

Aktivität 5 – Die Wirkung von Treibhausgasen

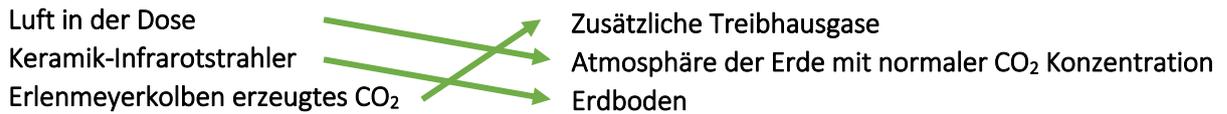


Moritz Strähle und
Cecilia Scorza

Welche Wirkung haben Treibhausgase auf die Erdtemperatur?

Teil 1: CO₂ absorbiert Strahlungsenergie

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

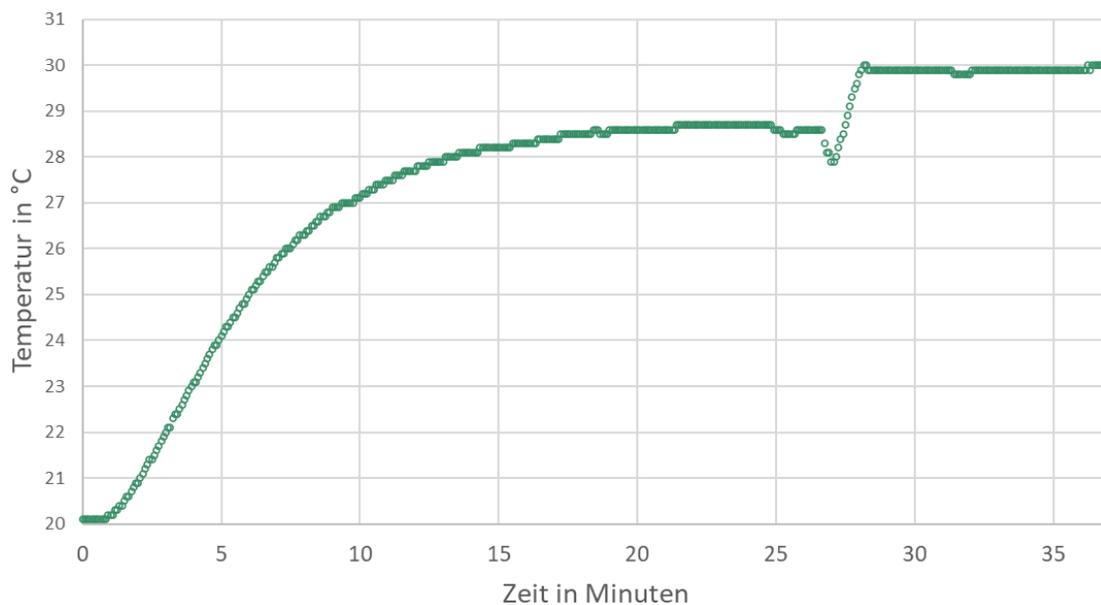


Durchführung:

- 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.

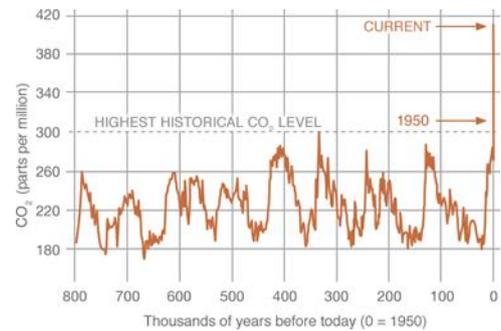
*Im Folgenden dargestellt, ist eine musterhafte Messung mit Gleichgewichtstemperatur ohne CO₂: 28,8°C
Gleichgewichtstemperatur mit CO₂: 29,6°C
Die Temperatur steigt insgesamt um 0,8°C!*

Absorption von Wärmestrahlung durch CO₂



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 auch mit den historischen Werten der letzten 800.000 Jahre in der Abbildung dort.



Quelle: NASA

Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist in den letzten 200 Jahren um knapp 50% gestiegen - von ca. 0,0280% auf heute 0,0416% (NASA, Februar 2021).

In den historischen Werten sind periodischen Schwankungen zu erkennen, wobei Zeiten mit höherer CO₂ Konzentration sich mit Zeiten niedrigerer CO₂ Konzentrationen abwechseln.

Die Entwicklung der CO₂ Konzentration im letzten Jahrhundert ist jedoch in höchstem Maße abnormal und nicht vergleichbar mit den Schwankungen der letzten 800.000 Jahre! Wir haben seit dem 19. Jahrhundert einen extrem starken und schnellen Anstieg an CO₂ in der Atmosphäre. Die derzeitige Konzentration ist so hoch wie nie!



Quelle: climate.nasa.gov/evidence/

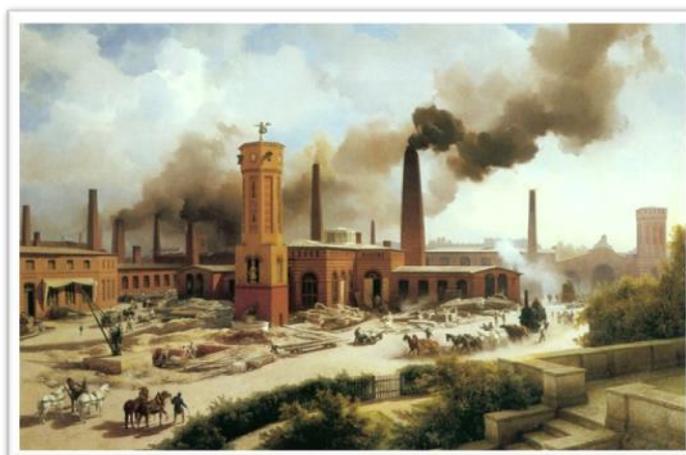
? Was führt ca. seit dem 19. Jahrhundert zum beobachteten Anstieg der Treibhausgaskonzentration?
Wie hängt das Experiment mit diesen Daten zusammen?

Seit dem 19. Jahrhundert bzw. mit dem Beginn der industriellen Revolution stößt der Mensch enorme Mengen an CO₂ durch Maschinen wie Autos aus! Viele Technologien, die der Mensch entwickelt hat, basieren u.a. auf fossilen Brennstoffen oder Kohle, wobei ein Endprodukt CO₂ ist, welches ausgestoßen wird, damit wir z.B. Strom nutzen können.

Da CO₂ in der Atmosphäre den Treibhauseffekt verstärkt und damit für einen Temperaturanstieg des Planeten sorgt (Erinnerung: Strahlungsgleichgewicht), ist es sehr einfach zu erkennen, dass der Mensch direkt für die Erderwärmung bzw. den Klimawandel verantwortlich ist.



„The Fastest Time on Record“, Foto von 1893, Quelle: Wikimedia



Karl Eduard Biermann 1847
Quelle: Preußen Kunst und Architektur, Wikimedia (11.02.2020)

Teil 2: Infrarotstrahlung wird abgefangen

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

Durchführung:

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

Nach dem Einfüllen von CO₂ ändert sich das Bild auf der Wärmebildkamera, die betrachtete Zone wird etwas dunkler bzw. Die abzulesende Temperatur nimmt nach ca. 5min etwas ab. Ca. 0,6°C geringer.

Der gleiche Prozess ist in Folgendem Video etwas spektakulärer dargestellt:

<https://www.youtube.com/watch?v=SeYfl45X1wo>

Vorbereitung:

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

Die Wärmestrahlung kommt nun nichtmehr ungehindert zur Wärmebildkamera. Das CO₂ nimmt die Energie aus der Wärmestrahlung auf und gibt diese gleichmäßig in beide Richtungen (zur Lampe und zur Kamera) wieder ab. Somit kommt nicht mehr die gesamte Wärmestrahlung der Lampe bei der Kamera an, das Bild wird dunkler bzw. die Temperatur niedriger (Stefan-Boltzmann: geringerer Strahlung → geringere Temperatur).

Im Grunde genommen wurde ein Aspekt des Treibhauseffekts auf der Erde hier simuliert:

Die Lampe strahlt (stellvertretend für die Erde) Wärmestrahlung ab; in Richtung Wärmebildkamera (stellvertretend für das Weltall). Die Röhre mit dem CO₂ (stellvertretend für die Atmosphäre) nimmt diese jedoch auf und strahlt selbst wieder einen Teil zurück.

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

Durchführung:

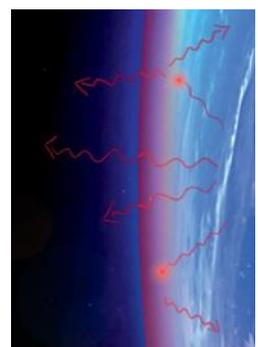
- Die Glas-Petrischale wirkt im folgenden Versuch wie eine sehr dichte Treibhausgas-Atmosphäre, die fast die komplette Wärmestrahlung des Infrarotstrahlers (Modell für die strahlende Erdoberfläche) absorbiert. Beobachtet den Infrarotstrahler mit der Wärmebildkamera zunächst ohne Glasplatte und schiebt dann die Petrischale 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.

Ohne Glasplatte ist ein hellrot bis weißes Bild auf der Kamera zu sehen, wo der Strahler ist. Mit der Glasplatte dazwischen ändert sich dies rapide, das Bild wird dunkler und die Temperatur ist auch stark erniedrigt, wo der Strahler ist. Nach einiger Zeit nimmt die Temperatur aber wieder etwas zu.

Die Glasplatte absorbiert die Wärmestrahlung des Strahlers und strahlt selbst wieder Wärmestrahlung ab. Mit der Zeit nimmt sie dabei mehr Energie vom Strahler auf.

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

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



Rückstrahlung von IR-Strahlung durch die Atmosphäre