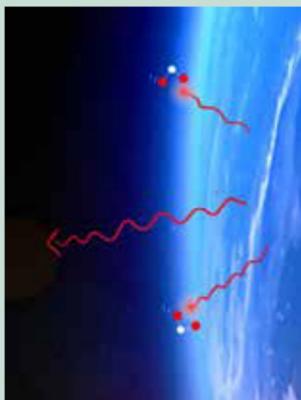


Aktivität 5 – Die Wirkung von Treibhausgasen

Welche Wirkung haben Treibhausgase auf die Erdtemperatur?

Hintergrund:

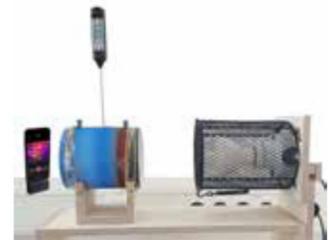


Absorption von IR-Strahlung durch

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

Zwei Modellexperimente zur Absorption von Wärmestrahlung durch CO₂

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



Vorbereitung

Materialien:

- | | |
|---|---|
| ✓ Keramik-Infrarotstrahler im Schutzkorb (stellt die Erdoberfläche dar) | ✓ Digitalthermometer |
| ✓ Pappröhre auf Holzhalterung | ✓ Erlenmeyerkolben mit Stopfen und Schlauch |
| ✓ Stopfen, Frischhaltefolie und Gummis | ✓ Natron, Zitronensäure und Wasser |
| | ✓ Wärmebildkamera und Stativ |

Achtung! Sehr heißer Strahler: Verbrennungsgefahr! Chemikalien: Schutzbrille tragen!

Vorbereitung:

- Steckt den Keramik-Infrarotstrahler mit der Holzhalterung auf die nach oben geklappten Füße des Holzrahmens und schiebt die Holzhalterung für die Pappröhre bis zum Anschlag in die beiden Löcher (s. Bild).
- Verschließt die großen Öffnungen der Pappröhre mit Frischhaltefolie und Haushaltsgummis und befestigt die Pappröhre dann so mit Gummis auf der Holzhalterung, dass der Abstand zwischen Infrarotstrahler und Dose 8cm 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. Lest euch, während sich der Strahler erwärmt, den Hintergrundtext aufmerksam durch und ordnet die Teile des Experiments (links) den Entsprechungen in der Realität (rechts) zu:

Luft in der Dose
Keramik-Infrarotstrahler
Im Erlenmeyerkolben erzeugtes CO₂

Zusätzliche Treibhausgase
Atmosphäre der Erde mit normaler CO₂-Konzentration
Erboden

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.
- Während der Wartezeit: Anhand des Posters zur Aktivität 5, diskutiere wie Treibhausgase wie CO₂, Wärmestrahlung absorbieren und die aufgenommene Strahlungsenergie in Schwingungsenergie umwandeln. Können Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle in ähnlicher Form auch Wärmestrahlung aufnehmen und in Schwingungen versetzen? Was ist der Unterschied zwischen ihnen und CO₂ und H₂O?

Hinweis

- Startet die Experimente, wenn die Gleichgewichtstemperatur erreicht ist. Notiert diese bevor Ihr weiter fortfahrt

Teil 1: Infrarotstrahlung wird abgefangen - Transmissionsexperiment

Durchführung:

- 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.
- Zusatz bei Wärmebildkameras mit feststellbarer Temperaturskala (z.B. FLIR C3-X): Stelle die Temperaturskala . auf manuell, fixiere die obere Grenze (Maximaltemperatur des Wärmestrahlers) und stelle die untere Grenze dann ca. 20°C darunter ein.
- Beobachtet im Folgenden die Temperaturanzeige (und ggf. das sichtbare Bild) der Wärmebildkamera beim . einfüllen von CO₂ in die Pappröhre. Gleichzeitig könnt ihr die Temperatur des Stabthermometers, das mittig in der Dose platziert ist, messen (siehe Teil 2).



Experiment: Absorption von Wärmestrahlung I

Einführung von CO₂:

- Mischt je zwei Teelöffel Natron und Zitronensäure im Erlenmeyerkolben (noch ohne Wasser!).
- Die beiden kleinen Stopfen aus der Dose entfernen.
- Dann den Schlauch durch eines der Löcher schieben, ca. 30 ml Wasser zur Säure-Natron-Mischung geben und den großen Stopfen mit Schlauch zügig auf den Erlenmeyerkolben aufsetzen! Schwenkt den Erlenmeyerkolben leicht, sodass das CO₂ in die Dose geleitet wird. Dies soll ca. eineinhalb Minuten lang dauern.
- Danach den Schlauch wieder aus der Dose entfernen und gleichzeitig die beiden Löcher zügig wieder mit den kleinen Stopfen verschließen. Die CO₂-Konzentration in der Dose ist nun stark erhöht.
- 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.

Auswertung:

- Interpretiert das Ergebnis! Beachtet dabei, dass eine Wärmebildkamera die Temperatur eines Objektes über die ausgesandte Wärmestrahlung berechnet (s. Aktivität 4 – Stefan-Boltzmann-Gesetz).

Teil 2: Messung der Temperaturerhöhung in der Pappdose

Wissend über das Transmissionsexperimentes, dass Wärmestrahlung in der Pappdose absorbiert wird, kann man sich fragen was sich in der Pappdose nun verändert hat. Dafür kommt das Stabthermometer zum Einsatz, das mittig in der Pappdose platziert ist.

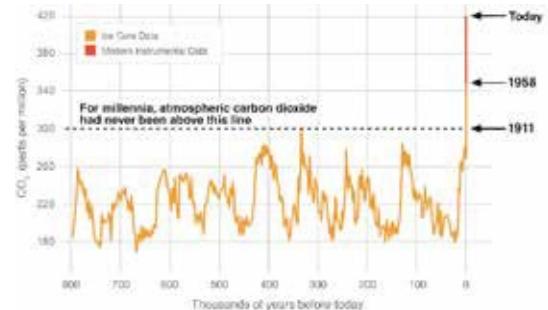
Durchführung:

- Miss die Temperatur angezeigt im Stabthermometer, nachdem CO_2 eingeführt wurde. Vergleiche sie mit der Gleichgewichtstemperatur zu Beginn und interpretiert das Ergebnis!



Aufgabe:

- Die CO_2 -Konzentration der Atmosphäre wird in parts per million (ppm) gemessen. Es wird also angegeben, wie viele Moleküle CO_2 eine Million Moleküle trockene Luft enthält. Sucht im Inter-net nach „NASA CO₂“ und recherchiert dort die aktuelle CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre. Vergleicht auch mit den histo-rischen Werten der letzten 800.000 Jahre in der Abbildung dort.
- Was führt ca. seit dem 19. Jahrhundert zum beobachteten Anstieg der Treibhausgaskonzentration? Wie hängt das Experiment mit diesen Daten zusammen?



Quelle: NASA



Die Autoren Cecilia Scorza-Lesch und Harald Lesch beim experimentieren. Quelle: Highlights der Physik 2022