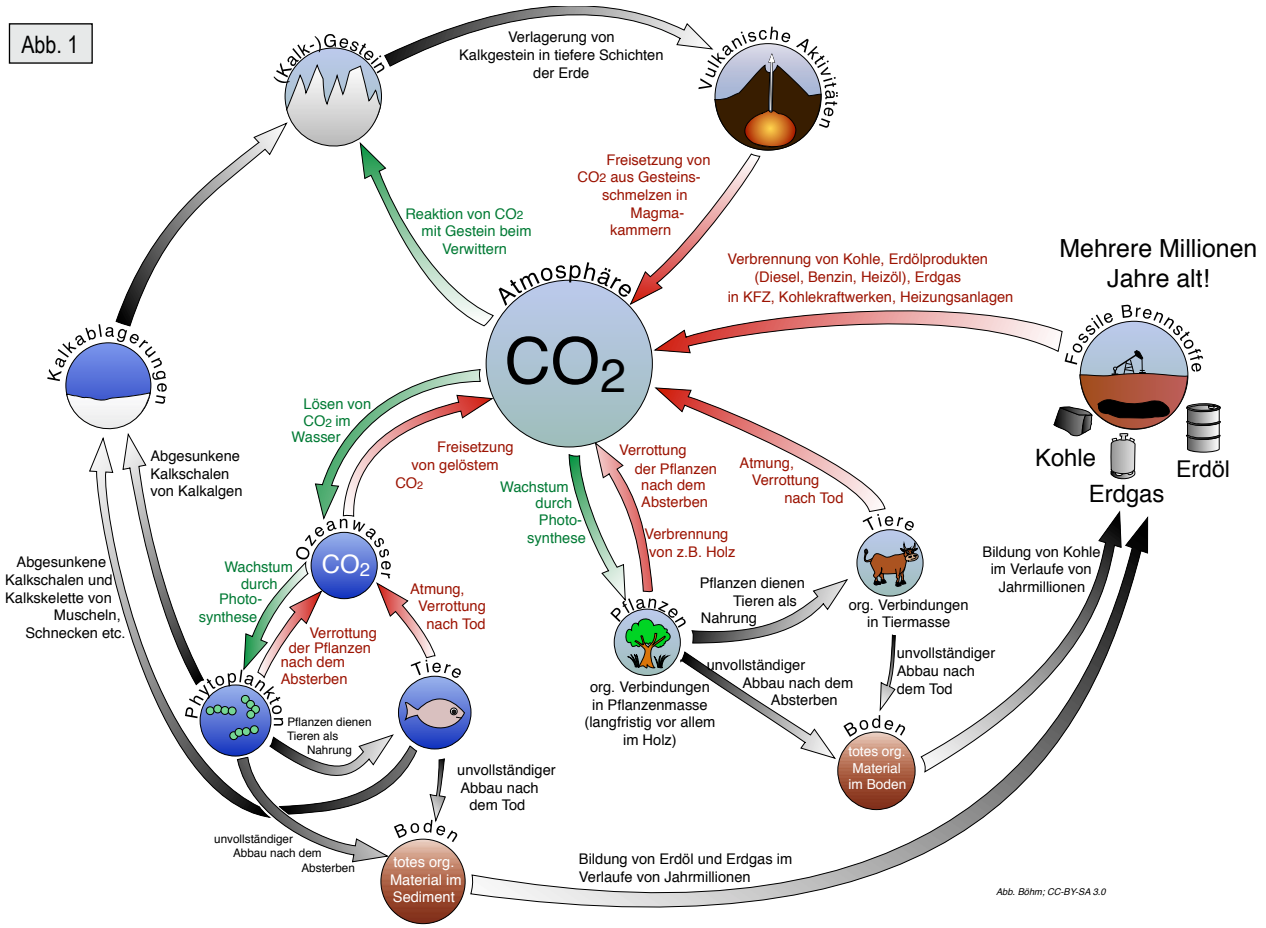
M1 | Welche Prozesse beeinflussen die CO_2-Konzentration der Atmosphäre? - Ein Überblick

Die CO_2-Konzentration der Atmosphäre wird von einer Fülle von Vorgängen beeinflusst. Die wichtigsten davon zeigt **Abb. 1** in einer Übersichtsdarstellung (in rot Prozesse, die zu einer Erhöhung der CO_2-Konzentration führen, in grün Prozesse, die zu einer Erniedrigung der CO_2-Konzentration führen). Die im oberen Bereich der Abbildung zu erkennenden Prozesse, die mit den Veränderungen von Gesteinen zusammenhängen, gehören zum sog. langfristigen Kohlenstoffkreislauf. Diese Vorgänge laufen in der Regel in einem Zeitrahmen von Jahrmillionen ab.

Abb. 1



M2 | Ursachen der starken Erhöhung der CO_2-Konzentration der Atmosphäre

Der erdgeschichtlich betrachtet rasant schnelle Anstieg der atmosphärischen CO_2-Konzentration ist zum allergrößten Teil auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Fossile Brennstoffe sind Kohlenstoff-Verbindungen, deren Kohlenstoff-Atome bei der Verbrennung zusammen mit Sauerstoffatomen CO_2-Moleküle bilden (siehe **M3**). **Abb. 2** zeigt die Entwicklung der **jährlichen** Freisetzung von CO_2.

Abb. 2

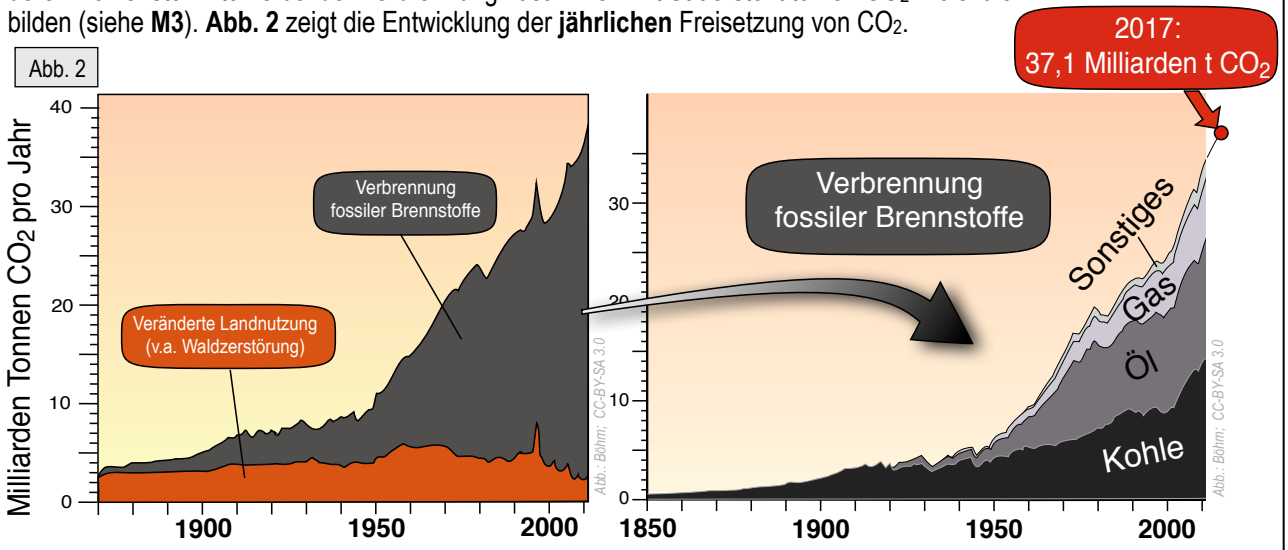


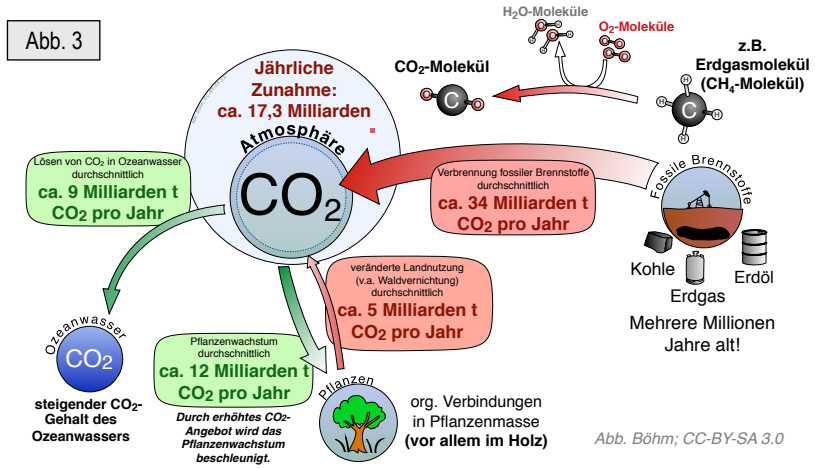
Diagramme nach Daten von Boden TA, G Marland and RJ Andres. 2011. Global, Regional and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge Natl Lab, U.S. Department of Energy; http://cdiac.ornl. gov/trends/emis/meth_reg.html und https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/18/files/GCP_CarbonBudget_2018.pdf

M3 | Die entscheidenden Prozesse für die aktuellen Veränderungen der CO_2-Konzentration der Atmosphäre

Die CO_2-Mengen, die jährlich innerhalb des Kohlenstoffkreislaufs (**Abb. 1**) weltweit fließen, werden von diversen wissenschaftlichen Institutionen ständig anhand zahlreicher Datensätze abgeschätzt. Die Bilanz für den Zeitraum von **2008 bis 2017** zeigt **Abb. 3**.

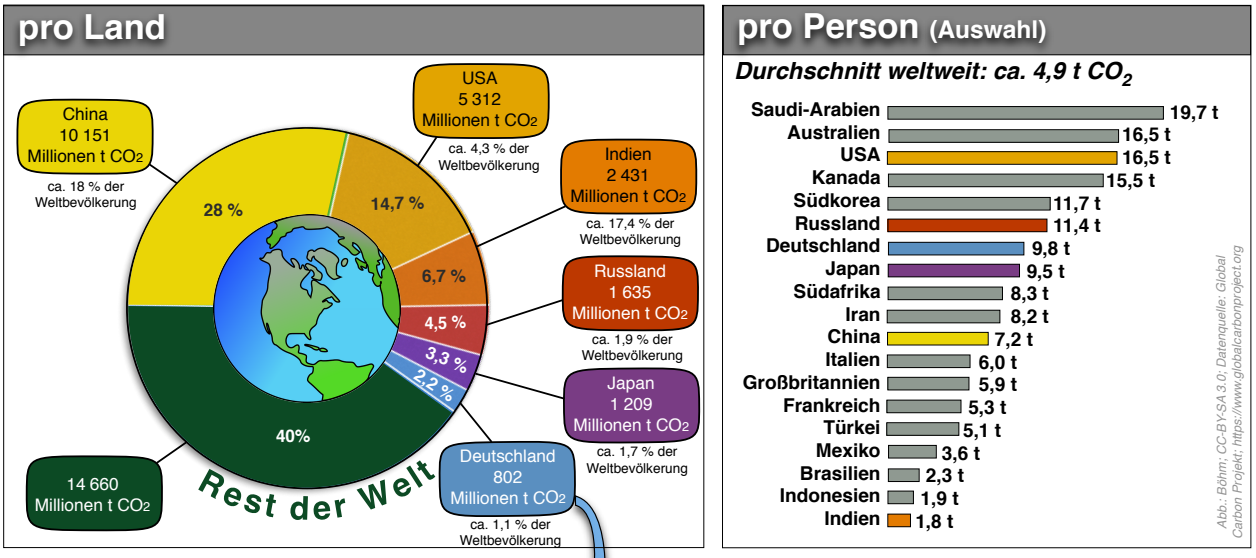
Datenquelle:
https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/18/files/GCP_CarbonBudget_2018.pdf (Nach Datensätzen von CDIAC; NOAA-ESRL; Le Quéré et al 2018; Ciais et al. 2013; Global Carbon Budget 2018)

Abb. 3



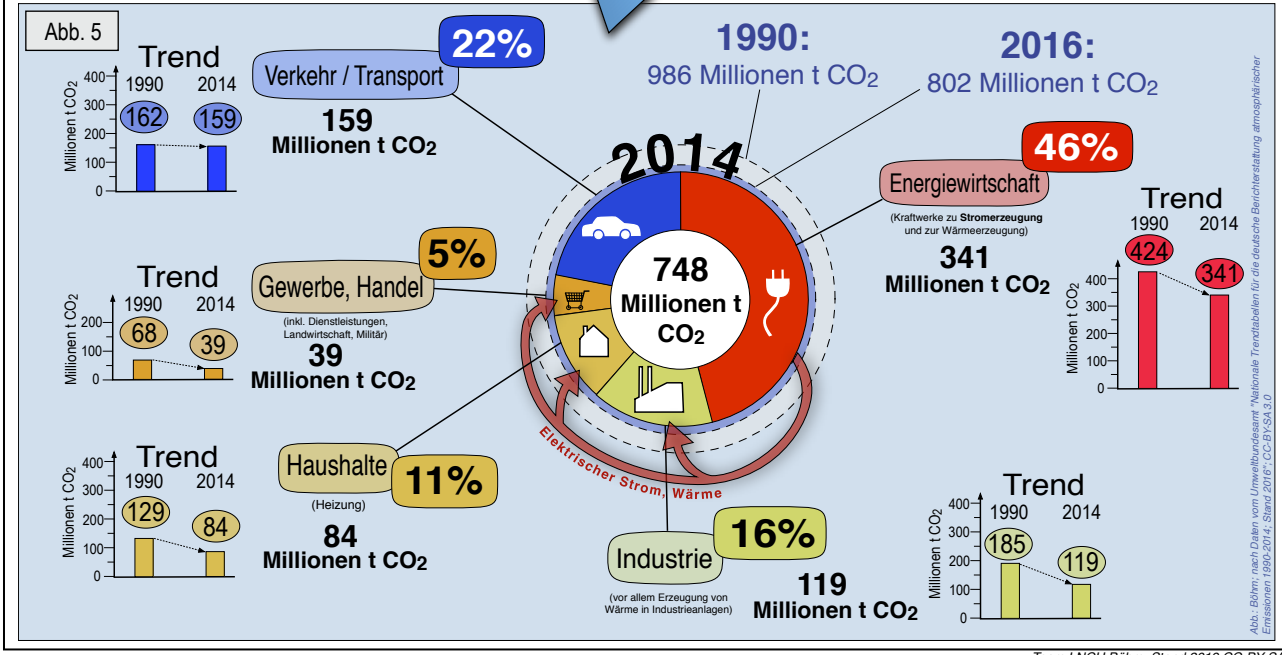
M4 | Die größten CO_2-Produzenten der Welt (2016)

Abb. 4 **Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe im Jahre 2016 freigesetzte Menge CO_2**



M5 | CO_2-Emissionen durch Verbrennung fossiler Brennstoffe in Deutschland (≙95% der Emissionen) Stand 2014

Abb. 5



M6 | Wodurch der persönliche CO_2-Ausstoß in die Höhe getrieben wird

Der von einem einzelnen Menschen verursachte CO_2-Ausstoß hängt von seiner Lebensweise ab: Wenn man viel Auto fährt, viele Flugreisen macht oder viel Strom aus Kohlekraftwerken nutzt, produziert man dadurch viel CO_2.
Der größte Anteil der CO_2-Emissionen wird aber „indirekt" verursacht, indem man „konsumiert", d.h. bestimmte Produkte oder Dienstleistungen kauft, mietet oder auch nur benutzt, die mit einem CO_2-Ausstoß verbunden sind (**Abb. 6**)

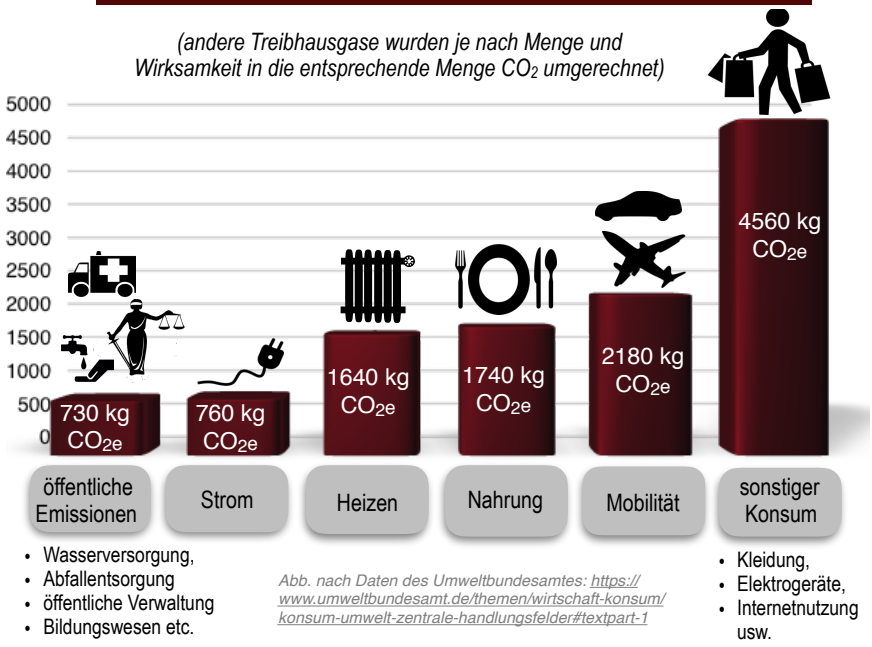
Beispielsweise werden mit dem Kauf eines neuen Autos verschiedene Prozesse finanziert, bei denen CO_2 ausgestoßen wird:

- Die zum Bau des Autos notwendigen Baumaterialen (z. B. Eisen, Aluminium, Kunststoffe, Glas, Kabel usw.) wurden unter Energieaufwand hergestellt,
- diese Materialien wurden unter Energieaufwand zu Fabriken transportiert,
- in diesen Fabriken wurden die Einzelbauteile für das Auto (Karosseriebleche, die Felgen, der Motor, der Lack etc.) oder aber auch das Auto selbst herstellt, wobei Energie benötigt wird,
- die fertiggestellten Fahrzeuge wurden unter Energieaufwand zum Autohändler transportiert

Abb. 6

Pro Kopf von Deutschen verursachter Ausstoß von Treibhausgasen (2017) nach Konsumbereichen

(andere Treibhausgase wurden je nach Menge und Wirksamkeit in die entsprechende Menge CO_2 umgerechnet)



- Wasserversorgung,
- Abfallentsorgung
- öffentliche Verwaltung
- Bildungswesen etc.

- Kleidung,
- Elektrogeräte,
- Internetnutzung

usw.

Abb. nach Daten des Umweltbundesamtes: https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/konsum-umwelt-zentrale-handlungsfelder#textpart-1

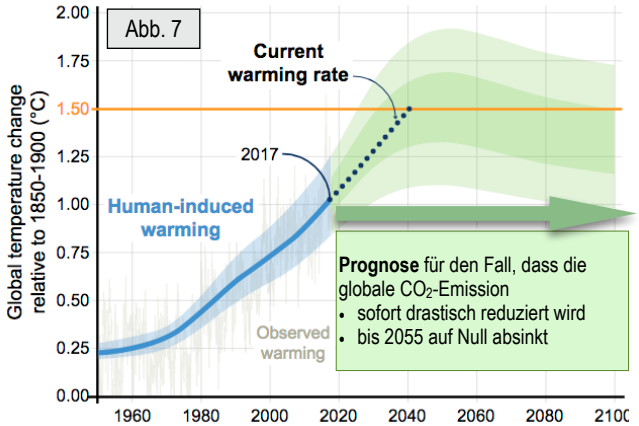
Alle Vorgänge, bei denen die benötigte Energie aus fossilen Brennstoffen stammte (Strom aus Kohlekraftwerken, Diesel für LKWs, Diesel für Bagger zum Abbauen von Metallerzen etc.), produzieren CO_2. Mit dem Kauf des Autos finanziert man damit auch die CO_2-Produktion.
Kann das Auto irgendwann nicht mehr weiter genutzt werden, muss es entsorgt werden, was ebenfalls wieder unter Einsatz von Energie erfolgt. Auch dabei wird wieder CO_2 produziert.
So lässt sich letztendlich für alles, was wir kaufen, mieten oder irgendwie anders nutzen (z.B. Kauf von Bekleidung, Nahrungsmitteln oder Elektrogeräten, Nutzung von Fernsehsendern oder Internet-Servern, Schwimmbädern etc.), eine CO_2-Bilanz erstellen. Je „energieintensiver" das genutzte Produkt, desto größer der CO_2-Ausstoß, den man damit verursacht (teilweise natürlich auch in anderen Ländern).

M7 | Was muss passieren, damit das 1,5°C - Ziel erreicht werden kann?

Am 12. Dezember 2015 wurde auf der UN-Klimakonferenz in Paris (COP 21) zwischen 195 Mitgliedsstaaten vereinbart, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad („Zwei-Grad-Ziel") zu begrenzen. Zugleich sollen Anstrengungen unternommen werden, möglichst das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen.

Etwa drei Jahre später, im Oktober 2018, veröffentlichte der Weltklimarat (IPCC) einen Sonderbericht, der mit Berücksichtigung von mehr als 6000 wissenschaftliche Referenzen zu dem Schluss kommt, dass die gegenwärtige Klimapolitik und die im Pariser Abkommen vereinbarten Ziele zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes nicht ausreichen und immer noch zu einem Temperaturanstieg von ca. drei Grad bis 2100 führen. Dies könnte dramatische „Kippeffekte" zur Folge haben, die zu einem Treibhaus Erde führen könnten. Ohne rapides Umsteuern mit rapider Senkung der Treibhausgasemissionen würde sich die Erde schon bis etwa 2040 um 1,5 Grad erwärmen (**Abb. 7**).

Abb. 7



Quelle: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/12/SR15_FAQ_Low_Res.pdf

Team LNCU Böhm; Stand 2019 CC-BY-SA

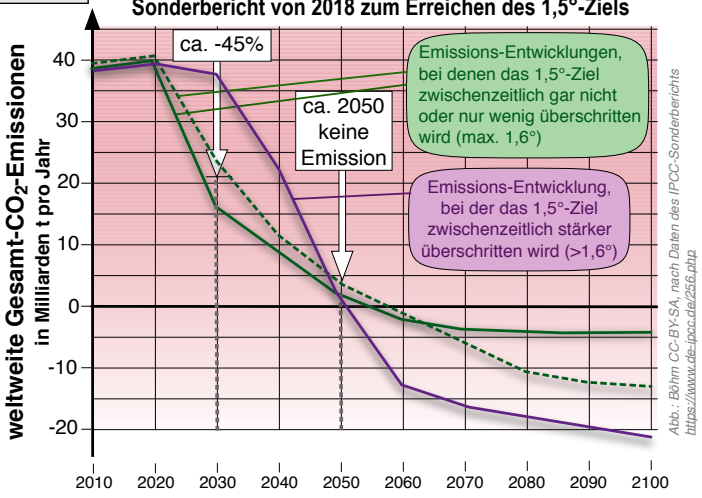
Zwei der wichtigsten Schlussfolgerungen des IPCC-Sonderbericht besagen, dass das 1,5-Grad-Ziel nur erreicht werden kann, wenn

- der weltweite CO_2-Ausstoß bis 2030 – verglichen mit dem Basisjahr 2010 – um ca. 45 % gesenkt wird (siehe **Abb. 8**)
- und der weltweite CO_2-Ausstoß bis etwa 2050 auf Null absinkt (siehe **Abb. 8**)

(Dies „erlaubt" einer Gesamtemission bis 2050 von etwa 420 Milliarden Tonnen CO_2. Für das Jahr 2018 wird der weltweite Ausstoß auf ca. 42 Milliarden t CO_2 geschätzt.)

Je länger die Emissionen auf einem hohen Niveau bleiben, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Temperatur zwischenzeitlich über die 1,5 Grad-Marke steigt. Die Wissenschaftler des IPCC fordern daher sofort einsetzende Maßnahmen zur Reduktion der CO_2-Emissionen z.B. bei der Energieversorgung, sie rufen aber auch dazu auf, den Lebensstil, insbesondere die Ernährung der Bevölkerung klimafreundlicher zu gestalten.
(Der Sonderbericht ist online verfügbar: https://www.ipcc.ch/sr15/)

Abb. 8 **Beispielhafte CO_2-Emissionsentwicklungen aus dem IPCC-Sonderbericht von 2018 zum Erreichen des 1,5°-Ziels**



Anmerkung: Negative Emissionen sind zu erreichen

- z.B. durch Techniken, mit denen CO_2 aus der Luft entfernt wird
- z.B. durch Anlegen von Wäldern

Aufgabenstellung

1. Die Erhöhung der atmosphärischen CO_2-Konzentration ist auf zwei Hauptursachen zurückzuführen: Die veränderte Landnutzung (vor allem die Zerstörung von Wäldern) und die Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Erläutere, inwiefern sich das „Kräfteverhältnis" dieser beiden Kräfte, die die CO_2-Konzentration in die Höhe treiben, im Laufe der Geschichte verändert hat.
2. „Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wurden innerhalb der letzten ca. 100 Jahre Unmengen an C-Atomen in CO_2-Moleküle eingebaut, die seit Millionen von Jahren nicht mehr Teil des weltweiten Kohlenstoffkreislaufs waren." Erkläre diese Aussage anhand von **M1** und **M2**.
3. In einem ausgewachsenen Wald stirbt und verrottet pro Zeiteinheit in etwa genauso viel Pflanzenmasse wie durch Photosynthese neu gebildet wird (lediglich der Gehalt von Kohlenstoff-Verbindungen im Boden nimmt noch etwas zu). In einem wachsenden Wald dagegen kommt ständig Pflanzenmasse hinzu. Erläutere, weshalb das Erhalten von schon ausgewachsenen Wäldern zum Erniedrigen der CO_2-Konzentration der Atmosphäre nicht viel beiträgt, die Vernichtung dieser Wälder die atmosphärische CO_2-Konzentration aber erhöht.
4. Heizt man durch die Verbrennung von einheimischen Holz aus einem Wald, in welchem für gefällte Bäume wieder neue angepflanzt werden, so wird die CO_2-Konzentration der Atmosphäre dadurch kaum beeinflusst. Heizt man dagegen mit Holz aus kanadischen Wäldern, entsteht eine andere CO_2-Bilanz. Erkläre.
5. In **M4** erscheinen die Ranglisten der CO_2-Produzenten der Welt sehr unterschiedlich, obwohl sie sich auf dieselben Daten beziehen. Erkläre die Unterschiede. (Diverse animierte Weltkarten auf https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions zeigen sehr anschaulich die historische Entwicklung der CO_2-Emissionen pro Land und pro Kopf in verschiedenen Regionen der Welt.)
6. Diskutiere anhand von **M2, M4 und M5** die Einschätzung vieler Klimaschützer, dass in Deutschland zwar schon einiges zur Reduktion der CO_2-Emissionen getan worden sei, aber eben längst nicht genug.
7. Erläutere mit Hilfe von **M5**, welches die „Hauptbaustellen" zur Reduzierung des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen in Deutschland sind. Diskutiere, inwiefern sowohl die Verhaltensweisen jedes einzelnen als auch politische Beschlüsse zur Energieversorgung dazu beitragen können, den Verbrauch fossiler Brennstoffe zu vermindern.
8. Die „Pro-Kopf-CO_2-Emissionen" die in **M4** für Deutschland angegeben werden, sind kleiner als die, die in **M6** angegeben sind. Erkläre, wie die Unterschiede zustande kommen und beurteile, welcher Wert eher zum sogenannten „CO_2-Fußabdruck" passt. (Recherchiere gegebenenfalls, was damit gemeint ist.)
9. Diskutiere anhand von **M7** und **M2** die Berechtigung der aktuellen Proteste bezüglich des Klimawandels bzw. mangelnden Klimaschutzes.