

## Die globale Erwärmung verstehen – Treibhausgase (Lösung)

Beim Treibhauseffekt wirken viele natürlich vorkommende Gase, deren Konzentration durch den Menschen zusätzlich erhöht wurde und immer noch wird. Die Gase absorbieren die Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche und verstärken die atmosphärische Gegenstrahlung, die zurück zur Erde geworfen wird.

Seit der Industrialisierung nehmen die Emissionen bestimmter Treibhausgase in hohem Maße zu und verstärken den Treibhauseffekt, was zur kontinuierlichen Erderwärmung führt. Die Treibhausgas-Emissionen treiben den menschengemachten (anthropogenen) Klimawandel an.

### Aufgabe 1: Verschiedene Treibhausgase

- a) Recherchiere die Eigenschaften von vier wichtigen Treibhausgasen und notiere deine Ergebnisse stichpunkteartig. Später werden alle Ergebnisse im Klassenverband in einer Liste zusammengeführt.

Mögliche Recherchelinks findest du in der Linkliste.

Folgende Eigenschaften sollten bei deiner Recherche enthalten sein:

- **Entstehung und Verwendung:** Bei welchen Vorgängen entstehen die Treibhausgase und in welchen Produkten werden sie verwendet?
- **Treibhauspotenzial:** Wie groß ist das sogenannte „Treibhauspotenzial“ der verschiedenen Gase? (Falls du den Begriff nicht kennst, recherchiere ihn und notiere die Bedeutung.)
- **Verweildauer:** Wie lange verweilen die Treibhausgase nach ihrem Eintritt in der Atmosphäre?

Zusätzlich können folgende Werte recherchiert werden: (Tipp: auf der Website des Landesamtes für Umweltschutz findet man Angaben dazu.)

- **Weltweite Konzentration und Beitrag zum Treibhauseffekt in % im Jahr 2020**

- b) Vergleiche das Treibhauspotenzial von Methan, Lachgas und Fluorchlorkohlenwasserstoffen mit dem Treibhauspotenzial von CO<sub>2</sub>. Was schließt du daraus?

### Antwort Aufgabe 1

- a) Die natürlich vorkommenden Gase wie Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) absorbieren die Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche und verstärken die Gegenstrahlung, die zurück zur Erde geworfen wird. Im Unterschied dazu haben Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Stickstoff (N<sub>2</sub>), die ca. 99 % der Atmosphäre bilden, ein sehr geringes Emissions- und Absorptionsvermögen im Bereich der langwelligen Strahlung; sie sind also nicht für den Treibhauseffekt verantwortlich.

Nachfolgend sind die wichtigsten langlebigen Treibhausgase aufgelistet.

### CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid)

- Freisetzung bei Verbrennung von fossilen Brennstoffen, aber auch bei Brandrodung von Wäldern zur Gewinnung landwirtschaftlicher Flächen
- Lebensdauer bis zu 100 Jahre, Abbau nur durch Nachwuchs entsprechender Pflanzengrößen
- Treibhauspotenzial ist 1 (CO<sub>2</sub> ist Bezugspunkt für die anderen Gase)

- weltweite Kohlendioxid-Konzentration im Jahr 2020: 412,5 ppm (parts per million) = 412,5 CO<sub>2</sub> Moleküle pro 1 Million Luftmoleküle
- Beitrag zum Treibhauseffekt 2020: 66 %

### **CH<sub>4</sub> (Methan)**

- Entsteht bei der Landwirtschaft durch Viehhaltung (Wiederkäuer wie Rinder) und Reisanbau (anaerobe Bakterien im Wasser), aber auch Freisetzung durch Auftauen von Permafrostböden und aus tropischen Feuchtgebieten
- Treibhauspotenzial\*: 28, d. h. 28-mal wirksamer als CO<sub>2</sub> bezogen auf 100 Jahre
- Lebensdauer ca. 12 Jahre
- weltweite Methan-Konzentration im Jahr 2020: ca. 1.879,3 ppb (parts per billion) = 1.879,3 CH<sub>4</sub> Moleküle pro 1 Milliarde Luftmoleküle
- Beitrag zum Treibhauseffekt 2020: 16 %

### **N<sub>2</sub>O (Distickstoffmonoxid/Lachgas)**

- Verwendung im medizinischen Bereich (Anästhesie), indirekte Freisetzung in intensiver Landwirtschaft durch Viehhaltung (Gülle) und durch Stickstoffdüngung, da Stickstoffdünger unter bestimmten Bedingungen in Distickstoffmonoxid umgewandelt wird. Auch Maßnahmen zur Senkung der Stickstoffemissionen bei Verbrennungen, beispielsweise in Fahrzeugen mit Katalysator, führen zur Zunahme der Emissionen an Distickstoffmonoxid.
- Treibhauspotenzial\*: 265 → 265-mal wirksamer als CO<sub>2</sub> bezogen auf 100 Jahre
- Lebensdauer ca. 120 Jahre
- Weltweite Lachgas-Konzentration im Jahr 2020: über 333 ppb
- Beitrag zum Treibhauseffekt 2020: 6 %

### **FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe)**

- Vorkommen in Lösungsmitteln, Treibgasen (Spraydosen), Kältemitteln (Klimaanlagen, Kühlschränken usw.)
- Treibhauspotenzial\*: 4.660 bis 12.400 → bis zu 12.400-mal wirksamer als CO<sub>2</sub> bezogen auf 100 Jahre
- Lebensdauer bis zu 50.000 Jahre
- Beitrag zum Treibhauseffekt 2020: ca. 7 %

### **SF<sub>6</sub> (Schwefelhexafluorid)**

- Als Lichtbogenlöschmittel in Hochspannungsschaltern
- Treibhauspotenzial: 23.500 → 23.500-mal wirksamer als CO<sub>2</sub> bezogen auf 100 Jahre
- Lebensdauer ca. 3.200 Jahre

\* Treibhauspotenzial gemäß IPCC AR5 (Fünfter Weltklimabericht des Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, veröffentlicht 2014/2015)

- b) Methan, Lachgas und Fluorchlorkohlenwasserstoffe haben ein höheres Treibhauspotenzial als CO<sub>2</sub>, teilweise tausend- bis zehntausendmal höher.  
Sie kommen zwar nicht in so hoher Konzentration in der Atmosphäre vor, tragen aber dort um ein Vielfaches mehr zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei als CO<sub>2</sub>.  
Die Reduktion von CO<sub>2</sub> hat die höchste Priorität. Bei Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion sollten aber Methan, Distickstoffmonoxid und Fluorchlorkohlenwasserstoffe nicht außer Acht gelassen werden.

## Aufgabe 2: Verweildauer

Beantworte die Frage „Warum wird die Erderwärmung noch Jahrhunderte bis Jahrtausende konstant bleiben, selbst wenn keine Treibhausgase mehr emittiert werden?“, indem du mit der jeweiligen Verweildauer argumentierst.

### Antwort Aufgabe 2

Die Treibhausgase bleiben je nach Verweildauer noch Jahrzehnte bis Jahrtausende in der Atmosphäre und tragen dort zur Erwärmung der Erde bei. Die Erderwärmung könnte also nicht sofort gestoppt oder rückgängig gemacht werden, selbst wenn kein einziges Treibhausgas neu in die Atmosphäre gelangen würde. Die Erderwärmung bleibt also bestehen, bis die Treibhausgase zum großen Teil abgebaut sind. Da das noch Jahrtausende dauert, ist es sinnvoll, den Treibhausgasausstoß schnellstmöglich zu stoppen.

## Aufgabe 3: Fluorchlorkohlenwasserstoffe und die Ozonschicht

Erkläre, was Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) mit dem Ozonloch und mit der Erderwärmung zu tun haben.

### Antwort Aufgabe 3

Die Ozonschicht in der Stratosphäre schützt vor UV-B-Strahlung der Sonne. Die Stratosphäre ist eine stabile Luftsicht, es findet wenig Austausch nach oben und unten statt. Normalerweise herrscht ein Gleichgewicht zwischen Bildung und Abbau von Ozon.

Niedermolekulare FCKW steigen in die Stratosphäre auf und sind dort kurzwelliger UV-Strahlung ausgesetzt. Dadurch werden Chlor-Kohlenstoff-Bindungen gespalten. Freigesetzte Chlorradikale zersetzen Ozonmoleküle. In Folgereaktionen kann es zur Zersetzung weiterer Ozonmoleküle kommen. Das o. g. Gleichgewicht ist gestört.

Über der Antarktis hat sich seit den 1980er Jahren ein Ozonloch gebildet, das jedes Jahr im antarktischen Frühling (September/Oktober) auftaucht. Ab November, im antarktischen Sommer, wird das Ozonloch wieder kleiner. Bei höherer Sonneneinstrahlung entsteht neues Ozon. Außerdem zirkulieren dann die Luftsichten besser und ozonreichere Luftmassen gelangen in die Antarktis. Allerdings haben Wissenschaftler festgestellt, dass diese Erholung der Ozonschicht durch die fortschreitende Erderwärmung nicht mehr so gut funktioniert. Durch den Klimawandel wird die atmosphärische Zirkulation verändert. Warme Luft wird schneller und tiefer Richtung Südpol transportiert. In tieferen Schichten wird jedoch weniger Ozon produziert.