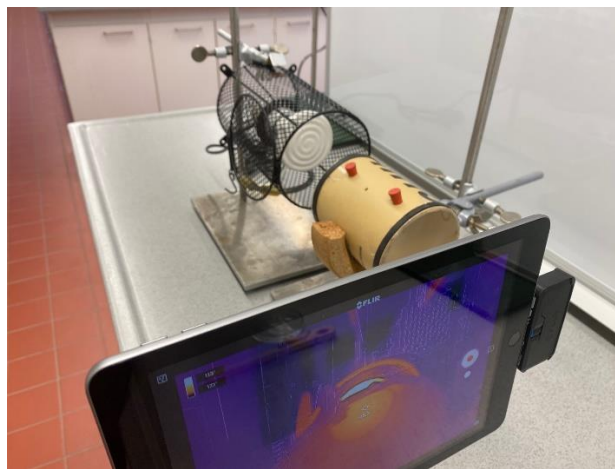
Materialien:

- Materialien wie beim Experiment oben
- zusätzlich: Wärmebildkamera und Stativ

Achtung! Sehr heißer Strahler: Verbrennungsgefahr!

Vorbereitung:

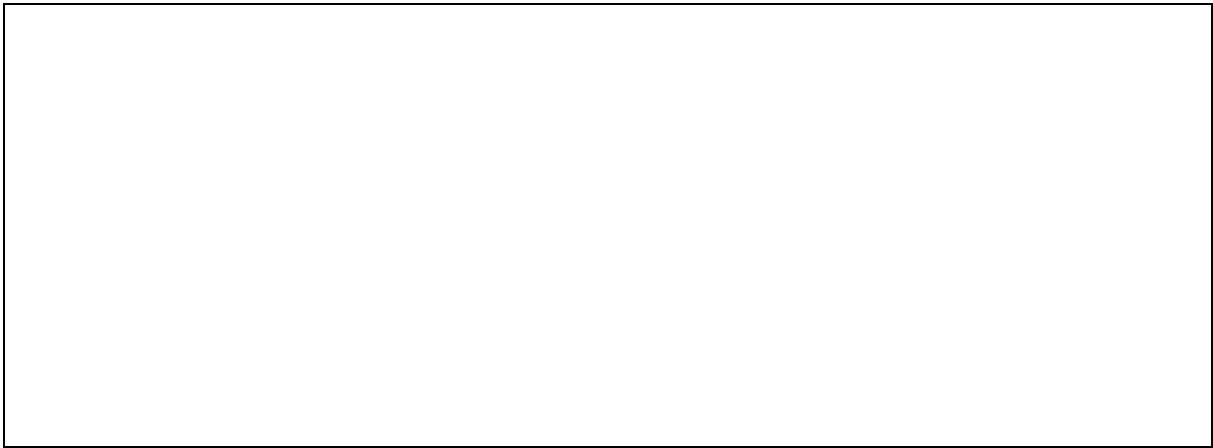
- Öffnet für diesen Versuch vorsichtig den Schutzkorb (Verbrennungsgefahr!), sodass sich kein Gitter zwischen Infrarotstrahler und Pappröhre befindet.
- Befestigt die Wärmebildkamera so auf dem Stativ, dass die Wärmestrahlung durch die Pappröhre auf die Messöffnung der Wärmebildkamera trifft und das Zielkreuz auf dem Wärmestrahler liegt.



Durchführung:

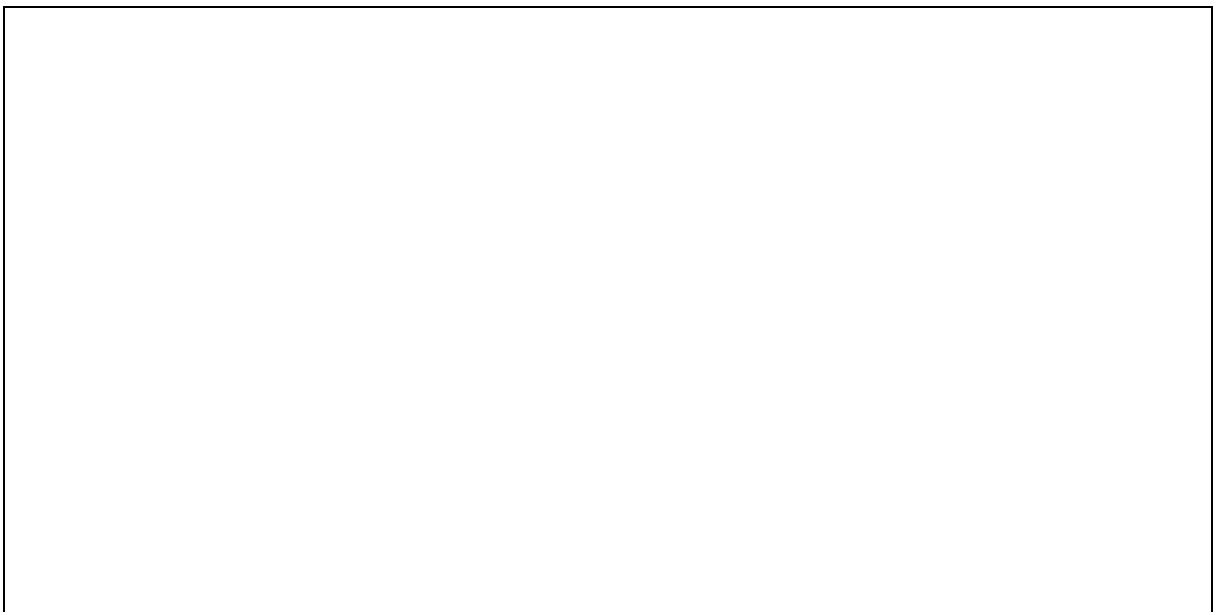
- Wartet, bis die Temperatur konstant bleibt (wie oben) und beobachtet dann die Temperaturanzeige (und das sichtbare Bild) der Wärmebildkamera beim Einfüllen von CO₂ in die Pappröhre.

Beobachtungen:



Auswertung:

Interpretiert das Ergebnis! Beachtet dabei, dass eine Wärmebildkamera die Temperatur eines Objektes über die ausgesandte Wärmestrahlung berechnet.



Teil 3: Warum führt eine Absorption von Infrarotstrahlung in der Atmosphäre zu einer Erwärmung der Erdoberfläche?

Materialien:

- Keramik-Infrarotstrahler im Schutzkorb
- Glas-Petrischale
- Wärmebildkamera
- Reagenzglasklammer

Durchführung:

Die Glas-Petrischale wirkt im folgenden Versuch wie eine sehr dichte Treibhausgas-Atmosphäre, die fast die komplette Wärmestrahlung des Infrarotstrahlers (Modell für die strahlende Erdoberfläche) absorbiert.

- Beobachtet den Infrarotstrahler mit der Wärmebildkamera zunächst ohne Glasplatte und schiebt dann die Petrischale mit der Reagenzglasklammer nah am Schutzkorb teilweise ins Bild, sodass der Wärmestrahler im Bild sichtbar bleibt und ihr den Unterschied mit und ohne Glasplatte beobachten könnt.
- Notiert eure Beobachtungen und wartet ca. zwei Minuten, während die Glasscheibe Strahlungsenergie absorbiert.
- Betrachtet nun direkt im Anschluss die Glasschale mit der Wärmebildkamera von allen Seiten. Dass die Glasschale in alle Richtungen abstrahlt, ist ein weiterer entscheidender Baustein zum Verständnis des Treibhauseffekts.



Absorption Modellatmosphäre



Rückstrahlung Modellatmosphäre

Beobachtungen:

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for recording observations. It occupies the upper half of the page.

Erklärt, indem ihr die Satzbausteine in die richtige Reihenfolge bringt:

- Durch die Aufnahme dieser Strahlungsenergie erwärmt sich die Atmosphäre.
- Treibhausgase in der Atmosphäre (Glas-Petrischale) absorbieren einen Teil der von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung.
- Aufgrund dieser zweiten Strahlungsquelle (also Sonne + Atmosphäre) erwärmt sich die Erdoberfläche – und zwar umso stärker, je mehr Energie die Atmosphäre durch Treibhausgase absorbiert.
- Die Atmosphäre gibt die absorbierte Energie nun wiederum gleichmäßig in alle Richtungen ab, also auch in Richtung Erde.

Quellen:

Der Großteil des Skripts beruht auf den Materialien zum Experimentiertag „Bestandteile der Luft“ aus dem Programm des Merck-TU Darmstadt-Juniorlabors.

Einige Versuche stammen (modifiziert) aus dem Handbuch „Der Klimawandel: verstehen und handeln. Ein Bildungsprogramm für Schulen der Fakultät für Physik der LMU München:

https://klimawandel-schule.de/materialien/Handbuch/Handbuch_Klimawandel.pdf

Mehr Informationen und Materialien gibt es hier:

<https://klimawandel-schule.de/>

Auch aus dem Schülerskript „HaZweiO – über Klima, Eisberge und Pflanzen“ des NaT-Labs für Schülerinnen und Schüler der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden Aspekte in modifizierter Form übernommen.

Grafiken wurden mit Biorender.com, chemix.org und Powerpoint erstellt.