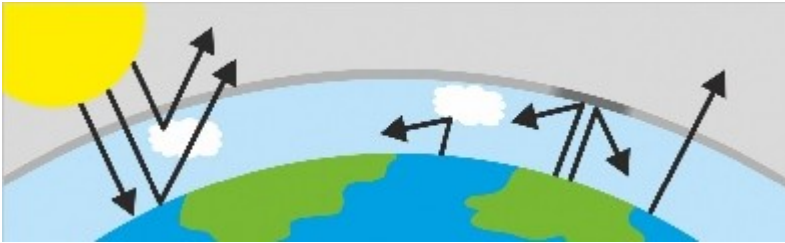


## Der Treibhauseffekt

Das Klima auf unserem Planeten wird von der Sonneneinstrahlung geregelt, die nicht nur die notwendige Energie für die Bewegung der Luftmassen und der Meeresströmungen liefert, sondern auch die Temperatur auf der Erde beeinflusst.



Die Sonnenstrahlen dringen in unterschiedlicher Intensität bis zur Erdoberfläche vor. Etwa 25% werden durch kleine Partikel, Wassermoleküle, Ozon und andere Gase in der Atmosphäre absorbiert. Etwa 30 % der eingestrahnten Sonnenenergie wird durch Wolken, Staub und den Boden wieder in die Atmosphäre reflektiert.

Die restlichen 45% der Sonneneinstrahlung werden von der Erdoberfläche absorbiert.

Die Erdoberfläche und Troposphäre (die ersten 10 km der Atmosphäre) werden erwärmt und senden Infrarotstrahlen aus.

Ein großer Teil dieser Strahlung wird von einigen in der Atmosphäre vorhandenen Stoffen, etwa den Treibhausgasen, absorbiert und in alle Richtungen abgestrahlt.

Dabei wird ein Teil dieser Energie wieder von den Atmosphäregasen absorbiert, ein weiterer Teil wird an den Weltraum emittiert. Der größte Teil aber wird wieder in Richtung Erdoberfläche zurückgestrahlt. Dies bewirkt einen Wärmestau an der Erdoberfläche.

Die Treibhausgase lassen also einerseits die Sonnenstrahlung zur Erde durchdringen. Andererseits halten sie die Infrarotstrahlen und die von der Erde abgegebene Wärme zurück. Durch diesen Wärmestau ist die Durchschnittstemperatur auf der Erde sehr viel höher (15°C) als sie ohne Treibhausgase wäre (-19°C).

### Die Störung des natürlichen Gleichgewichts

In der Atmosphäre finden sich folgende Gase:

- Kohlenstoffdioxid: **CO<sub>2</sub>**
- Ozon: **O<sub>3</sub>**
- Wasserdampf: **H<sub>2</sub>O**
- Methan: **CH<sub>4</sub>**
- Distickstoffmonoxid: **N<sub>2</sub>O**
- Halogenkohlenwasserstoffe: **CFK, FCKW, FKW**

Durch die vom Menschen verursachten Treibhausgase, die zu den natürlich in der Atmosphäre vorkommenden Treibhausgasen hinzukommen, verändert sich auch der Treibhauseffekt: Das heißt, dass eine höhere Konzentration dieser Gase dazu führt, dass die Durchschnittstemperatur auf unserem Planeten entsprechend ansteigt.

### Kohlenstoffdioxid

Kohlenstoffdioxid ist eines der wirksamsten Treibhausgase und trägt etwa zu 60% zur Verstärkung des Treibhauseffekts in der Erdatmosphäre bei. Kohlenstoffdioxid kommt auf der Erde seit über 4 Milliarden Jahre vor, doch erst mit der industriellen Revolution hat seine

Konzentration erheblich zugenommen, vor allem in der nördlichen Hemisphäre, wo der Kohlendioxidanteil seitdem um 30% zugenommen hat.

Insgesamt ist die Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre von 290 ppm im Jahr 1880 auf ca. 370 ppm im Jahr 2001 und 407 ppm im Jahr 2017 angestiegen und wird in naher Zukunft noch weiter steigen.

#### Änderung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre.

Kohlendioxid ist ein natürlich auftretendes Spurengas, das beim Absterben von Pflanzen, bei Vulkanausbrüchen und bei der Atmung entsteht. CO<sub>2</sub>-Moleküle verweilen etwa einhundert Jahre lang in der Atmosphäre und werden dann durch sehr unterschiedliche Prozesse, z.B. durch die Photosynthese der Pflanzen, die Lösung im Ozean oder die Aufnahme im Boden, wieder aus der Atmosphäre entfernt.

Die anthropogene Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre steigt insbesondere durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe an. Bei der Verbrennung wird seit Millionen von Jahren eingelagertes CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre abgegeben. Hinzu kommen durch die Rodung des Waldes verursachten Emissionen, durch die nicht nur das in der Vegetation eingelagerte CO<sub>2</sub> frei wird, sondern auch die Fläche schrumpft, die das Gas absorbieren kann.

Kohlendioxid ist sehr gut wasserlöslich. Die Weltmeere enthalten große Mengen davon. Durch den Temperaturanstieg sind die Ozeane jedoch immer weniger in der Lage, das Kohlendioxid zu binden. Es entweicht in die Atmosphäre. Dies beschleunigt den Treibhauseffekt zusätzlich.

#### **Methan**

Obschon Methan in geringeren Mengen in der Atmosphäre vorhanden ist als Kohlenstoffdioxid, ist es zu 20% für den Anstieg des Treibhauseffekts verantwortlich. Methan entsteht auf natürliche Weise, etwa durch die Bakterien, die beim Faulen organischer Stoffe entstehen, durch Deponiegase und durch die normale biologische Aktivität vieler Tiere (z. B. Rinder). Die höchsten anthropogenen Methanemissionen gibt es bei der Gewinnung und der Transport von Kohle und Erdgas.

Hohe Niederschläge und damit höhere Wasserstände fördern die anaeroben Bedingungen, unter denen es überhaupt erst zur Methanbildung kommt. Die atmosphärische Verweildauer von Methan in der Atmosphäre ist im Vergleich zu anderen Treibhausgasen sehr kurz und beträgt ca. 11 bis 12 Jahre.

#### **Distickstoffmonoxid**

Distickstoffmonoxid kommt in der Atmosphäre nur in kleinen Mengen vor, etwa 1000 Mal seltener als CO<sub>2</sub>, ist jedoch knapp 300 Mal wirkungsvoller beim Einbehalt von Wärme.

Die Konzentration von Distickstoffmonoxid ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Verantwortlich dafür sind vor allem mikrobiologische Prozesse, zum Beispiel die Nitrifikation und die Denitrifikation. Die wichtigsten Distickstoffmonoxidquellen sind die Ozeane.

#### **Halogenkohlenwasserstoffe**

Zu den wichtigsten Halogenkohlenwasserstoffen gehören:

- die Chlorfluorkohlenstoffe (CFK)
- die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW),
- die Fluorkohlenwasserstoffe (FKW).

Sie kommen in der Atmosphäre nur in sehr geringer Konzentration vor, ihr Wärmepotential ist allerdings zwischen 3.000 und 13.000 Mal höher als jenes von CO<sub>2</sub>.

Die Halogenkohlenwasserstoffe sind nicht natürlichen Ursprungs. Ihr Vorkommen in der Atmosphäre ist vorwiegend menschlichen Aktivitäten geschuldet.

Bis vor wenigen Jahrzehnten wurden Chlorfluorkohlenstoffe (CFK) massiv in der Herstellung von Spraydosen, Lösungsmitteln und einigen Klebstoffen eingesetzt.

Mit der Unterzeichnung des Protokolls von Montreal im Jahr 1987 haben die Parteien eine drastische Reduzierung dieser treibhausschädlichen Gase vereinbart. In der Folge wurden die CFK durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) ersetzt, die zwar weniger ozonschädlich sind, aber ebenfalls zum Treibhauseffekt beitragen. Während also die CFK-Konzentration in der Atmosphäre mit den Jahren gesunken ist, wird die Konzentration der anderen Gase immer höher.

Diese sind nicht nur sehr wirksam, sondern verbleiben auch bis zu 400 Jahre lang in der Atmosphäre.

## **Ozon**

Ozon ist ein wichtiger Teil der Atmosphäre. Die Ozonschicht schützt die Lebewesen auf der Erde teilweise vor der ultravioletten Strahlung der Sonne. Wenn sich Ozon jedoch in den bodennahen Luftschichten sammelt, ist es für den Menschen schädlich.

Ozon entsteht und zerfällt in der Atmosphäre auf natürlichem Wege unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung.

## **Wasserdampf**

Der Wasserdampf ist hauptverantwortlich für den natürlichen Treibhauseffekt auf der Erde.

Er kommt in der Atmosphäre in unterschiedlicher Konzentration vor. Im Allgemeinen ist er in den Polarregionen eher niedrig und in den Tropen hoch.

Der Wasserdampf ist ein wichtiges Element in den Prozessen, die den Klimawandel begünstigen, denn durch die Zunahme der Temperaturen nimmt auch der globale Wasserdampf zu. Dadurch wiederum verstärkt sich der Treibhauseffekt. Im Allgemeinen haben die anthropogenen - d. h. die menschlichen - Tätigkeiten kaum Auswirkungen auf die Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre.