

Atmosphäre I – Treibhausgase sind Spurengase

Zeitbedarf: 20 Minuten

Informationen für die Lehrperson:

Kompetenzformulierung: Die Lernenden können in eigenen Worten erklären, warum man bei Treibhausgasen auf der Erde von Spurengasen spricht.



Erklären = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse (hier Verständnis „in Spuren“) verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

Fachliche Key Idea: Die Treibhausgase machen durchschnittlich weniger als 1 % der Atmosphäre aus. Sie zählen daher zu den sogenannten „Spurengasen“.

Adressierte Schülervorstellung: Nach der Studie von Schubatzky et al. (2024) denkt die Mehrheit der befragten Schüler:innen, der Anteil der Treibhausgase an der Atmosphäre betrage mindestens 30 %.

Belege, Hinweise:

- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2024). How well do German A-Level Graduates understand the Scientific Underpinnings of Climate Change? *Sustainability* 16(17), 7264.
- Tabelle 1 Anteile von Gasen in der Atmosphäre [L1]:

GAS	SYMBOL	CONTENT
Nitrogen	N ₂	78.084%
Oxygen	O ₂	20.947%
Argon	Ar	0.934%
Carbon dioxide	CO ₂	0.035%
Neon	Ne	18.182 parts per million
Helium	He	5.24 parts per million
Methane	CH ₄	1.70 parts per million
Krypton	Kr	1.14 parts per million
Hydrogen	H ₂	0.53 parts per million
Nitrous oxide	N ₂ O	0.31 parts per million
Carbon monoxide	CO	0.10 parts per million
Xenon	Xe	0.09 parts per million
Ozone	O ₃	0.07 parts per million
Nitrogen dioxide	NO ₂	0.02 parts per million
Iodine	I ₂	0.01 parts per million
Ammonia	NH ₃	trace

Chemical makeup of the atmosphere INCLUDING water vapor

WATER VAPOR	NITROGEN	OXYGEN	ARGON
0%	78.084%	20.947%	0.934%
1%	77.30%	20.70%	0.92%
2%	76.52%	20.53%	0.91%
3%	75.74%	20.32%	0.90%
4%	74.96%	20.11%	0.89%

In the Earth's desert regions (30°N/S) when dry winds are blowing, the water vapor contribution to the composition of the atmosphere will be near zero.

Water vapor contribution climbs to near 3% on extremely hot/humid days. The upper limit, approaching 4%, is found in tropical climates.

The table (left)(above) shows the changes in atmospheric composition with the inclusion of different amounts of water vapor.

Hintergrundinformation:

Kleine Mengen an Treibhausgasen haben eine große Wirkung! Obwohl ihr Anteil an der Atmosphäre durchschnittlich weniger als 1 % ausmacht, sorgen sie für eine globale Durchschnittstemperatur von etwa 15 °C (vor der Industrialisierung). Ohne die Treibhausgase läge diese Temperatur bei –18 °C und Leben, wie wir es kennen, wäre nicht möglich.

In der Tabelle der atmosphärischen Zusammensetzung wird von trockener Luft ausgegangen. Der Grund dafür ist, dass der Wasserdampfanteil stark variabel ist. Im Mittel beträgt der Wasserdampfanteil in der Atmosphäre unter 1 %.

In Summe sind Treibhausgase in der Atmosphäre der Erde sogenannte Spurengase, d. h. sie machen nur einen kleinen Anteil der Atmosphäre aus, und doch haben sie einen starken Einfluss auf das Klima der Erde durch den Treibhauseffekt.

In der Atmosphäre der Venus ist Kohlenstoffdioxid (CO₂) mit einem Anteil von 96 % das häufigste Gas überhaupt. Zusammen mit einer sehr dichten Atmosphäre ergibt sich ein sehr starker Treibhauseffekt mit Temperaturen bis 500 °C am Boden der Venus. Auf dem Mars ist der relative Anteil von Kohlenstoffdioxid (CO₂) ähnlich hoch wie auf der Venus, aber die Atmosphäre ist sehr dünn, was zu einem sehr schwachen Treibhauseffekt führt. Beide Beispiele sollen verdeutlichen, dass Kohlenstoffdioxid (CO₂) nicht immer ein Spurengas ist.

Mögliche weitere Punkte:

- Es gibt einen Zusammenhang zwischen Wasserdampf und CO₂. Entsprechend der Clausius-Clapeyron-Gleichung kann Luft umso mehr Wasserdampf enthalten, je wärmer sie ist. Deshalb steuert der CO₂-Gehalt über die Temperatur den Wasserdampfgehalt.
- Es gibt verschiedene Treibhausgase: CO₂, CH₄, ...
- Es gibt andere Beispiele, wo kleine Mengen große Effekte haben können: Vergiftung, elektrische Verstärker, Transistor, uvm.
- Die Anzahl der CO₂ Moleküle ist in der Größenordnung 10⁴¹. Ein kleiner Anteil ist nicht unbedingt gleichbedeutend mit einer kleinen Menge, da hier 0,04 % CO₂ einer absoluten Menge in der Größenordnung von 10⁴¹ Molekülen entspricht. Das sind ungefähr 2x10³ Gt CO₂.

Ab jetzt für die Schüler:innen:

Atmosphäre I – Treibhausgase

Mit diesem Tutorial lernst du zu erklären, warum Treibhausgase auf der Erde als „Spurengase“ bezeichnet werden.



Erklären = Sachverhalte mit Hilfe eigener Kenntnisse aus diesem Tutorial verständlich und nachvollziehbar machen und ggf. durch zusätzliche Informationen in Zusammenhänge einordnen

Anchor:

Auf weather.com wurde am 2.10.2018 folgender Bericht veröffentlicht [1]:

Klimaziele unerreichbar: Erdtemperatur wird in neue Rekordhöhen steigen

Von Michael Odenwald, 2.10.2018

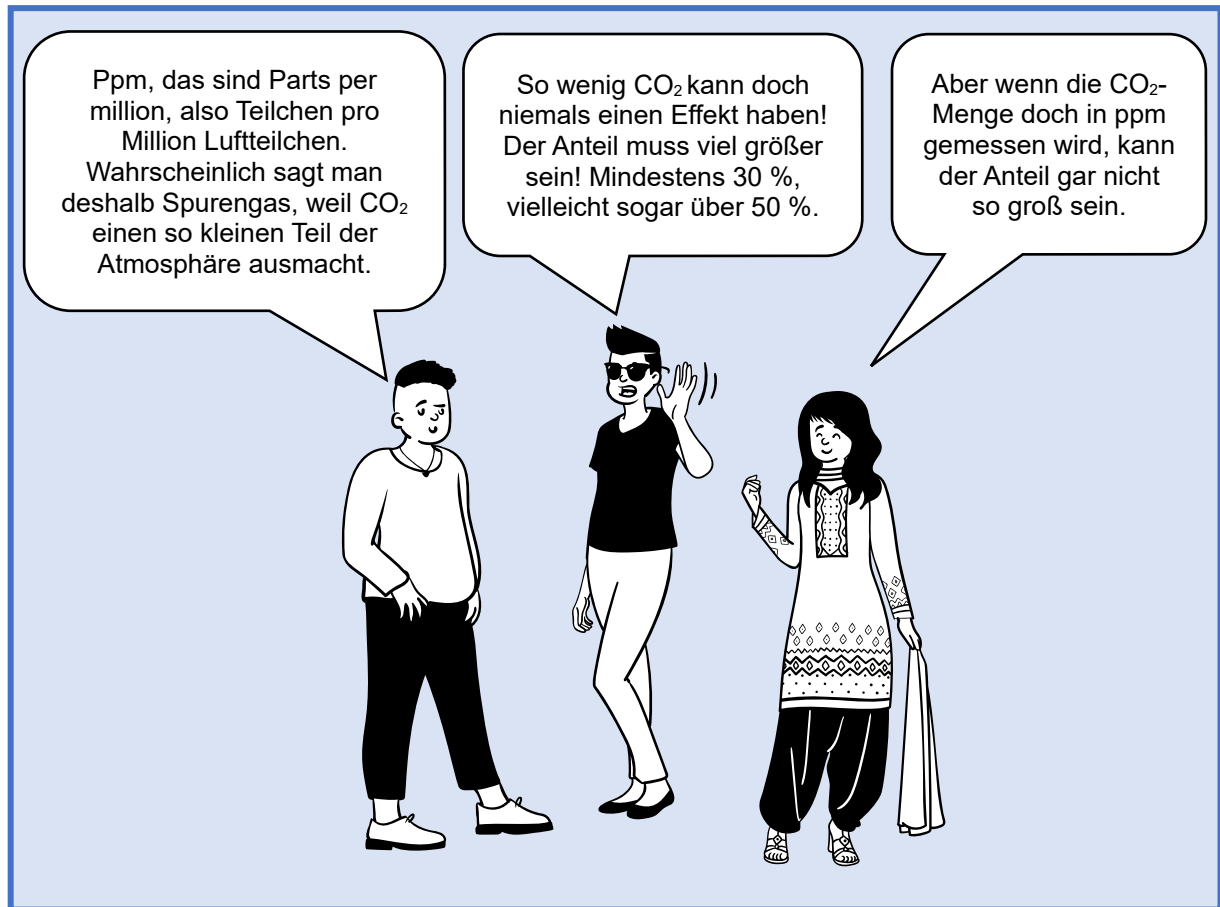
Bei CO₂-Verdoppelung 1,5 bis 4,5 Grad Erderwärmung

Vorindustriell lag [die atmosphärische Konzentration von CO₂] bei 280 ppm (die Maßeinheit steht für „parts per million“, also Teilchen pro Million Luftteilchen) [...]. Das Mauna-Loa-Observatorium der US-Atmosphären- und Meeresbehörde NOAA auf Hawaii maß im vergangenen August 407 ppm. Vor zehn Jahren waren es noch 382 ppm.

Der Weltklimarat IPCC prognostiziert bei CO₂-Verdoppelung eine Erderwärmung zwischen 1,5 und 4,5 Grad Celsius. [...]

Concept Cartoon

Drei Schüler:innen unterhalten sich über diesen Bericht und darüber, wie groß der Anteil an Kohlenstoffdioxid (CO₂) in der Atmosphäre insgesamt ist:



Was meinst Du? Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du zu? Welcher Aussage/welchen Aussagen stimmst du nicht zu? Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

1. Die Zusammensetzung der Atmosphäre



Die US-Regierungsorganisation für Ozeane und Atmosphäre (NOAA) veröffentlicht auf ihrer Website ihre Messwerte zur Zusammensetzung der Luft. Tabelle 1 zeigt die gemessene Zusammensetzung nach den häufigsten Gasen in trockener Luft, das heißt ohne Wasserdampf, obwohl Wasserdampf auch ein Treibhausgas ist.

Tabelle 1: Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre im Juli 2023 nach den häufigsten Gasen, Treibhausgase sind markiert [2]. (Hinweis: 1 part per million = 0,0001 %)

Gas	Symbol	Anteil
Stickstoff	N ₂	78,084 %
Sauerstoff	O ₂	20,947 %
Argon	Ar	0,934 %
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	0,035 %
Neon	Ne	18,182 parts per million
Helium	He	5,24 parts per million
Methan	CH ₄	1,70 parts per million
Krypton	Kr	1,14 parts per million
Wasserstoff	H ₂	0,53 parts per million
Lachgas	N ₂ O	0,31 parts per million



Vervollständige Tabelle 2 mit den Konzentrationen der drei Treibhausgase (blau markiert) aus Tabelle 1 in Prozent und ppm. Berechne die fehlenden Werte. (Hinweis: 1 ppm = 0,0001 %)

Tabelle 2: Drei häufige Treibhausgase und ihre Konzentration.

Treibhausgas	Konzentration in %	Konzentration in ppm



Addiere nun die Anteile aller in Tabelle 2 genannten Treibhausgase und gib den Wert in ppm an:

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

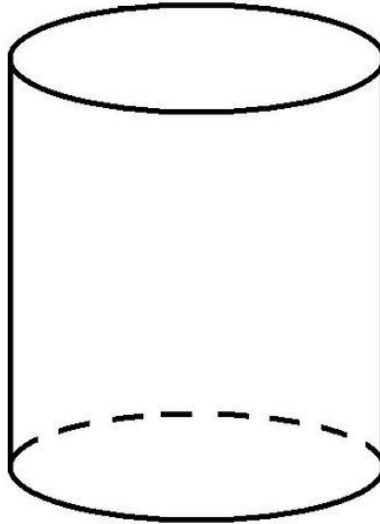
2. Der Anteil der Treibhausgase



Ist der Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre größer oder kleiner als 1 %? Entscheide mithilfe der Informationen aus Tabelle 2.



Skizziere in der Box frei Hand die Anteile von Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) in der Atmosphäre, sowie den Anteil aller restlichen Gase zusammen. Besprich deine Lösung mit deiner/deinem Sitznachbar:in.



(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)



Du weißt jetzt, dass der Anteil der Treibhausgase (ohne Wasserdampf) in der Atmosphäre % beträgt. Der Anteil von Kohlenstoffdioxid (CO_2) in der Atmosphäre beträgt sogar nur %.

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

3. Treibhausgase als Spurengase

Auf gutefrage.net fragt ein User:

Sind Treibhausgase und Spurengase in Bezug auf die Atmosphäre dasselbe?

Verwende die folgenden Informationen, um einen Kommentar zu verfassen:



Gase, die nur in sehr kleinen Anteilen in der Atmosphäre vorkommen, werden als Spurengase bezeichnet = „in Spuren vorkommend“.



Erkläre mit Hilfe dieser Information in eigenen Worten, warum man Kohlenstoffdioxid (CO₂) und alle anderen Treibhausgase zu den „Spurengasen“ zählt. Notiere deine Antwort und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

Dein Kommentar:

(Klärung der richtigen Antwort mit der Lehrperson/Musterlösung.)

4. Zurück zum Anfang



Geh zurück zum Concept Cartoon. Beurteile deine ursprüngliche Einschätzung mithilfe der Informationen aus diesem Tutorial. Notiere deine Antwort, begründe sie und besprich sie mit deiner/deinem Sitznachbar:in.

(Think-Pair-Share oder gleich im Plenum)



Zusatzinformation: Wie du im Bericht am Anfang gelesen hast, erhöht sich die Kohlenstoffdioxid- (CO₂-) Konzentration aktuell. Das gilt auch für andere Treibhausgase. Die Kohlenstoffdioxid- (CO₂-) Konzentration lag zum Beispiel 2018 schon bei 407 ppm. **Trotz ihres geringen Anteils an der Atmosphäre üben Treibhausgase einen großen Einfluss auf das Klima aus.**

Literaturverzeichnis

- [L1] National Oceanic and Atmospheric Administration (2023). The Atmosphere <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere> [Zugriff: 03.10.2023]
- [1] <https://weather.com/de-DE/wissen/klima/news/2018-10-02-klimawandel-erdtemperatur-wird-in-neue-rekordhoehen-steigen> [Zugriff: 19.7.2023]
- [2] <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere>

[Tutorials in Climate Change](#) © 2024 by The Engaging Collaboration are licensed under [CC BY-NC-SA 4.0](#)