

Experiment: Treibhauseffekt in der Wasserflasche

Aus: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, Klimawandel
Heft 2/59, März 2010, Aulis Verlag

Treibhauseffekt in der Wasserflasche

C. Krichenbauer u. H. Wiesner

Das wichtigste natürliche Treibhausgas in der Atmosphäre ist der Wasserdampf, das bedeutendste anthropogene Treibhausgas ist Kohlenstoffdioxid [1]. Mit sehr einfachen Mitteln lässt sich der Einfluss dieser beiden Treibhausgase in der Luft – einem Vorschlag aus einer BBC-Sendung [2] folgend – demonstrieren. Dazu werden PET-Flaschen unterschiedlich befüllt: mit normaler Luft, mit Wasserdampf angereicherter (oder „trickener“ Luft) oder mit Luft mit erhöhter CO_2 -Konzentration. Die Flaschen werden beleuchtet und in Parallelversuchen wird der Temperaturanstieg vergleichend registriert. Die Versuche sind unter Verwendung des computerorientierten Messsystems von PASCO so einfach, dass sie ohne weiteres auch als Lernstationen für Schülerinnen und Schüler angeboten wer-

den können. Neben Temperaturfühlern gibt es zu diesem System auch Sensoren für den CO_2 -Anteil in Luft und einen Wittersensor zur Messung der (absoluten) Luftfeuchtigkeit.

Benötigt werden:

- 2 leere und trockene 1,5 Liter PET-Flaschen und eine weitere Flasche, in die der PASCO-Wittersensor (mit Tesafilm) eingeklebt wird
- 2 identische Digitalthermometer
- 1 Flasche Mineralwasser mit Kohlensäure als CO_2 -Quelle
- 1 Halogenstrahler (z.B. 500 W) und eine Infrarotlampe (z.B. 150 W)
- den Sensor für den CO_2 -Gehalt und den Wittersensor für die Luftfeuchtigkeit (z.B. von PASCO)
- Schlauch, Gummistopfen.

1 | Demonstration des Einflusses eines erhöhten CO_2 -Gehaltes in der Luft

Die beiden PET-Flaschen werden nebeneinander aufgestellt, mit jeweils einem digitalen Thermometer versehen und diese mit dem PASCO-Explorer verbunden (siehe Abb. 1). Nach einer Blindprobe, die zeigt dass in beiden Flaschen die Temperatur durch die Bestrahlung etwa parallel ansteigt, wird in einer der beiden Flaschen der CO_2 -Anteil gegenüber der Raumluft erhöht. Dies kann beispielsweise durch Zugabe von Zitronensäure oder Atemluft geschehen (letzteres ist etwas problematisch, weil dadurch gleichzeitig der Anteil des Treibhausgases Wasserdampf ansteigt). Natürlich kann alternativ auch CO_2 direkt aus einer Kohlendioxidflasche beigegeben werden, mit einer Brausetablette oder durch ein Kalk-Säure-Gemisch erzeugt werden. Sehr einfach ist es auch, das Kohlendioxid durch Schütteln einer Flasche Mineralwasser freizusetzen und durch einen Schlauch direkt in die PET-Flasche zu geben. Die Flasche wird anschließend wieder mit Thermometer und Gummistopfen dicht verschlossen und zurückgestellt. Der Halogenstrahler (oder eine Infrarotlampe) wird im Abstand von etwa 0,5 m derart aufgestellt, dass er beide Flaschen gleichmäßig bestrahlt. Bereits nach kurzer Zeit ist zu beobachten, dass der Temperaturanstieg in der Flasche mit erhöhter CO_2 -Konzentration sich schneller erwärmt als die Raumluft in der Referenzflasche. Nach einigen Minuten liegt die Temperatur in der Flasche mit erhöhtem CO_2 -Anteil um ein bis zwei Grad höher.

Abb. 2 zeigt den Temperaturverlauf in Luft mit einem CO_2 -Anteil von 90000 ppm im direkten Vergleich mit Umgebungsluft (500 ppm CO_2 , Wasserdampfgehalt in beiden Fällen 5,1 g/m³). Bereits nach 5 Minuten zeigt sich ein Temperaturunterschied, der im Laufe der Zeit zunimmt. Da der Treibhauseffekt – A. darauf beruht, dass die von der Erde abgegebene Strahlung zu längerwelligen Anteilen hin verschoben ist als die einfallende Sonnenstrahlung, kann der Versuch noch einmal mit einer Infrarotlampe wiederholt werden. Es ist ein deutlicher Unterschied zwischen naher und ferner Halogenleuchte



Abb. 1: Versuchsanordnung mit 2 PET-Flaschen, zwei Temperatursensoren, dem PASCO-explorer GLX und der Lampe

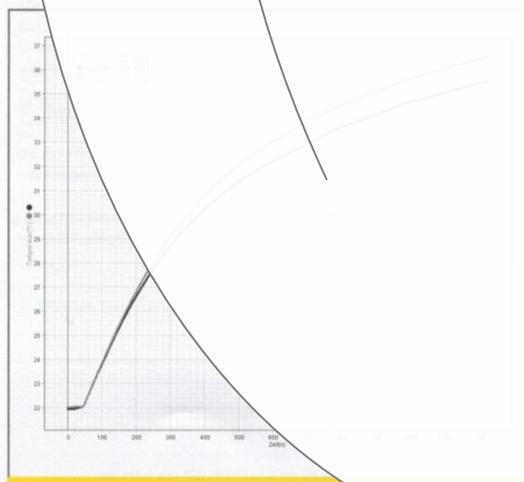


Abb. 2: Temperaturverlauf in Luft mit einem CO_2 -Anteil von 90000 ppm im direkten Vergleich mit Umgebungsluft (500 ppm CO_2 , Wasserdampfgehalt in beiden Fällen 5,1 g/m³). Bereits nach 5 Minuten zeigt sich ein Temperaturunterschied, der im Laufe der Zeit zunimmt.

und Infrarotlampe feststellbar (obwohl die von uns verwendete Infrarotlampe eine weit geringere Leistung aufweist). Da die Leistungen der Lampen im Bereich der Absorptionsbanden von CO_2 und H_2O nicht bekannt sind, ist der Vergleich allerdings nicht ganz unproblematisch.

2 | Demonstration des Einflusses von Wasserdampf in der Luft

In dem obigen Versuch war Wasserdampf in der Luft enthalten gewesen. Dieser Anteil ist aber in beiden Fällen vergleichbar groß, so dass er zunächst außer Betracht gelassen werden kann. Der Wasserdampf kann zu einem größeren Teil durch Adsorption an Zeolith entfernt werden. Dazu werden einige Löffel Zeolith in die Flasche gegeben, diese verschlossen und nach einer Stunde der Vergleichsversuch durchgeführt, mit dem der Einfluss des in der Raumluft enthaltenen Wasserdampfes demonstriert werden kann. Bei auf diese Weise „getrocknete“ Luft (Luftfeuchtigkeit etwa 1 g/m^3) wurde nach ca. 11-12 Minuten eine um $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere Temperatur bei der mit CO_2 angereicherten Luft im Vergleich zur Raumluft gemessen (Abb. 3). Der Temperaturunterschied ist bei „trockener“ Luft erwartungsgemäß geringer als bei Luft mit „normalem“ Wasserdampfgehalt. Einfacher ist ein Vergleich zwischen Luft mit „normaler“ Luftfeuchte und Luft mit höherem Wasserdampfanteil, indem in die zweite Flasche etwas Wasser hineingetropt wird oder ein feuchter Lappen hineingelegt wird. An den Flaschenwänden sollte sich kein Wasserfilm absetzen. Mit dem PASCO-Wetterensensor kann die absolute Luftfeuchtigkeit gemessen werden (s. Abb. 4). Wir hatten 5 g/m^3 Wasser in der Raumluft und 25 g/m^3 in der zweiten Flasche. Das Ergebnis ist in Abb. 5 dargestellt. In der Luft mit hohem Wasserdampfgehalt ist die Temperatur bereits nach ca. 10 Minuten Bestrahlung (Halogenlampe) um $1 \text{ }^\circ\text{C}$ höher

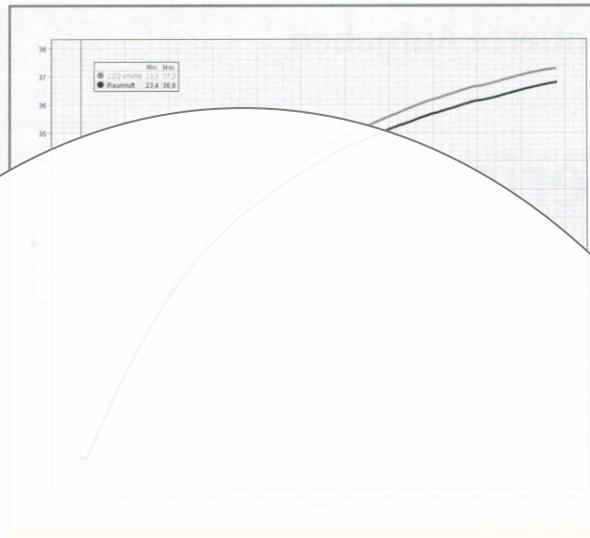


Abb. 3: Temperaturverläufe bei Luft mit geringem Wasserdampfgehalt und unterschiedlich erhöhtem CO_2 -Anteil (grau)

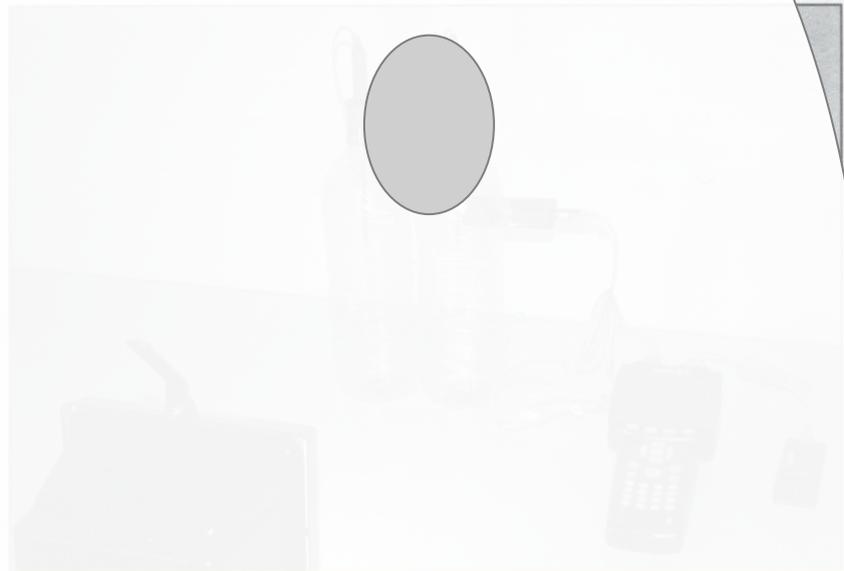


Abb. 4: Versuchsanordnung mit 2 PET-Flaschen, Temperatursensoren, dem PASCO-explorer GLX und der Lampe



Abb. 5: Temperaturverläufe bei Luft mit unterschiedlichem Wasserdampfgehalt (grau erhöht) und vernachlässigbarem Anteil von CO_2

Literatur

- [1] C. Schönwiese, in diesem Heft
[2] BBC-Link: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8394168.stm>

Anschrift der Verfasser

C. Kriechenbauer u. Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner,
Lehrstuhl für Didaktik der Physik,
Universität München,
Theresienstraße 37, 80333 München,
E-Mail: hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de;
christoph@kriechenbauer.de