



THEMA 1: TREIBHAUSEFFEKT



**Notiert Stichpunkte und erläutert mit Hilfe der Abbildungen und dem Infotext, was man unter dem natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt versteht!**

**Infotext: Treibhauseffekt**

Bei einer Erde ohne Atmosphäre wäre die Oberflächentemperatur ausschließlich durch die Bilanz zwischen eingestrahelter Sonnenenergie und der vom Boden abgestrahlten Wärmestrahlung festgelegt. Bei gleicher Albedo des Planeten wie heute würde diese Oberflächentemperatur im globalen Mittel etwa  $-18^{\circ}\text{C}$  betragen. Selbst eine Atmosphäre aus reinem Sauerstoff und Stickstoff, die ja die Hauptkomponenten unserer Atmosphäre (zu ca. 99%) bilden, würde daran nichts Wesentliches ändern, da diese Gase die beiden genannten Strahlungsarten nur unwesentlich beeinflussen.

Dagegen absorbieren Wasserdampf und in geringerem Maße auch  $\text{CO}_2$  (und andere Spurengase) die Sonnenstrahlung zum Teil, geben aber auch selbst Wärmestrahlung entsprechend ihrer Umgebungstemperatur ab. In Richtung zum Erdboden übertrifft diese zusätzliche Wärmestrahlung aus der Atmosphäre die Reduktion der Sonnenstrahlung und bewirkt so am Erdboden eine höhere Energieeinstrahlung, als dies ohne solche Gase der Fall wäre. Diese vermehrte Einstrahlung führt zu einer Erwärmung des Erdbodens und (infolge verschiedener Transportvorgänge) auch der unteren Atmosphäre.

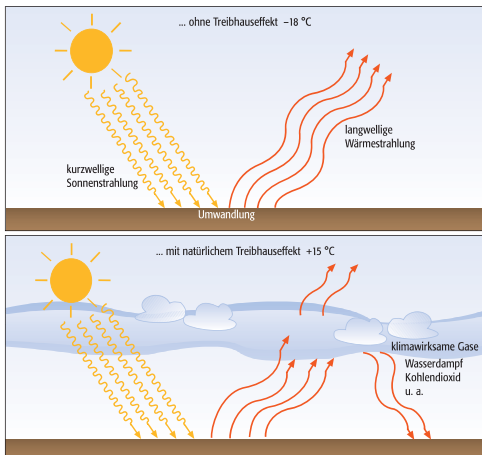
Diese Erwärmung des Bodens führt aber auch zu einem Ausgleich der Strahlungsbilanz am Atmosphärenoberrand, denn im längerfristigen Mittel muss die Erde ja genau so viel Wärmestrahlung in den Weltraum abgeben, wie sie Strahlung von der Sonne absorbiert. Die vom Erdboden nach oben gestrahlte Energie wird von den atmosphärischen Treibhausgasen (teilweise) auch absorbiert, gelangt also nur zum Teil direkt in den Weltraum. Dafür emittieren die Treibhausgase selbst entsprechend ihrer Temperatur, die aber wegen der Temperaturabnahme mit der Höhe in der Atmosphäre geringer ist als die des Erdbodens. Daher verlässt mit zunehmender Menge an Treibhausgasen bei konstanter Bodentemperatur immer weniger Energie in Form von Wärmestrahlung die Erde in den Weltraum. Durch die erhöhte Bodentemperatur wird dieses Defizit in der Strahlungsbilanz aber wegen der erhöhten Wärmestrahlungsmenge vom Boden wieder ausgeglichen. Für diesen Ausgleich ist vor allem das atmosphärische Strahlungsfenster hilfreich, ein Spektralbereich bei  $10\ \mu\text{m}$  Wellenlänge innerhalb dessen die Strahlung von der Oberfläche bei wolkenloser Atmosphäre überwiegend in den Weltraum entweichen kann.

Wegen der Analogie mit den Vorgängen in einem Treibhaus, dessen Glasdach ebenfalls die Sonne gut durchlässt, die Wärmestrahlung von der Erdoberfläche aber nicht hinauslässt, ist das hier beschriebene Phänomen auch als natürlicher Treibhauseffekt bekannt. Die dafür in der Atmosphäre verantwortlichen Gase werden häufig als Treibhausgase bezeichnet. Bei der Interpretation verschiedener Klimavorgänge ist aber Vorsicht geboten vor der allzu direkten Übertragung des Treibhausbildes. Insbesondere die Vernachlässigung von gleichzeitiger Absorption und Emission von Wärmestrahlung in verschiedenen Höhen der Atmosphäre, bei Argumentation mit einer Glasplatte in fester Höhe, führt hier immer wieder zu Verwirrung. Außerdem sind natürlich die Verhältnisse in der strömenden Atmosphäre mit Bewölkung viel komplizierter als im Glashaus eines Gärtners.

Werden die natürlich vorhandenen Treibhausgase (z.B.  $\text{CO}_2$ ) durch menschlichen Einfluss vermehrt oder durch neue Stoffe (z.B. FCKW) ergänzt, so übertrifft die dadurch verursachte zusätzliche Wärmestrahlung aus der Atmosphäre ebenfalls die verstärkte Reduktion von Sonnenstrahlung am Erdboden. Daher erhöht sich auch infolge dieses verstärkten (anthropogenen) Treibhauseffektes die Temperatur des Bodens und der unteren Atmosphäre.

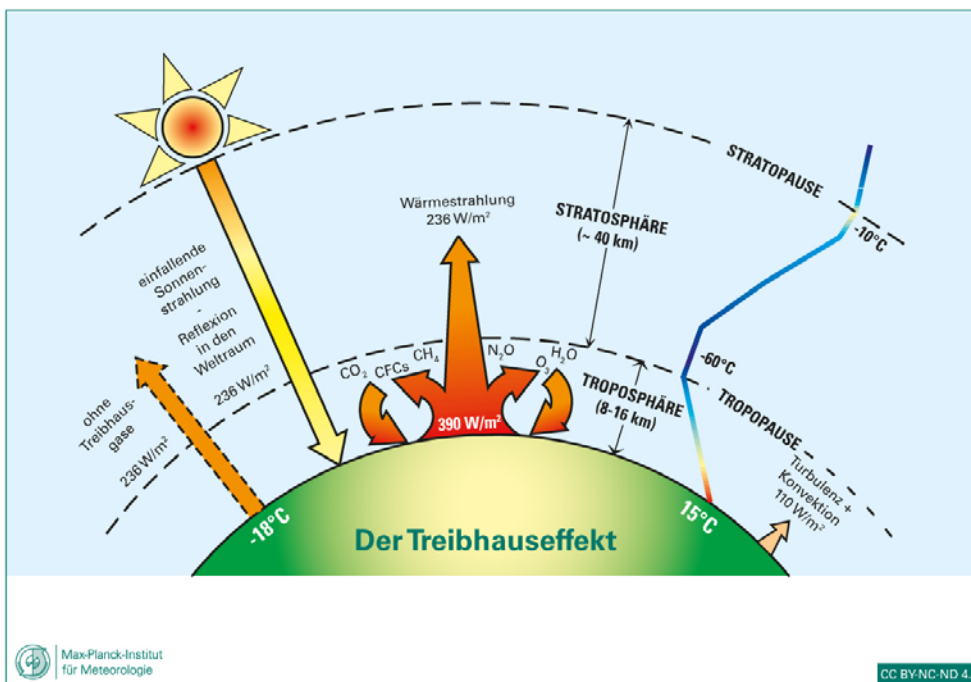
Quelle Infotext: MPI für Meteorologie; <https://mpimet.mpg.de/kommunikation/fragen-zu-klima/-faq/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt>

Abb. A: Der natürliche Treibhauseffekt



© Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema „Klima“

Abb. B: Treibhauseffekt



© MPI für Meteorologie / CC BY-NC-ND 4.0



**Notiert Stichpunkte und erklärt mit Hilfe der Abbildung und dem Infotext, wie der natürliche Kohlenstoffkreislauf funktioniert und was man unter einer CO<sub>2</sub>-Senke versteht!**

### **Infotext: Der Kohlenstoffkreislauf**

Als Kohlenstoffkreislauf bezeichnen Forschende den Weg, den der Kohlenstoff durch das Erdsystem nimmt. Dabei durchläuft er diverse Stationen zu Land, zu Wasser, in der Luft und in der Biosphäre. Einige Komponenten des Erdsystems, wie das Land oder der Ozean, fungieren als Kohlenstoffspeicher, welche das Element eine gewisse Zeit speichern und dann wieder in die Atmosphäre abgeben. Vom Menschen verursachte Emissionen von Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid und Methan verändern diesen natürlichen Kreislauf tief greifend. Genauer zu verstehen, wie der Kohlenstoffzyklus in all seiner Komplexität funktioniert, ist deshalb heute dringlicher denn je. Seit dem Beginn der industriellen Revolution gelangten durch die Aktivitäten des Menschen große Mengen Treibhausgase in die Atmosphäre. Durch das Verbrennen fossiler Treibstoffe sowie die großflächige Abholzung von Wäldern stieg die Konzentration kohlenstoffhaltiger Verbindungen wie Kohlendioxid und Methan in der Luft so weit an wie nie zuvor in den letzten Jahrtausenden. Jedoch bleiben nur etwa 40 Prozent des Kohlenstoffs, der in Form von Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird, in der Atmosphäre. Den Rest nehmen die Ozeane und die Landbiosphäre auf. Atmosphäre, Ozeane, Vegetation und Böden tauschen auf Zeitskalen von Minuten bis zu Tausenden von Jahren über eine Vielzahl physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse riesige Mengen an Kohlenstoff aus. Erwärmt sich das Klima, führen viele dieser Prozesse entweder zu verlangsamer oder zu beschleunigter Anreicherung von Treibhausgasen in der Luft. Damit bewirken sie negative oder positive Rückkopplungen zwischen dem globalen Kohlenstoffkreislauf und dem Klima.

Einige Zonen unseres Planeten beeinflussen den Kohlenstoffkreislauf besonders stark. Ihr Zustand liefert somit Hinweise darauf, wie gut es um das Erdsystem insgesamt bestellt ist. An Land zählen dazu besonders die tropischen Regenwälder Amazoniens, im Kongobecken und in Südostasien sowie die borealen Wälder und die arktische Tundra. Sie entziehen der Atmosphäre nicht nur überaus große Mengen Kohlenstoff. Als grüne Lunge der Erde enthalten diese Regionen auch ein riesiges Reservoir an Kohlenstoff, der in ihrer Vegetation und ihrem Boden gespeichert ist.

In einem beträchtlichen Teil der borealen Wälder und Tundren ist Kohlenstoff zusätzlich in Permafrostböden gebunden. Diese könnten infolge der Klimaerwärmung tauen und große Mengen Kohlenstoffdioxid freisetzen – im Fall von Sümpfen und Mooren Methan, das ein noch stärkeres Treibhausgas ist.

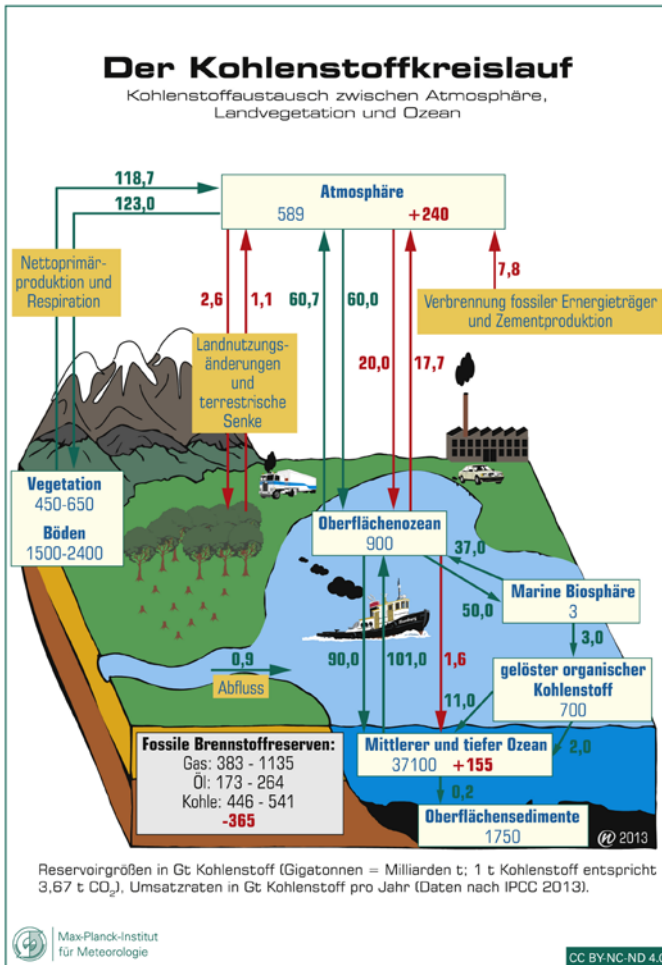
In den Weltmeeren wiederum liegen zwei Schwerpunktzonen des Kohlenstoffumsatzes: eine im Nordatlantik und eine im Südpolarmeer rund um die Antarktis. Hier gelangt überschüssiger Kohlenstoff mit absinkenden Wassermassen von oberflächennahen Schichten in die Tiefe, wo er für Hunderte bis Tausende von Jahren eingelagert bleibt. Verändert sich die Ozeanzirkulation in diesen Regionen auf Grund steigender Temperaturen, so könnte das die Speicherkapazität des Meeres für Kohlenstoff verringern.

Nach vorläufigen Untersuchungen scheint genau das im Südpolarmeer bereits der Fall zu sein. Das birgt die Gefahr, dass bisherige Kohlenstoffsinken verschwinden oder sich sogar in Quellen weiterer Kohlenstoffemission verwandeln könnten.

---

Quelle Infotext: MPG; <https://www.mpg.de/21324/kohlenstoffkreislauf-im-erdsystem>

Abb. C: Der globale Kreislauf des Kohlenstoffs



© D. Kasang / N. Noreiks, MPI für Meteorologie / CC BY-NC-ND 4.0

Hinweis zur Abbildung: Die Zahlen geben die Menge an gespeichertem Kohlenstoff sowie die jährlichen Flüsse an, gemessen in Gigatonnen (Gt = Milliarden Tonnen; 1 t C entspricht 3,67 t CO<sub>2</sub>; Daten nach IPCC 2013). Die grünen Pfeile und Werte zeigen die natürlichen Austausche, die blauen Zahlen repräsentieren die vorindustrielle Zeit (um 1750) und rote Zahlen und Pfeile die anthropogenen Flüsse (Mittelwert der Jahre 2000 bis 2009). Die roten Werte in den Kohlenstoff speichern geben die gesamten, durch den Menschen verursachten Änderungen seit Beginn der Industrialisierung an.

## THEMA 3: WETTEREXTREME UND KLIMAWANDEL



**Notiert Stichpunkte und fasst im Geomax 25 die Seiten 1 und 2 zusammen. Geht dabei auf folgende Punkte ein: Zusammenhang Extremwetter und Klimawandel / Folgen von Extremwetterereignissen**

Zum Geomax 25 (PDF)



---

### Quellenhinweise

Infotext Kohlenstoffkreislauf: MPG; <https://www.mpg.de/21324/kohlenstoffkreislauf-im-erdsystem>

Infotext Treibhauseffekt: MPI für Meteorologie; <https://mpimet.mpg.de/kommunikation/fragen-zu-klima/-faq/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt>

Abb. A: Der natürliche Treibhauseffekt © Allianz Umweltstiftung, Informationen zum Thema „Klima“

Abb. B: Treibhauseffekt © MPI für Meteorologie / [CC BY-NC-ND 4.0](#)

Abb. C: Der globale Kreislauf des Kohlenstoffs © D. Kasang / N. Noreiks, MPI für Meteorologie / [CC BY-NC-ND 4.0](#)

Stand 09/2021; Aufgaben: L. Neukum; Layout und Redaktion: max-wissen-Team