

Natürliche und menschengemachte Ursachen des Klimawandels

Das Klima der Erde ist nie stabil, sondern schwankt ständig. Dies sowohl in erdgeschichtlichen (1000 bis Millionen Jahre) als auch in kürzeren Zeiträumen von Jahrhunderten bis Jahrzehnten. Die Antriebe für diese Klimaschwankungen sind mannigfaltig und werden im Folgenden in natürliche externe und interne sowie in menschengemachte Antriebe unterteilt.

Natürliche Klimavariabilität

Externe Antriebsfaktoren

Die Sonneneinstrahlung auf die Erde ist über die Zeit betrachtet nicht immer gleich. Die Sonnenaktivität schwankt zum Beispiel je nach Anzahl und Ausdehnung von Sonnenflecken auf ihrer Oberfläche in einem 11-Jahres-Zyklus. Daneben gibt es weitere natürliche Antriebe: Staub und Schwefel von grossen Vulkanausbrüchen schirmen während einiger Jahre die Sonneneinstrahlung ab und führen zur Abkühlung auf der Erdoberfläche. Die Erdumlaufbahn verändert sich ebenfalls über die Jahrtausende. Sie beeinflusst, wie stark in welchen Jahreszeiten die Sonne auf die Erde strahlt. Dazu kommen weitere externe Einflüsse wie Meteoriteneinschläge.

Interne Antriebsfaktoren

Das Klima der Erde schwankt auch aufgrund des grossräumigen Zusammenspiels innerhalb des Klimasystems. So können sich z.B. Windzirkulationssysteme aufgrund von Schwankungen der Meeresoberflächentemperatur verschieben und umgekehrt auch Meeresoberflächentemperaturen aufgrund der Windzirkulationssysteme verändern.¹ Eine bekannte Verknüpfung von Klimaprozessen ist das Phänomen «El Niño» mit ungewöhnlichen Regenverteilungen über Südamerika und Australien. Das unregelmässig auftretende Phänomen kommt durch abgeschwächte Passatwinde (siehe AZA – Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre, Faktenblatt 1) zustande, die weniger kaltes Wasser an der Pazifikküste Südamerikas aufsteigen lassen.

Anthropogene (menschengemachte) Ursachen des aktuellen Klimawandels

Auch menschengemachte Antriebe – die als externe Antriebe betrachtet werden - führen zu Klimaänderungen. Seit über 250 Jahren werden Menschen mit ihren technischen und ökonomischen Entwicklungen und Veränderungen als Einflussfaktor des Klimawandels immer bedeutender, seit etwa 150 Jahren sind menschliche Gesellschaften sogar zu einem dominierenden Klimafaktor geworden.

¹ Brönnimann 2018, S.189



Abb. 1 Eigene Darstellung Projekt CCESO II. Zeichnung: Michelle Walz

Ursachen

1. Abbau/Förderung/Verbrennung fossiler Energieträger
2. Verkehr/Transport/Verbrennung fossiler Energieträger
3. Industrie/Verbrennung fossiler Energieträger
4. Stadt/Dorf/Heizen/Kühlen/Verbrennung fossiler Energieträger
5. Abholzung/Brandrodung
6. Reisanbau/Plantagen/Treibhäuser/Landwirtschaft
7. Viehzucht
8. Zunahme Treibhausgase aus (1)-(7)

Der Mensch hat in dieser Zeit unter anderem den Kohlenstoffkreislauf (siehe Faktenblatt 1) tiefgreifend verändert. Dies geschieht vor allem durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern (z.B. Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle, Torf; vgl. auch Abb. 1). Schon beim Abbau und der Förderung fossiler Energieträger werden Treibhausgase freigesetzt (vor allem CO_2 ; 1). Fossile Energieträger werden grösstenteils als Treibstoffe im Verkehr eingesetzt (2) und als Brennstoffe sowie ölasierte Materialien in der Industrie (3) und fürs Heizen und Kühlen von Gebäuden (4) verwendet. Daneben entstehen Treibhausgasemissionen durch grossflächige Abholzung (5) und in der Landwirtschaft durch Reisanbau und Viehzucht (hier vor allem Methan; 6 und 7).

Insgesamt werden aktuell mehr als 50 Gt (Gigatonnen)² menschengemachte Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen; CO₂-Äquivalente) pro Jahr verursacht und dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf hinzugefügt. Seit der Industrialisierung (ab ca. 1750) haben die menschengemachten Emissionen von Treibhausgasen zu einem erhöhten Gehalt von CO₂ (+40%), Methan CH₄ (+150%) und Lachgas N₂O (+20%) in der Atmosphäre geführt.³

Gigatonne ->
1'000'000'000 Tonnen;
1 Milliarde Tonnen

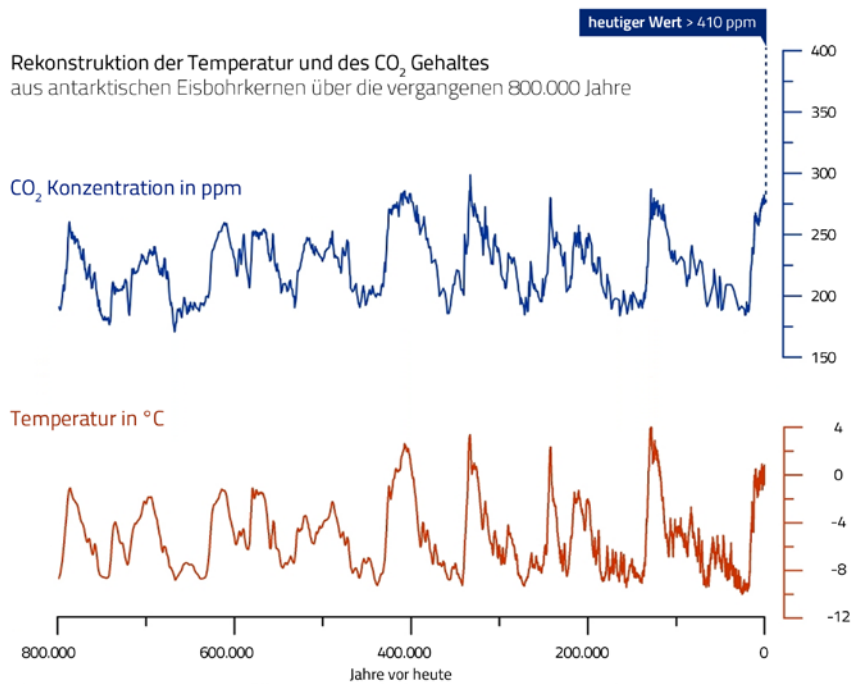
Bei ca. 3800 km Fahrt werden von einem Auto mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 6 l Benzin 1 Tonne CO₂ ausgestossen.

CO₂-Rechner My Climate

Die anthropogenen Treibhausgasemissionen in den letzten beiden Jahrzehnten sind die höchsten, die es in der Menschheitsgeschichte gab. Dazu beigetragen haben vor allem das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum sowie die zunehmende Mobilität.⁴

Diese zusätzlichen Treibhausgase in der Atmosphäre verstärken den natürlichen Treibhauseffekt und führen zu einem Temperaturanstieg in der unteren Atmosphäre und auf der Erdoberfläche (siehe Faktenblatt 2 zum natürlichen Treibhauseffekt und Faktenblatt 4 zu den Folgen des Klimawandels).

Entwicklung von CO₂-Konzentration und Temperatur



800.000 Jahres Rekonstruktion der Temperatur und CO₂ Konzentration an Hand von Daten aus den EPICA Dome C und Vostok Eisbohrkerne. Die gestrichelte Linie zeigt den gemessenen Anstieg der CO₂ Konzentration in der Atmosphäre.

Abb. 2 Temperatur (rot) in der Antarktis und CO₂-Konzentration (blau) in den letzten 800 000 Jahren (http://www.klimastadt-konstanz.de/files/icecore_record_w960px.gif)

Analysen von Eisbohrkernen aus der Antarktis zeigen, dass in den letzten 800'000 Jahren die CO₂-Konzentration parallel zur Temperatur geschwankt hat (Abb. 2). Die Analyse zeigt, dass die CO₂-Konzentrationen auch während schwächer ausgeprägten Veränderungen stark mit der Temperatur korrelieren. Über die Ursachen dieses Zusammenhangs weiss man allerdings nach wie vor

² <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2018-report>

³ IPCC, 2014, S.4

⁴ IPCC, 2014, S.2, 4 und 5

wenig. Heute ist die CO₂-Konzentration so hoch wie nie seit 800'000 Jahren und sorgt durch den entsprechenden Treibhaus-Effekt für Erwärmung (siehe Faktenblatt 2). Laut dem Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ist der Anstieg anthropogener Treibhausgase, insbesondere von CO₂, mit 95%-iger Sicherheit die Hauptursache für die momentane globale Erwärmung. Der aktuelle Wert der CO₂-Konzentration liegt bei 413 ppm (parts per million, Stand Februar 2019) und ist bereits jetzt um 50% höher als vor 1750.⁵

Das sich aktuell in der Atmosphäre befindende und das zukünftig ausgestossene CO₂ wird das Klima über lange Zeit weiter beeinflussen. So beträgt die Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre zum Beispiel 100 bis 150 Jahre.⁶

Literatur

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016).

Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven.

Swiss Academies Reports 11 (5). Bern: Akademien der Wissenschaften.

Allianz Umweltstiftung (2016). Wissen – Informationen zum Thema „Klima“: Grundlagen, Geschichte, Projektionen (4. Auflage). Berlin: Allianz

tung. https://umweltstiftung.allianz.de/content/dam/onemarketing/umweltstiftung/umweltstiftung/media/download/wissen_klima_2016.pdf

Brönnimann, S. (2018). *Klimatologie*. Bern: Haupt Verlag.

BAFU, Bundesamt für Umwelt (2015): *Vom Menschen verursachte Treibhausgase.*

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/daten-indikatoren-karten/daten.html>

Bundeszentrale für politische Bildung (o.Jg.): *Dossier Klimawandel.*

<http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/>

IPCC, 2014: *Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)*
Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

My Climate (o.Jg.): *Klimarechner – Berechnen und kompensieren Sie Ihre Emissionen.*

https://co2.myclimate.org/de/offset_further_emissions

Spandau, L., & Wilde, P. (2008). *Klima - Basiswissen, Klimawandel, Zukunft*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

Wanner, H. (2016). *Klima und Mensch - Eine 12'000-jährige Geschichte*. Bern: Haupt Verlag.

⁵ <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve>

⁶ Brönnimann, 2018, S. 292