

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Block 1: Klimawandel und Energie

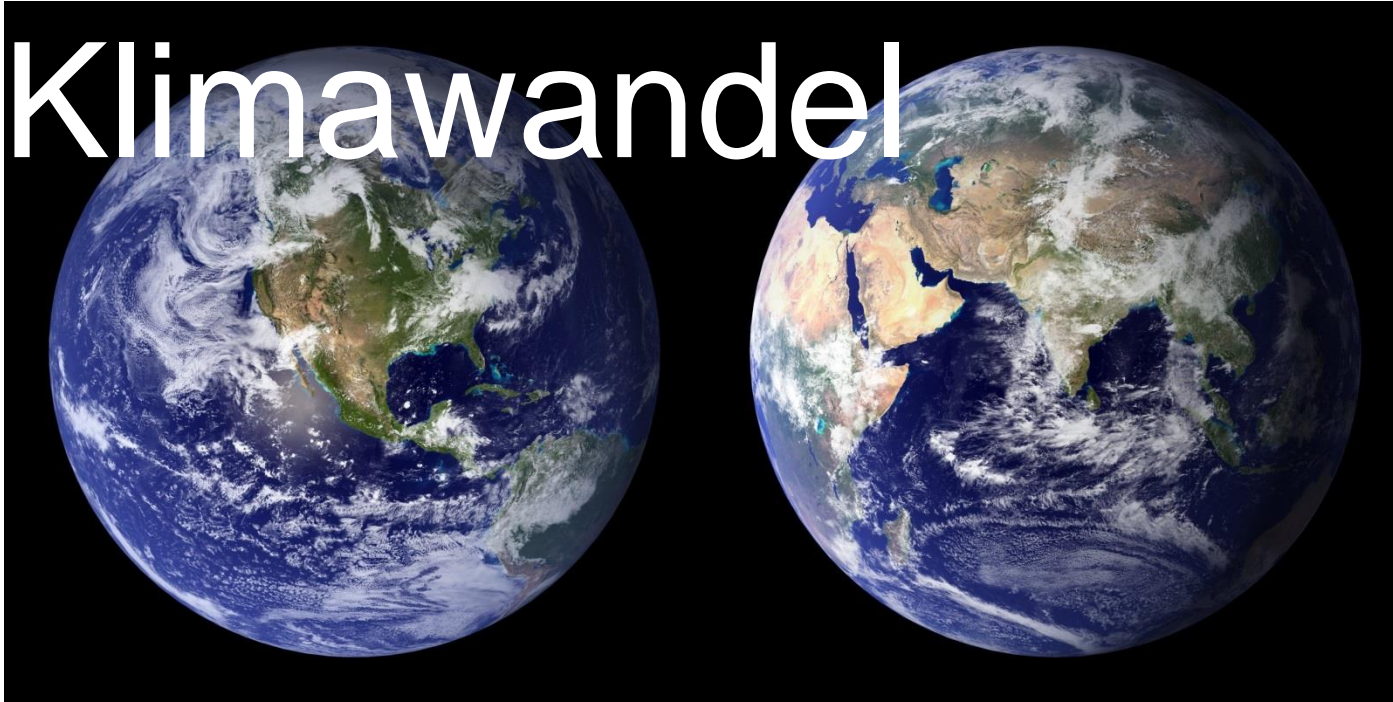
Jan Walter  
Deutsches Institut für Urbanistik



# Inhalt

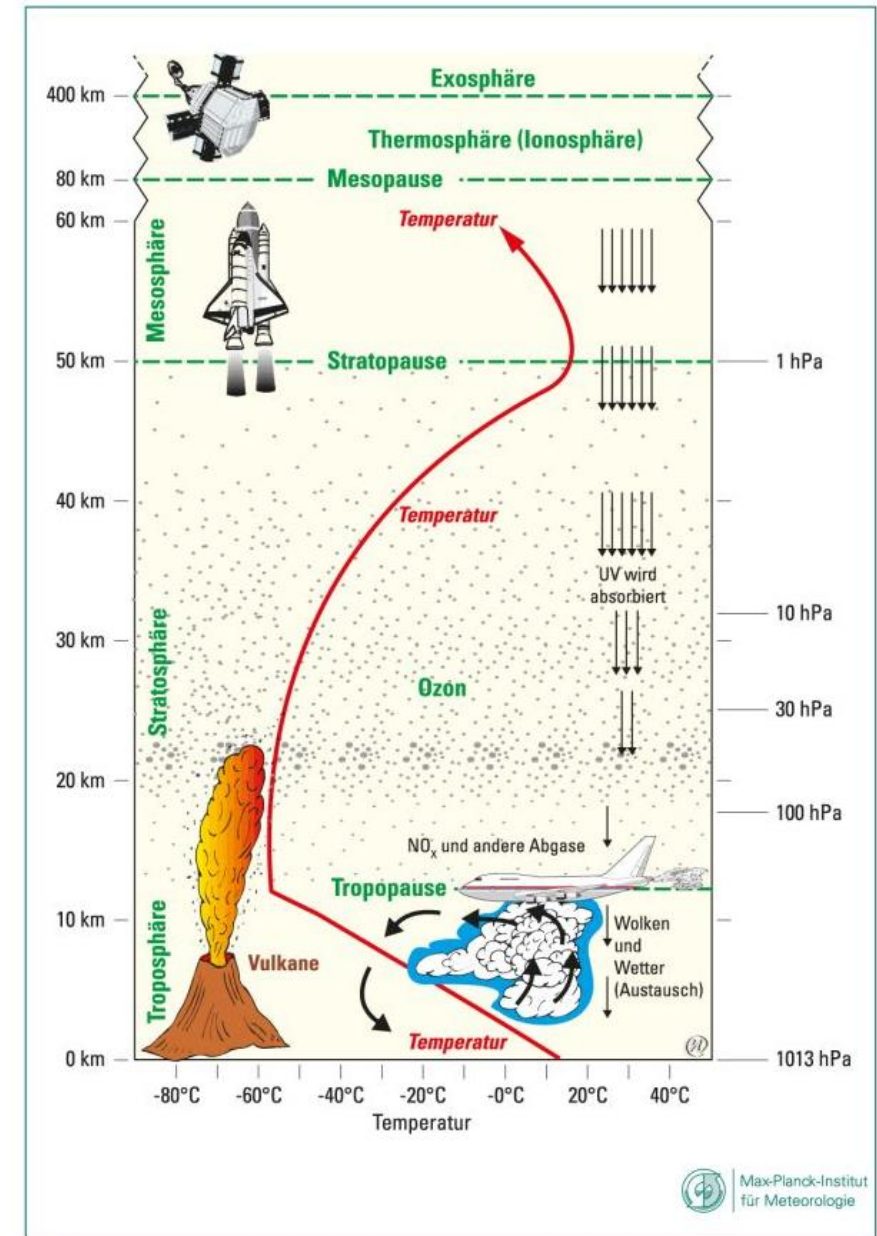
- Was ist der Klimawandel?
- Wieso Klimaschutz und was hat das mit Energie zu tun?

# Klimawandel



# Was ist...

- ... **die Atmosphäre:** Gasförmige Schicht oberhalb der Erdoberfläche, die unseren Planeten umhüllt.
- ... **Wetter:** Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt, an einem bestimmten Ort, der in Gestalt von Sonnenschein, Regen, Wind, Wärme, Kälte, Bewölkung o. Ä. in Erscheinung tritt.



Quelle: Norbert Noreiks, Max-Planck-Institut für Meteorologie

# Was ist Klima?

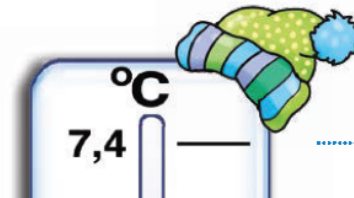
- Durchschnittliches Wetter in einem bestimmten Gebiet über einen **langen Zeitraum** (mind. 30 Jahre).
- **Globales Klima?**  
Temperaturdaten von Wetterstationen auf der ganzen Welt gesammelt und zusammengerechnet.

## Die Klimadetektive



Seit über 100 Jahren sammeln Forscherinnen und Forscher Daten über das Klima. Sie messen die Menge des Niederschlags (Regen und Schnee), wie oft und wie lange die Sonne scheint und vieles mehr. Natürlich messen und berechnen sie auch, wie hoch die Temperatur jedes Jahr durchschnittlich war – man nennt das die Jahresmitteltemperatur. Dabei haben sie etwas festgestellt. Betrachte die folgenden Jahresmitteltemperaturen von Deutschland.

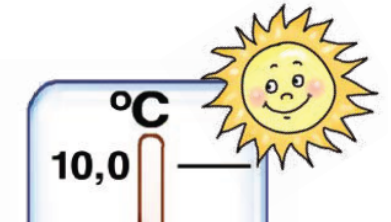
### Die zehn kältesten Jahre zwischen 1881 und 2016



Quelle: Bundesumweltministerium/

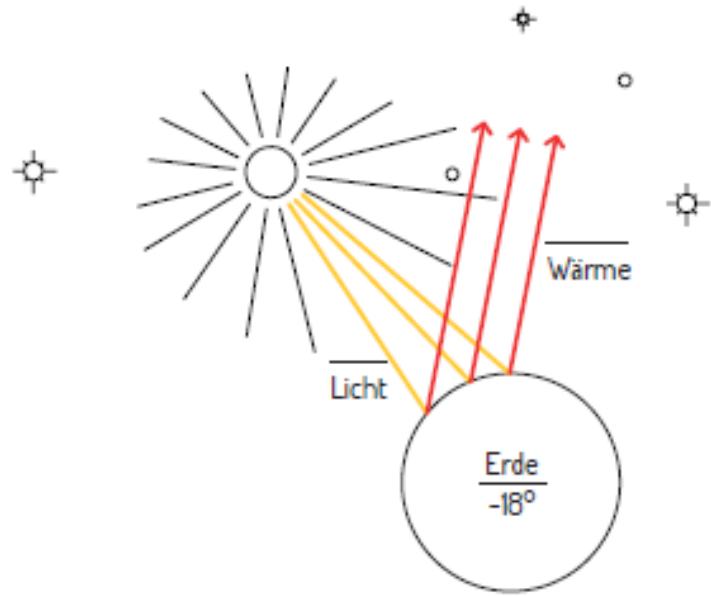
Jahr	Temperatur (in Grad Celsius)
1887	7,0
1888	6,9
1902	7,2

### Die zehn wärmsten Jahre zwischen 1881 und 2016

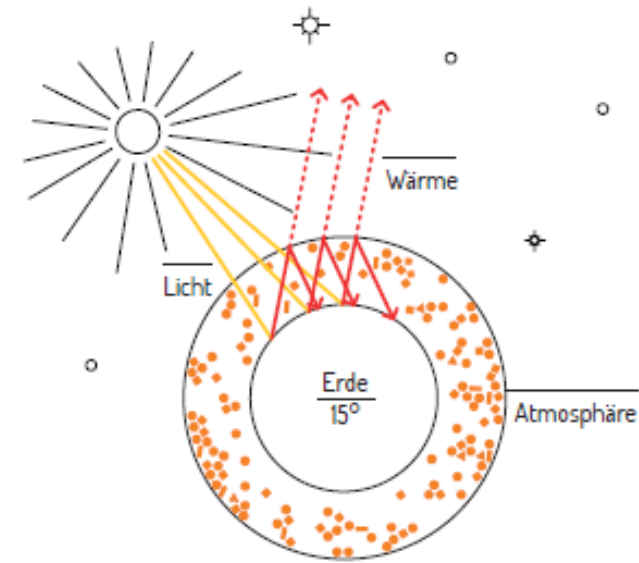


- ❖ Wetter ist also die kurzfristige und Klima die langfristige Betrachtung.
- ❖ Beobachte ich Wetterphänomene über einen seeehr langen Zeitraum, kann ich auch über Klima-Veränderungen Aussagen treffen.

# Was ist der „Treibhauseffekt“



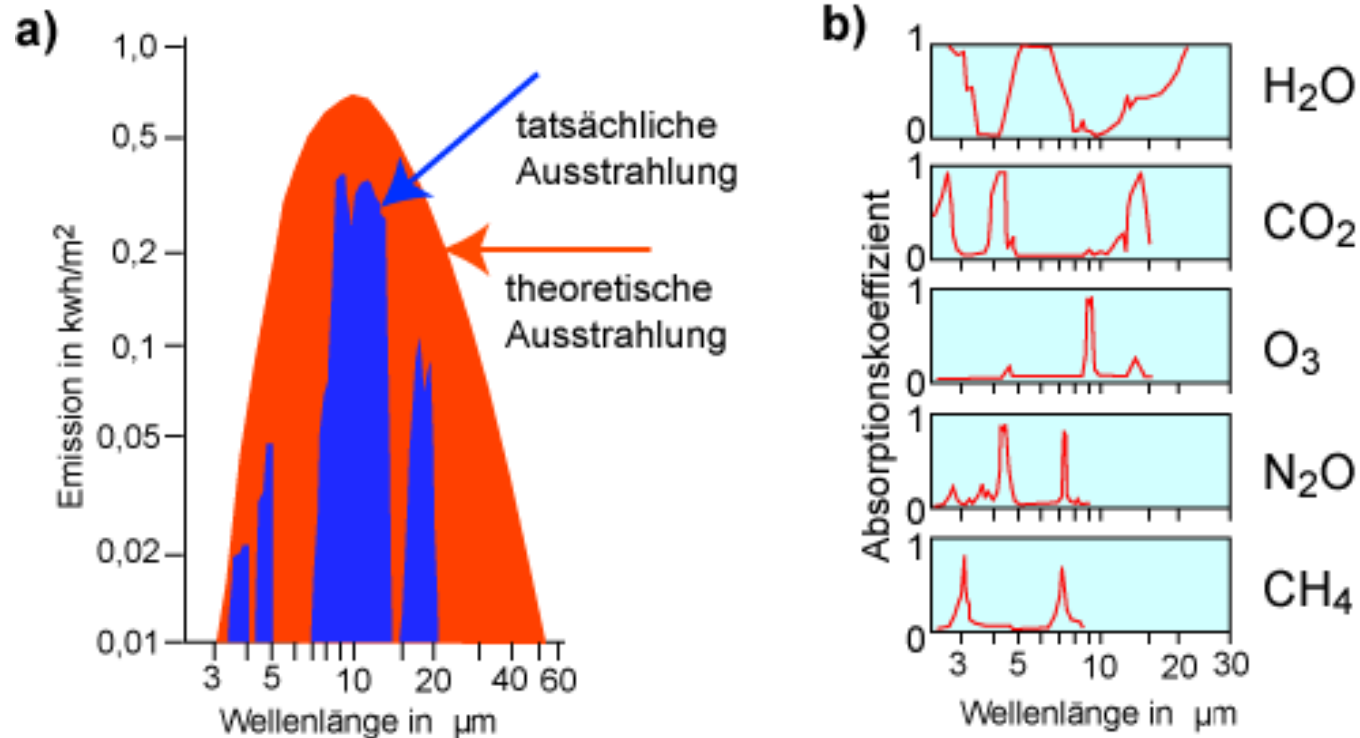
Erdkugel ohne Atmosphäre



Natürlicher Treibhauseffekt



# „Eingefangene“ Wärmestrahlung durch die Treibhausgase

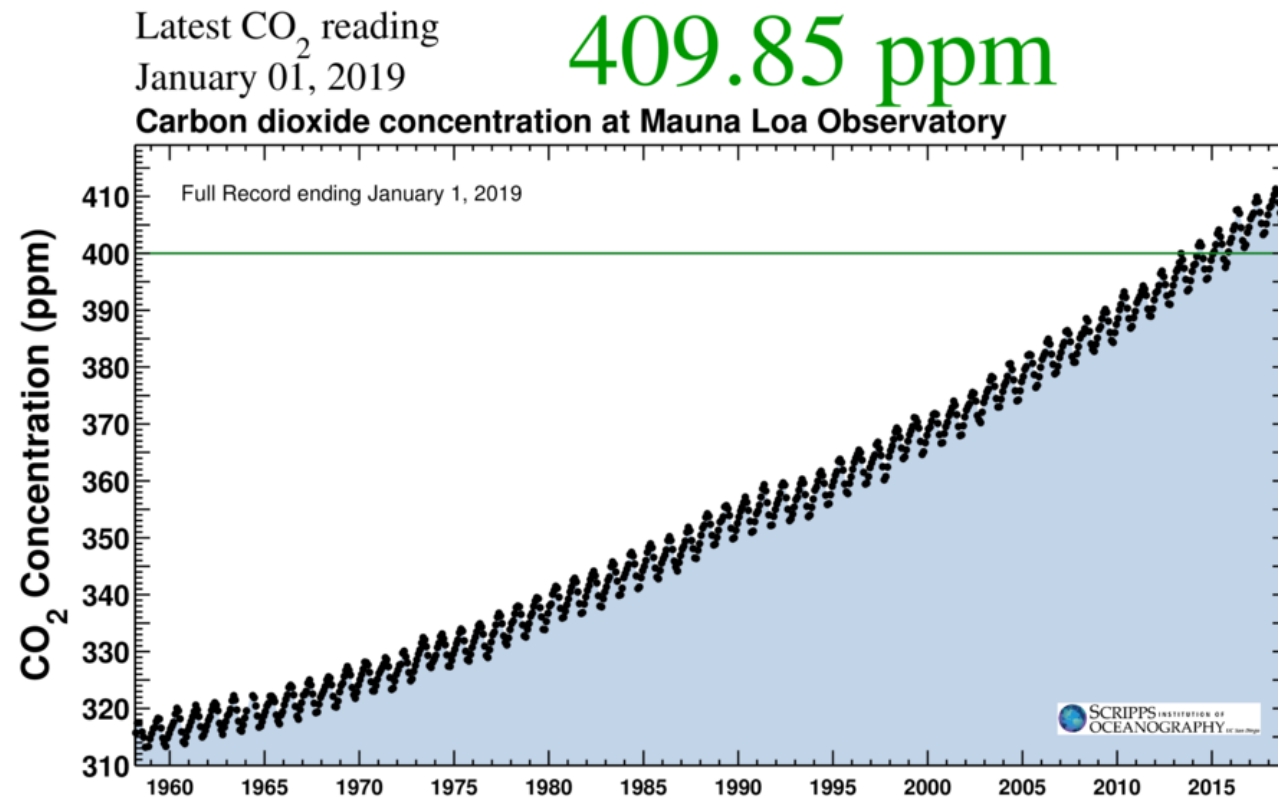


**links (a):** theoretische Ausstrahlung (Wärmeabstrahlung) der Erdoberfläche ohne Treibhauswirkung (rote Kurve) und tatsächliche Ausstrahlung (Wärmeabstrahlung) aufgrund der Wirkung der Treibhausgase (blaue Fläche);

**rechts (b):** IR-Spektren der Treibhausgase; dem jeweiligen IR-Spektrum sind die Wellenlängenbereiche zu entnehmen, in denen die genannten Treibhausgase die Wärmestrahlung absorbieren. Der Absorptionskoeffizient gibt die Intensität dieser Absorption an.

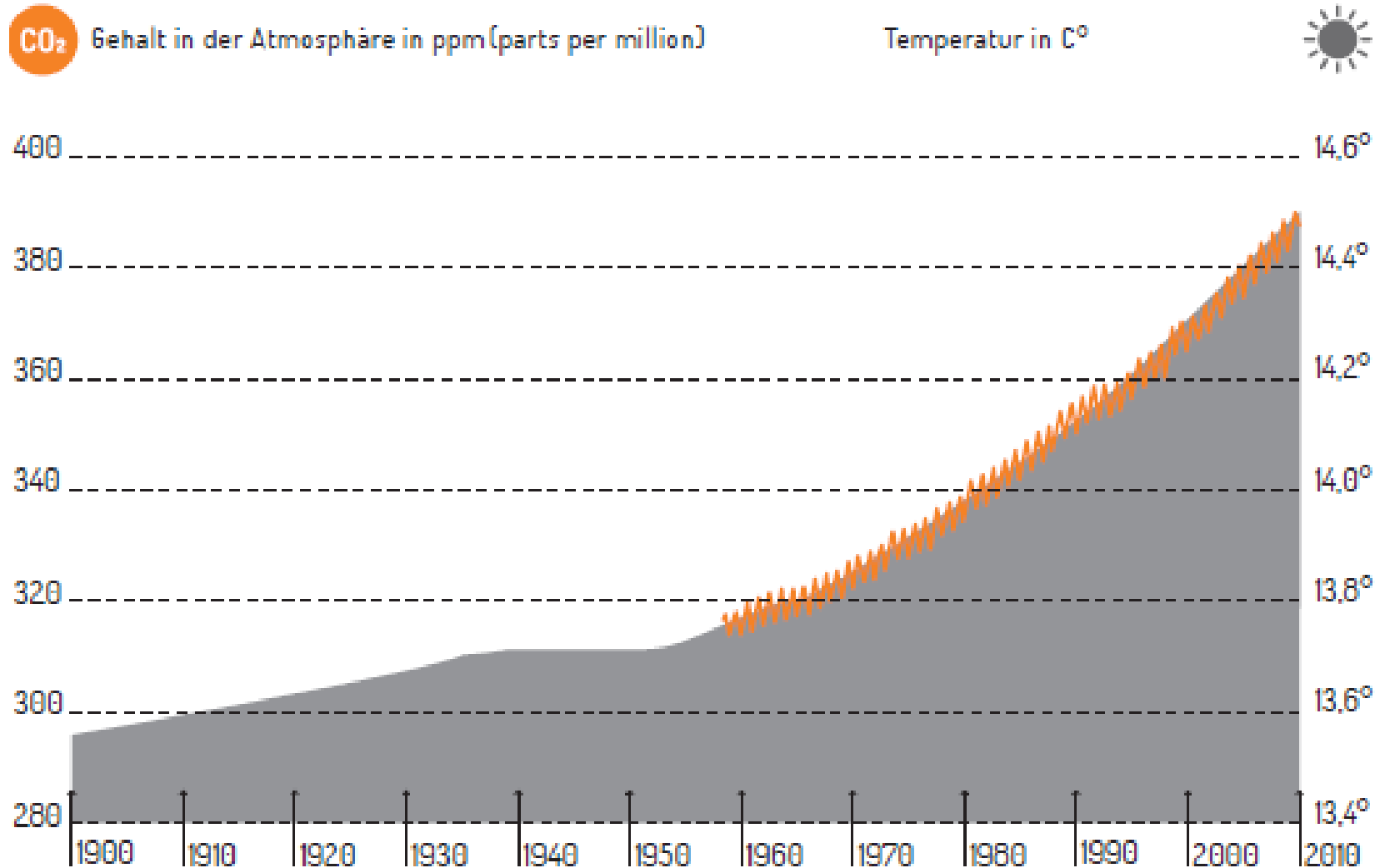
# CO<sub>2</sub>-Konzentration auf Mauna Loa, Hawai

- Aktuellster Wert: [https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/mlo\\_full\\_record.png](https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/wp-content/plugins/sio-bluemoon/graphs/mlo_full_record.png)





# Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub> und Temperatur



# CO<sub>2</sub>-Konzentration höchste seit 800.000 Jahren

## Ältester Eisbohrkern liefert neue Klimadaten

Die heutigen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre sind mehr als 28 Prozent höher als je zuvor in den letzten 800.000 Jahren. Das starke Treibhausgas Methan erreicht sogar 124 Prozent mehr. Das ist eines der Ergebnisse, die ein internationales Forscherteam anhand des ältesten je geborgenen antarktischen Eisbohrkerns gewonnen hat. Im Fachmagazin „Nature“ sind jetzt gleich zwei Studien dazu erschienen.



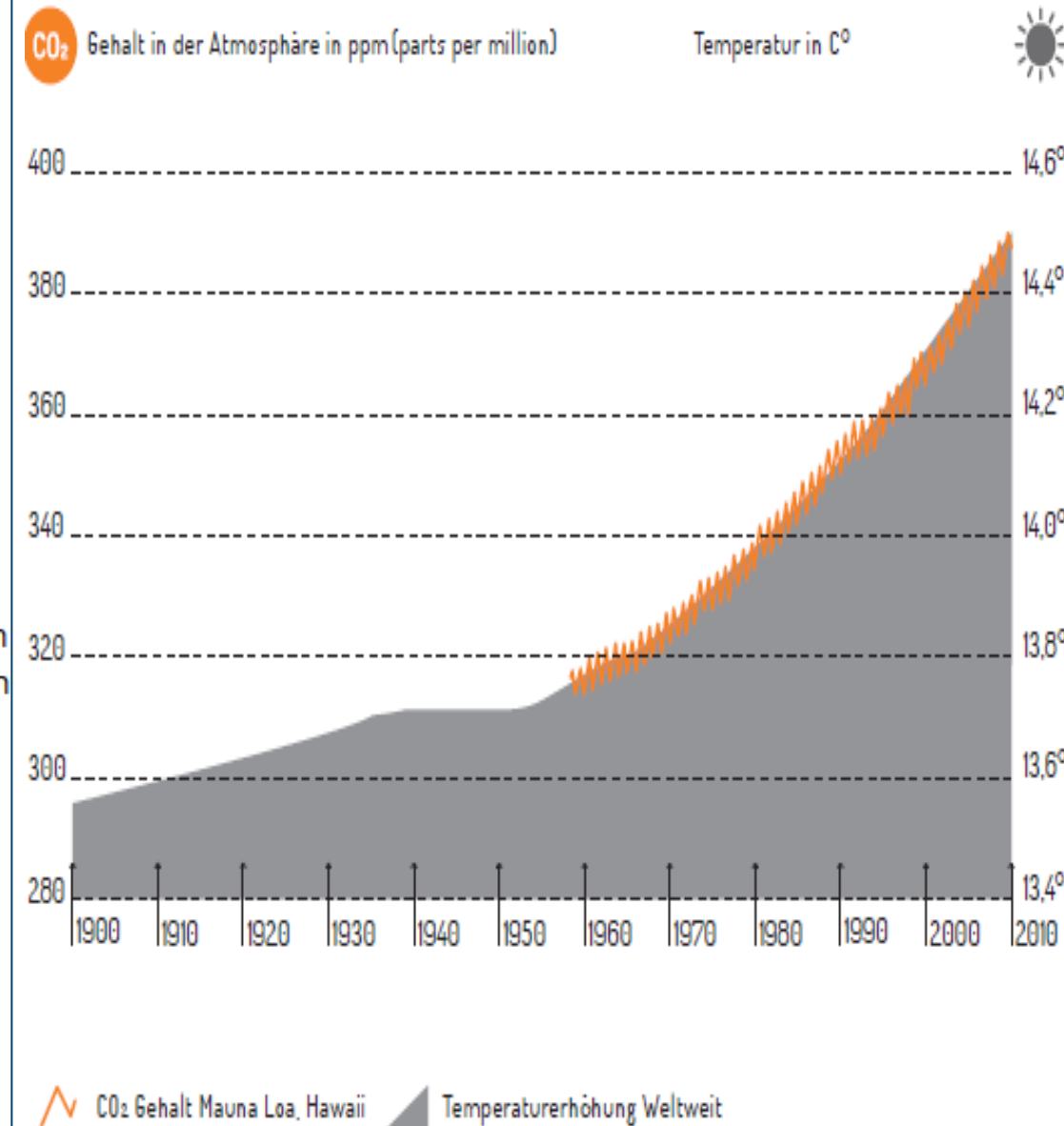
EPICA-Eisbohrkern

© Universität Bern

Die Rekonstruktion der Treibhausgas-Konzentrationen in der Vergangenheit stellt einen Eckpfeiler der aktuellen Klimaforschung dar, denn sie erlauben Rückschlüsse auf die mögliche zukünftige Entwicklung des Klimas. Eine wichtige Methode ist die Gewinnung von Klimadaten aus Eisbohrkernen.

### 800.000 Jahre altes Eis als Klimaarchiv

Im Rahmen von EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) drang ein internationales Forscherteam an der Antarktis-Station Dome Concordia im Jahr 2004 in eine Tiefe von 3.270 Metern vor. Mit einem Alter von über 800.000



Quelle: Soko Klima, Heft „Klima“, S. 12, Download unter:  
<http://www.soko-klima.de/methodenkoffer/info-box/>

# Was erwärmt die Erde wirklich?

- <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-whats-warming-the-world/>

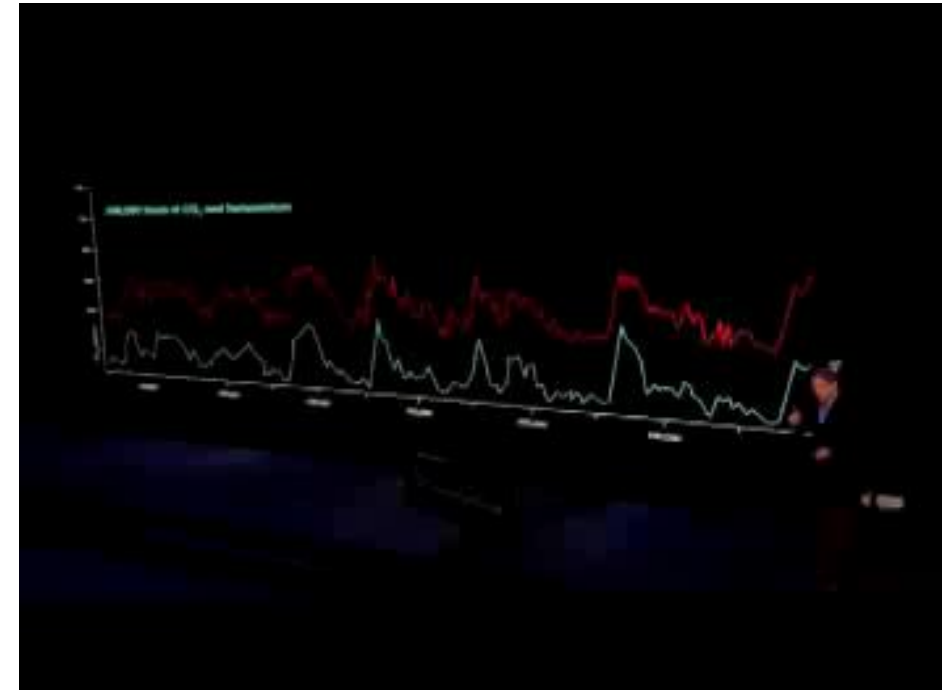
# Zusammenhang zwischen CO2 und Temperatur

Ausschnitt Vortrag Al Gore ca. 2006  
(6:24 min., engl.)



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=-JluKjaY3r4>

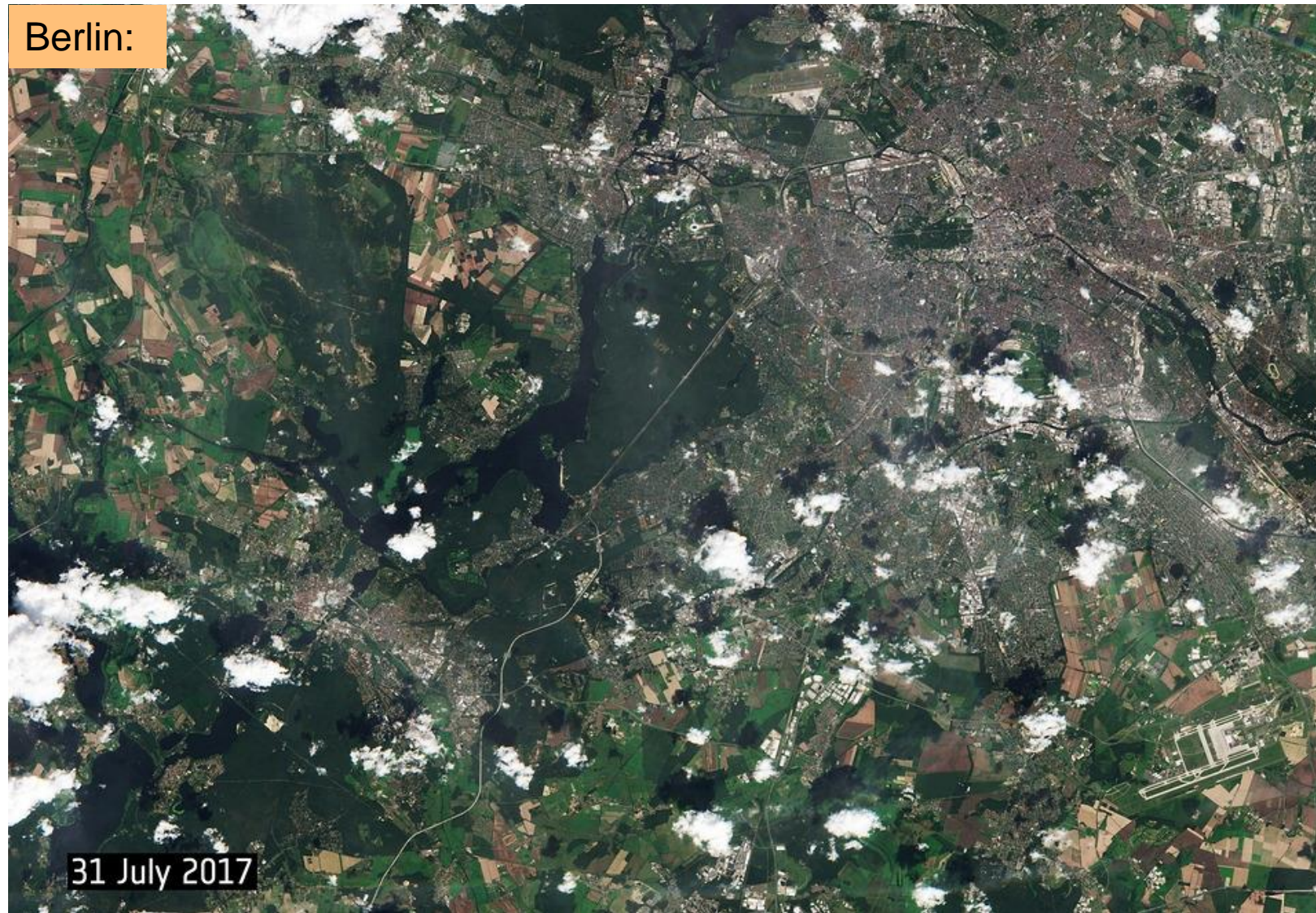
Ausschnitt Vortrag Al Gore ca. 2006  
(2:11 min., deutsch)



Quelle: [https://www.youtube.com/watch?v=7VcT0ygiq\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=7VcT0ygiq_s)



# Was sind die Folgen?



Quelle: modified Copernicus Sentinel data (2018), processed by ESA



# Was sind die Folgen?



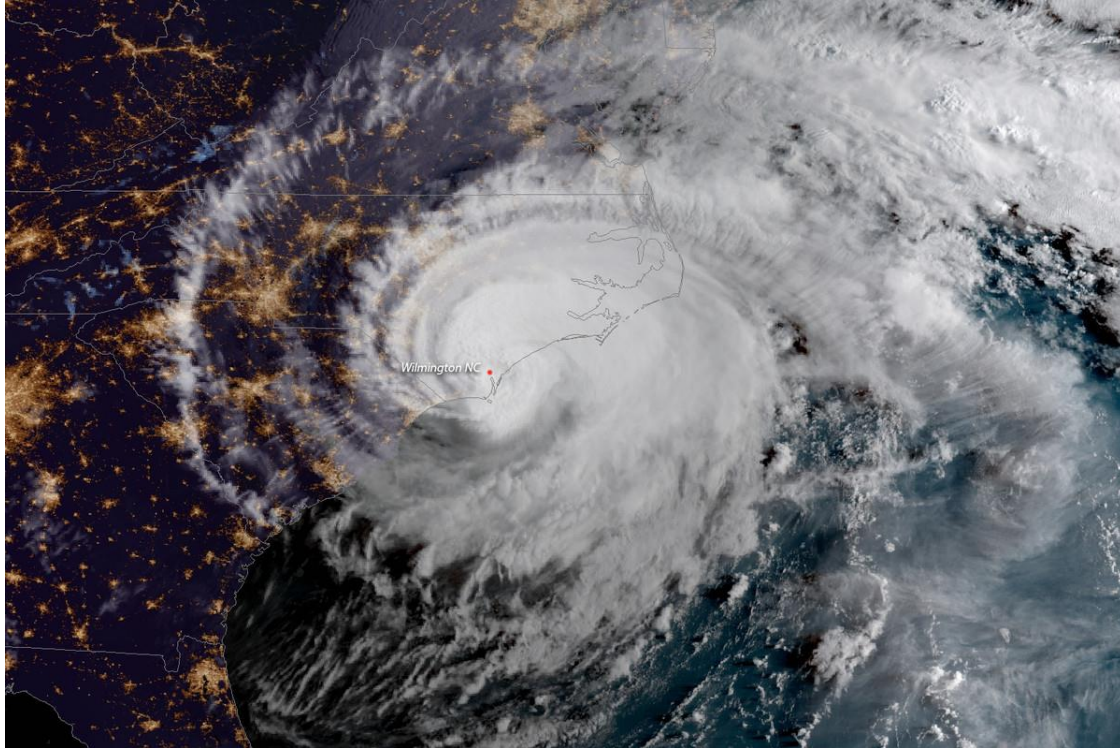
Quelle: modified Copernicus Sentinel data (2018), processed by ESA



# Was sind die Folgen?

Unwettersaison 2018:

USA:



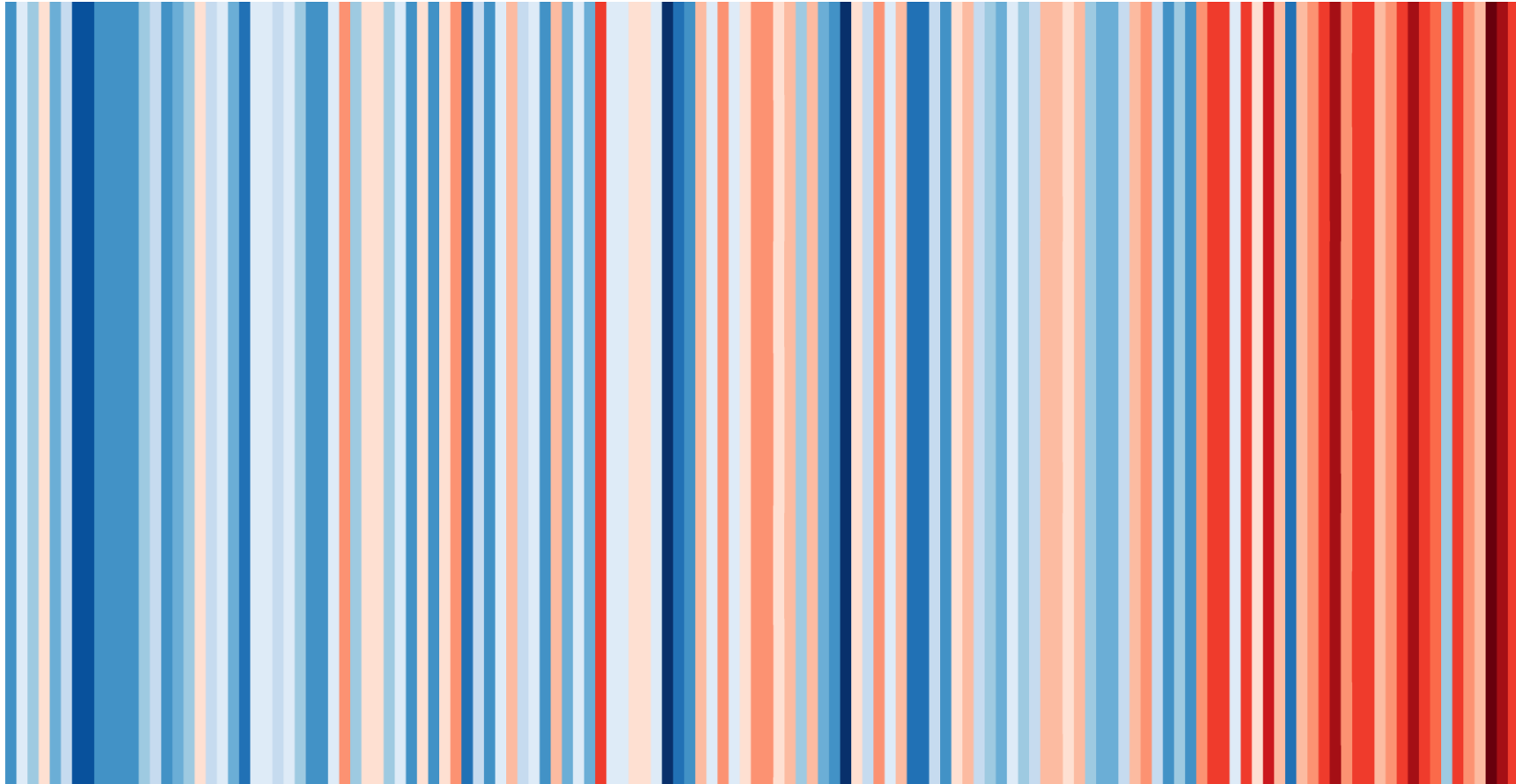
Asien:



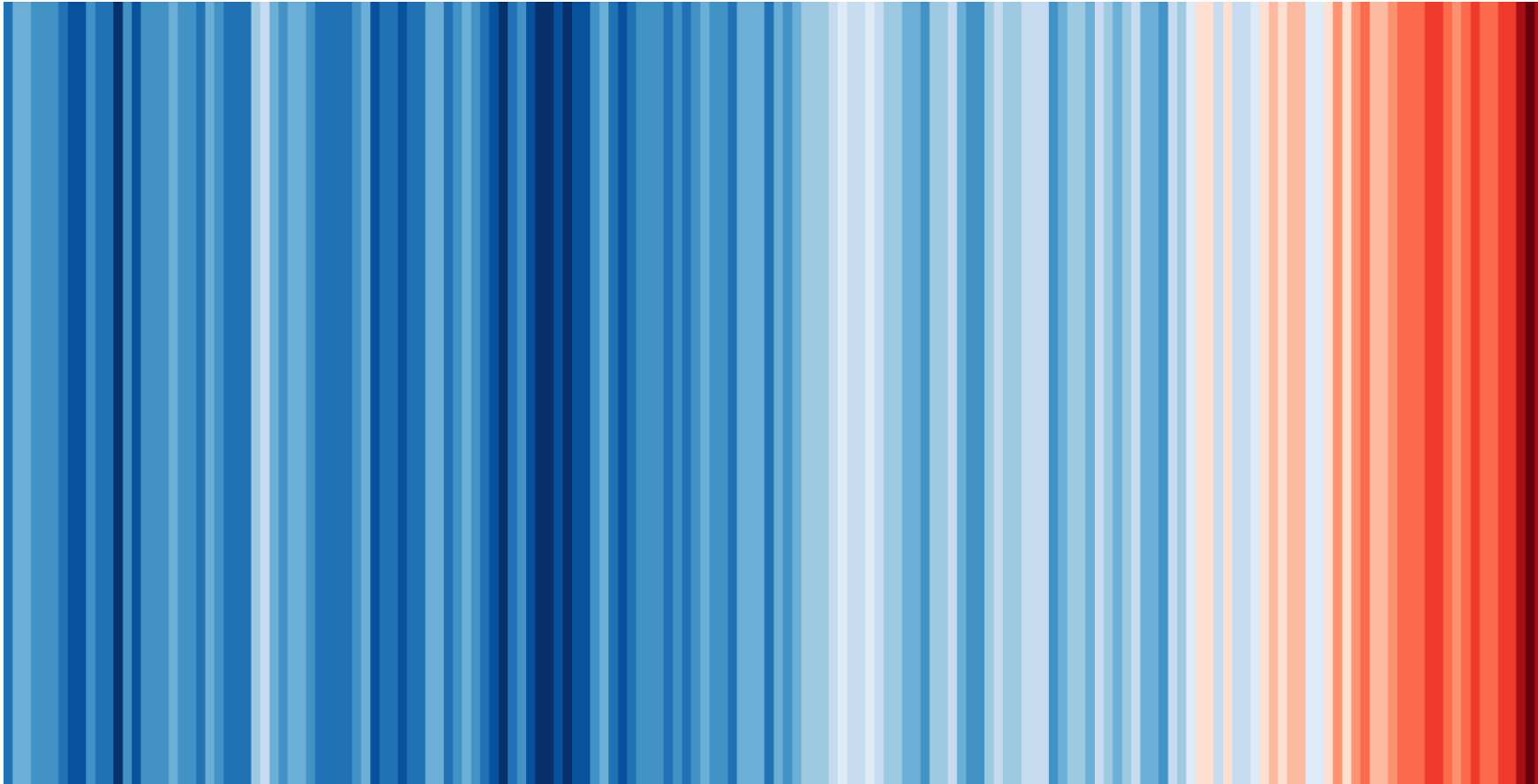
Deutschland:



# Jährliche Mitteltemperaturen in Deutschland von 1881-2017



# Jährliche globale Mitteltemperaturen 1850-2018



# Klimaschutz und Energie





# Wie gelangen zusätzliche Treibhausgase in die Atmosphäre?

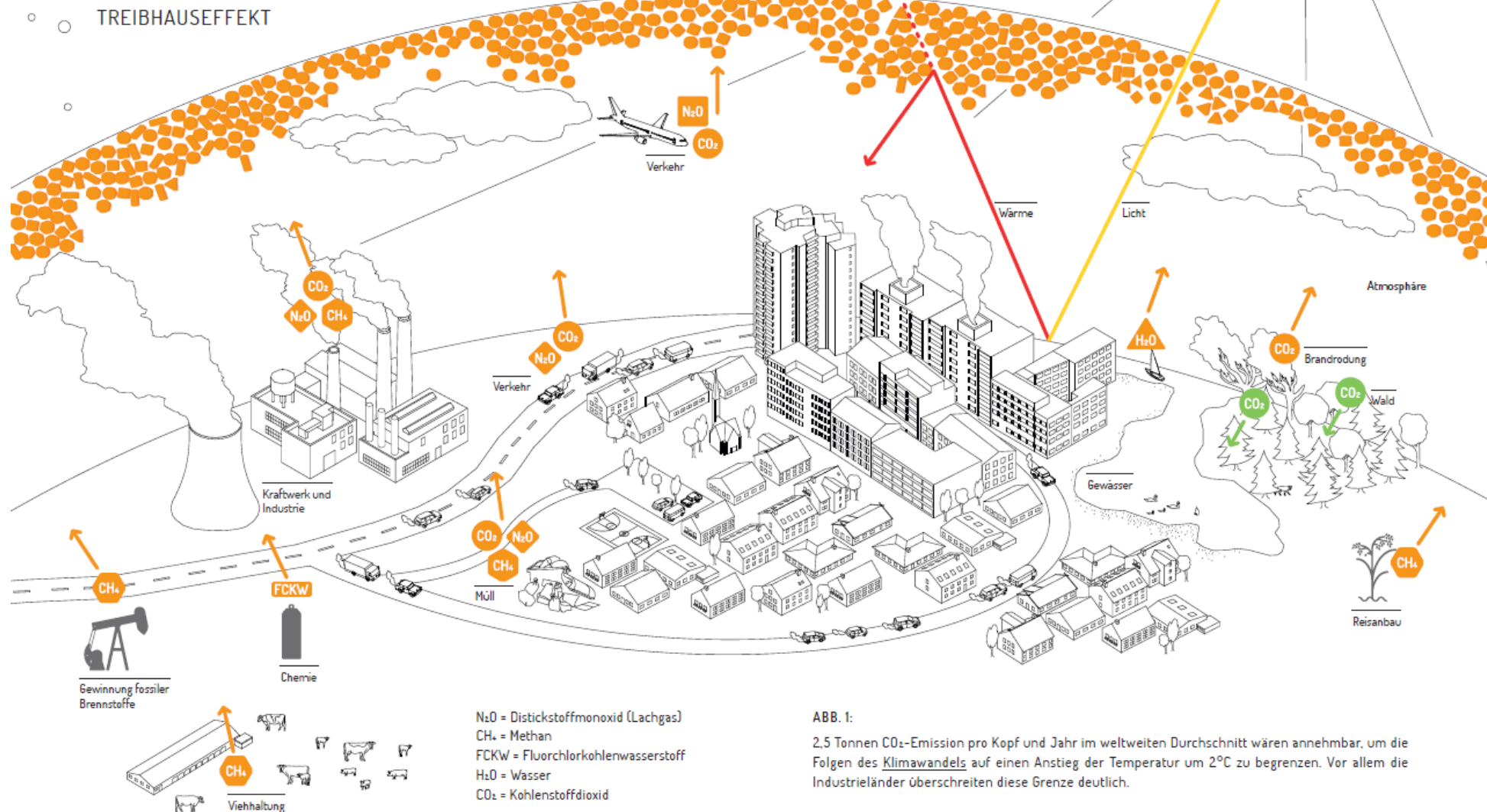


ABB. 1:

2,5 Tonnen  $\text{CO}_2$ -Emission pro Kopf und Jahr im weltweiten Durchschnitt wären annehmbar, um die Folgen des Klimawandels auf einen Anstieg der Temperatur um  $2^\circ\text{C}$  zu begrenzen. Vor allem die Industrieländer überschreiten diese Grenze deutlich.

# Was ist Energie?

Heute wird immer noch **die meiste Energie**, egal ob Wärme zum Heizen, Strom für den Computer oder Benzin für das Auto, durch das **Verbrennen von fossilen Energieträgern** erzeugt.

Energie bezeichnet das Arbeitsvermögen eines Stoffes oder Körpers. Energieformen sind die chemische Energie, die mechanische Energie, die Wärmeenergie und elektrische Energie. Die Einheit für Energie ist Joule. Elektrische Energie wird in Kilowattstunden (kWh) oder Megawattstunden (1 MWh = 1.000 kWh) angegeben.

1 Wattsekunde (Ws) = 1 Joule (J)

1 Wattstunde (Wh) = 3600 Joule (J)

1 Kilowattstunde (kWh) = 3600 Kilojoule (kJ) = 3,6 Megajoule (MJ)



# Was kannst du mit einer Kilowattstunde machen?

- 10 Kannen Kaffee kochen.
- Einmal Wäsche waschen (60 Grad) oder zweimal (40 Grad).
- Sparsame Lampe (10-Watt-LED-Leuchtmittel) 100 Stunden bzw. ca. 4 ganze Tage brennen lassen.
- Alte Glühbirne (100-Watt) 10 Stunden brennen lassen.
- Einen Klassenraum zwei Stunden beleuchten.
- 5 Stunden am Computer spielen.
- ½ Stunde einen Heizlüfter laufen lassen.
- Eine Autobatterie einmal voll laden.
- 15 Minuten den Wasserkocher laufen lassen.

# Was kostet eine Kilowattstunde?

1 kWh kostet...

- ...privaten Haushalten durchschnittlich knapp 30 Eurocent in 2018

(Quelle: <https://www.stromauskunft.de/strompreise/was-kostet-strom/>)

- ...Kommunen (als Großkunden) meist deutlich weniger

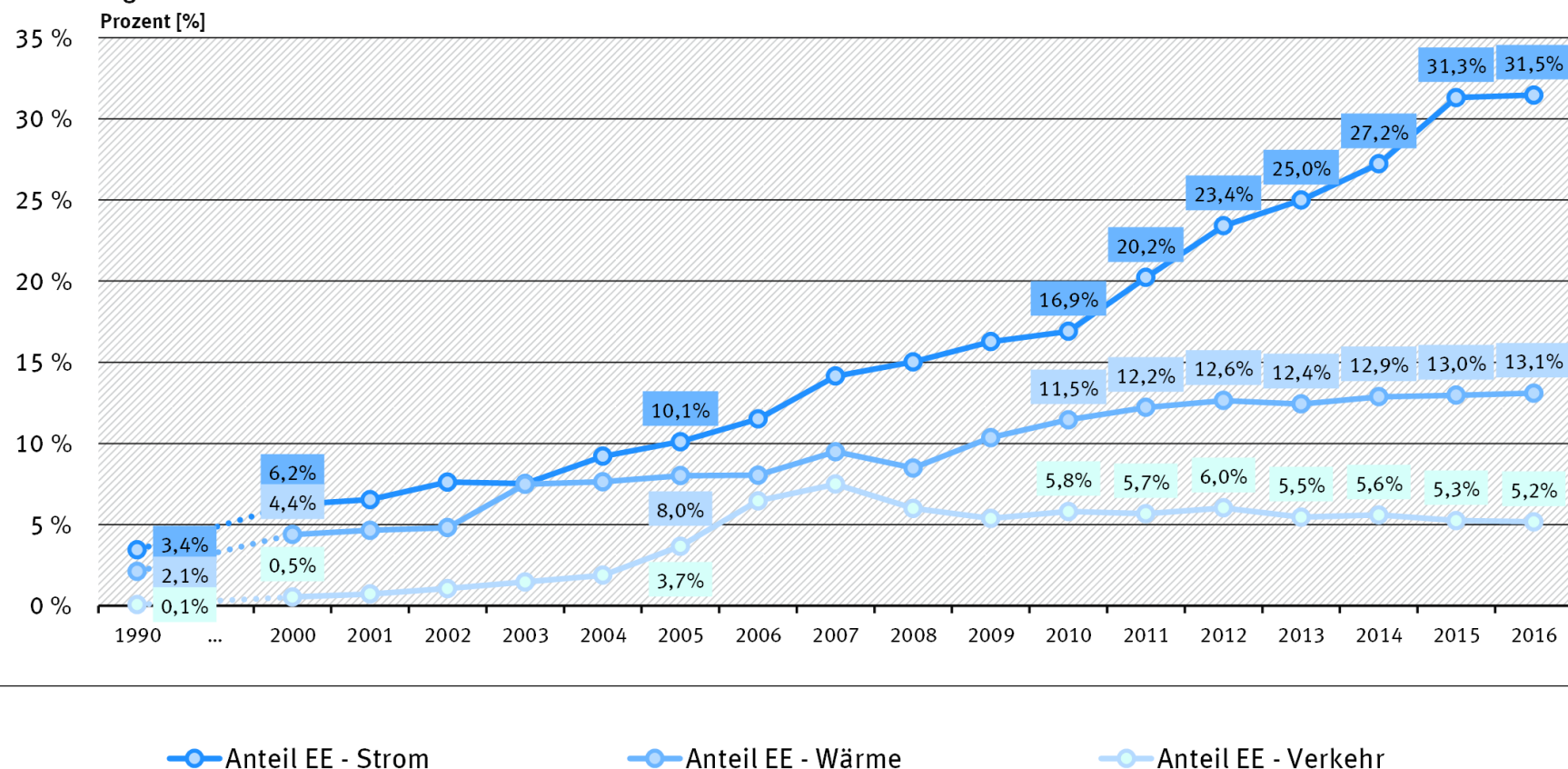
1 kWh hat in Deutschland einen (in den letzten Jahren gesunken)  
durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von...

- ...rund 500g

# Drei große Bereiche: Strom, Verkehr und Wärme

Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch, am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte sowie am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor

Entwicklung von 1990 bis 2016



Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat  
Stand 12/2017

# „Dreifaltigkeit“ der Energiewende

## EFFIZIENZ

*Besser produzieren:  
gleicher Nutzen,  
weniger Energie-  
verbrauch*



Zum Beispiel:  
von der Glühbirne  
zur LED

## KONSISTENZ

*Anders produzieren:  
mit regenerativen  
Energien oder durch  
wiederverwertbare  
Materialien*



Zum Beispiel:  
von der Plastiktüte zur  
kompostierbaren Tüte  
aus Maisstärke

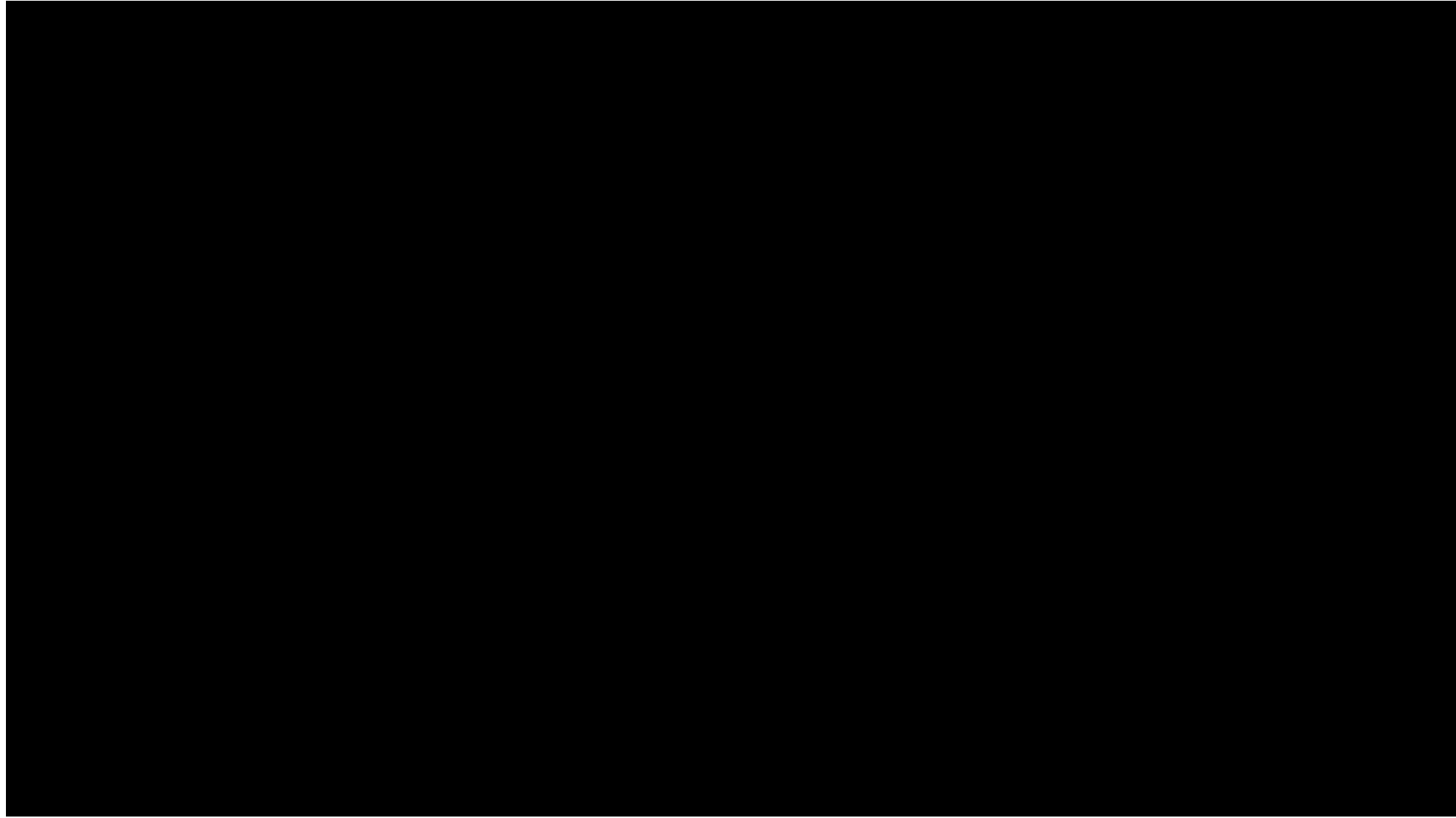
## SUFFIZIENZ

*Weniger produzie-  
ren und konsumie-  
ren: Energie- und  
Materialverbrauch  
begrenzen*



Zum Beispiel:  
vom Besitzen zum  
Teilen (z.B. Werkzeug)

# Filmtrailer „Power to Change“ (3min)



# Durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Tonnen pro Person und Jahr in Deutschland

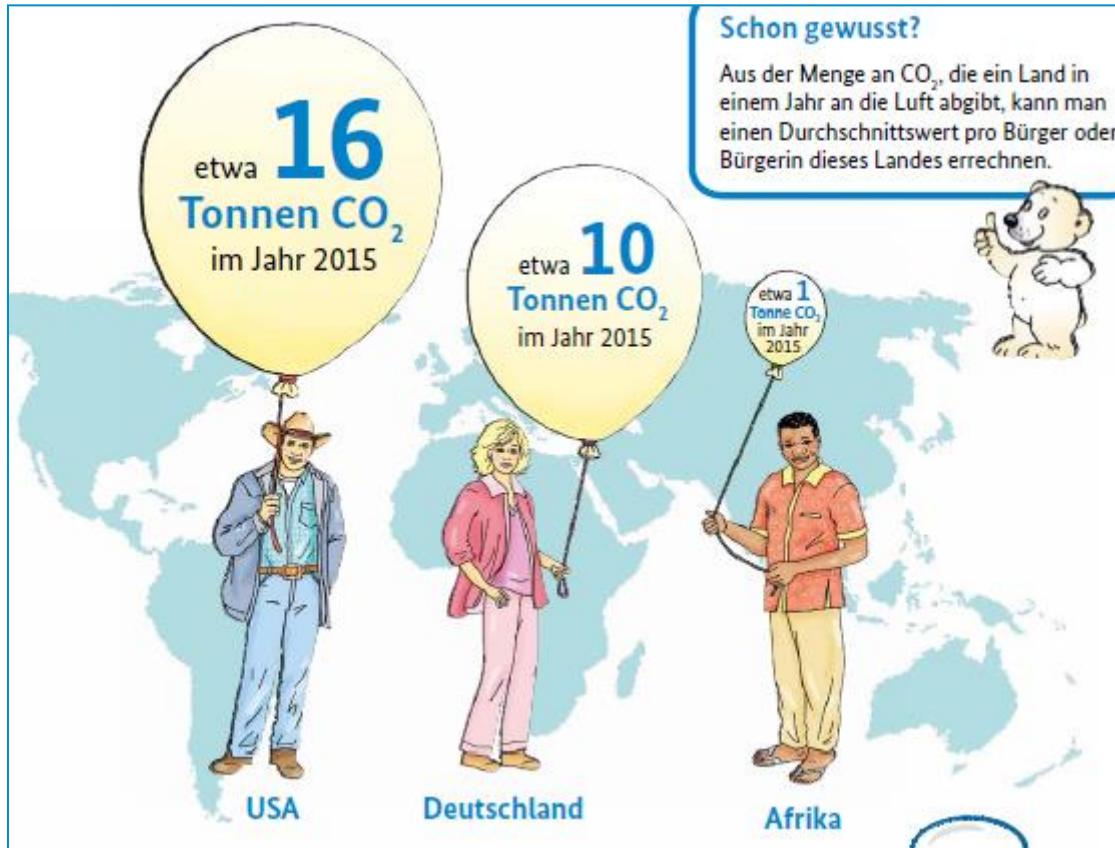


Finde mit dem **CO<sub>2</sub>-Rechner** heraus, in welchen Bereichen du bereits einen Beitrag für den Klimaschutz leistest und wo noch Potenziale verborgen sind: [http://klimaktiv.co2-rechner.de/de\\_DE/](http://klimaktiv.co2-rechner.de/de_DE/)



# Verantwortung der Industrienationen

- Ausstoß von Treibhausgasen pro Person in den Ländern der Erde sehr verschieden.



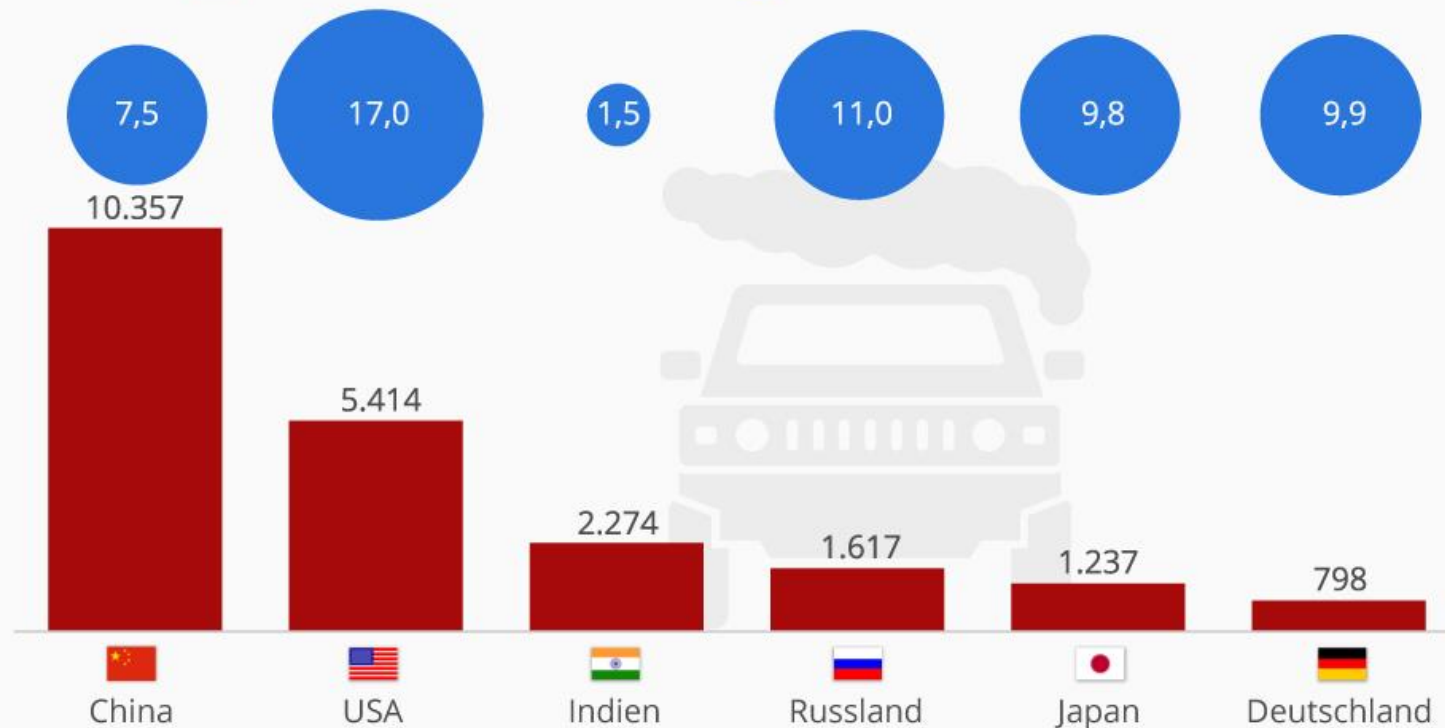
- In den alten Industrienationen wurde der größte Teil der heute in der Atmosphäre befindlichen anthropogenen, also vom Menschen eingetragenen Treibhausgase ausgestoßen.
- Einige „neue Industrienationen“ (auch als „Schwellenländer“ bezeichnet) haben inzwischen ebenfalls hohe und wachsende Treibhausgasausstöße.
- So hat China die USA als Haupt-Emitent in absoluten Zahlen abgelöst, der Pro-Kopf-Ausstoß ist aber weiterhin deutlich niedriger (und der kumulierte Ausstoß sowieso).

# Verantwortung der Industrienationen

## Die größten Klimasünder weltweit

CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Land und pro Kopf 2015

■ CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Megatonnen    ● CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Tonnen pro Kopf



@Statista\_com

Quelle: Global Carbon Project

statista

Komplexe Welt:

Der Ausstoß von Treibhausgasen wird meist nach „Produktionsprinzip“ berechnet, kann aber auch nach Konsumprinzip berechnet werden.

# Was kann ich persönlich gegen die Klimaerwärmung tun?

Je weniger Energie verbraucht wird, desto weniger Kohlendioxid wird erzeugt. Energie sparen kannst du zum Beispiel durch:

- **Licht** nur brennen lassen, wenn es gebraucht wird. Sonst ausschalten.
- Raum optimal **beheizen**, nicht zu warm.
- Richtig **lüften**, d.h. kurz und heftig, keine gekippten Fenster im Winter.
- **Mobilität**: Bei längeren Strecken Zugfahren und Fahrgemeinschaften bilden, Autofahren und fliegen vermeiden. Bei kurzen Strecken Fahrradfahren oder laufen.
- „Nachhaltig **konsumieren**“, zum Beispiel weniger Fleisch essen und technische Geräte möglichst lange nutzen bzw. teilen.
- **Geld** sinnvoll anlegen, z.B. Mitglied einer lokalen Bürgerenergiegenossenschaft werden
- Zu einem echten **Ökostromanbieter** wechseln ... und vieles mehr

# 41 % aller vom Menschen eingebrachten THG-Emissionen kamen nach 1990

Hier wird deutlich, wie enorm der Anstieg des globalen Treibhausgas-(THG)-Ausstoßes ist und dass dieser in der Gesamtschau bisher eher exponentiell steigt und nicht zurück geht.

Hintergrund: Zuletzt war der globale Ausstoß kurzfristig konstant (hoch) geblieben. Hoffnung war, dass der Umkehrpunkt erreicht sei. Jetzt zeigt sich aber bei „brummender“ Weltwirtschaft wieder ein weiter steigender globaler Ausstoß!

→ Zum Weiterlesen:

<https://www.klimareporter.de/international/co2-emissionen-steuern-auf-rekord-zu>

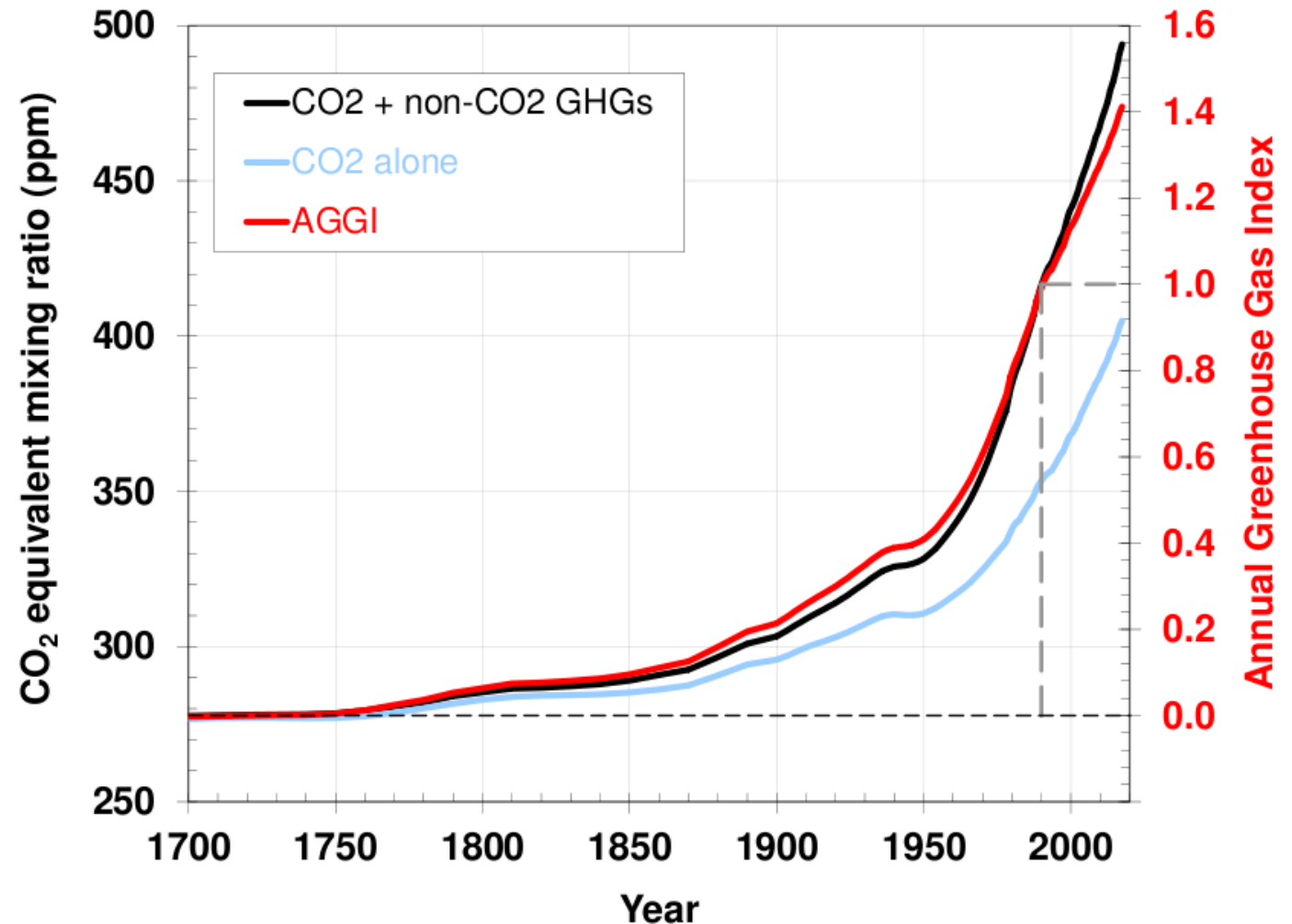


Figure 5. Pre-1978 changes in the CO<sub>2</sub>-equivalent concentration and AGGI based on the ongoing measurements of all greenhouse gases reported here, measurements of CO<sub>2</sub> going back to the 1950s from C.D. Keeling [Keeling et al., 1958], and atmospheric changes derived from air trapped in ice and snow above glaciers [Machida et al., 1995, Battle et al., 1996, Etheridge, et al., 1996; Butler, et al., 1999]. Equivalent CO<sub>2</sub> atmospheric amounts (in ppm) are derived with the relationship between CO<sub>2</sub> concentrations and radiative forcing from all long-lived greenhouse gases.



# Pariser Vereinbarung:

Globale Erwärmung auf unter 2 Grad, möglichst 1,5 Grad begrenzen!





# THE PARIS AGREEMENT

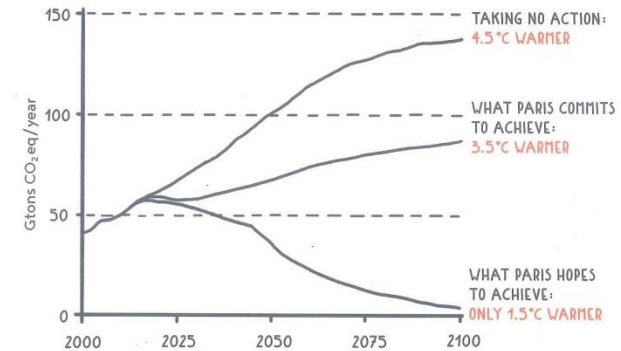
It's about time the world gets serious about climate change! The Paris Agreement of 2015 is a great start, with all countries except the US on board. The targets negotiated under the agreement would still increase temperatures by three degrees, however, so continuous improvement is key! And what happens if we don't do anything at all? Well, for starters, a temperature increase of four degrees on average, with rising sea levels flooding cities like Shanghai, London, Durban and Amsterdam already at a much lower increase in temperature.

THIS IS THE FUTURE IF THE WORLD WARMS UP BY 2°C



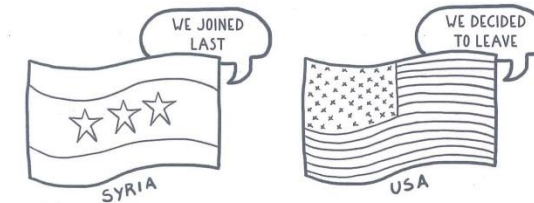
# EMISSION PATHS

WHAT WILL HAPPEN TO THE CLIMATE IN THE FUTURE?



# JOINING THE CLUB

ALL UN MEMBERS HAVE ALREADY SIGNED THE AGREEMENT



# ARE YOU IN?

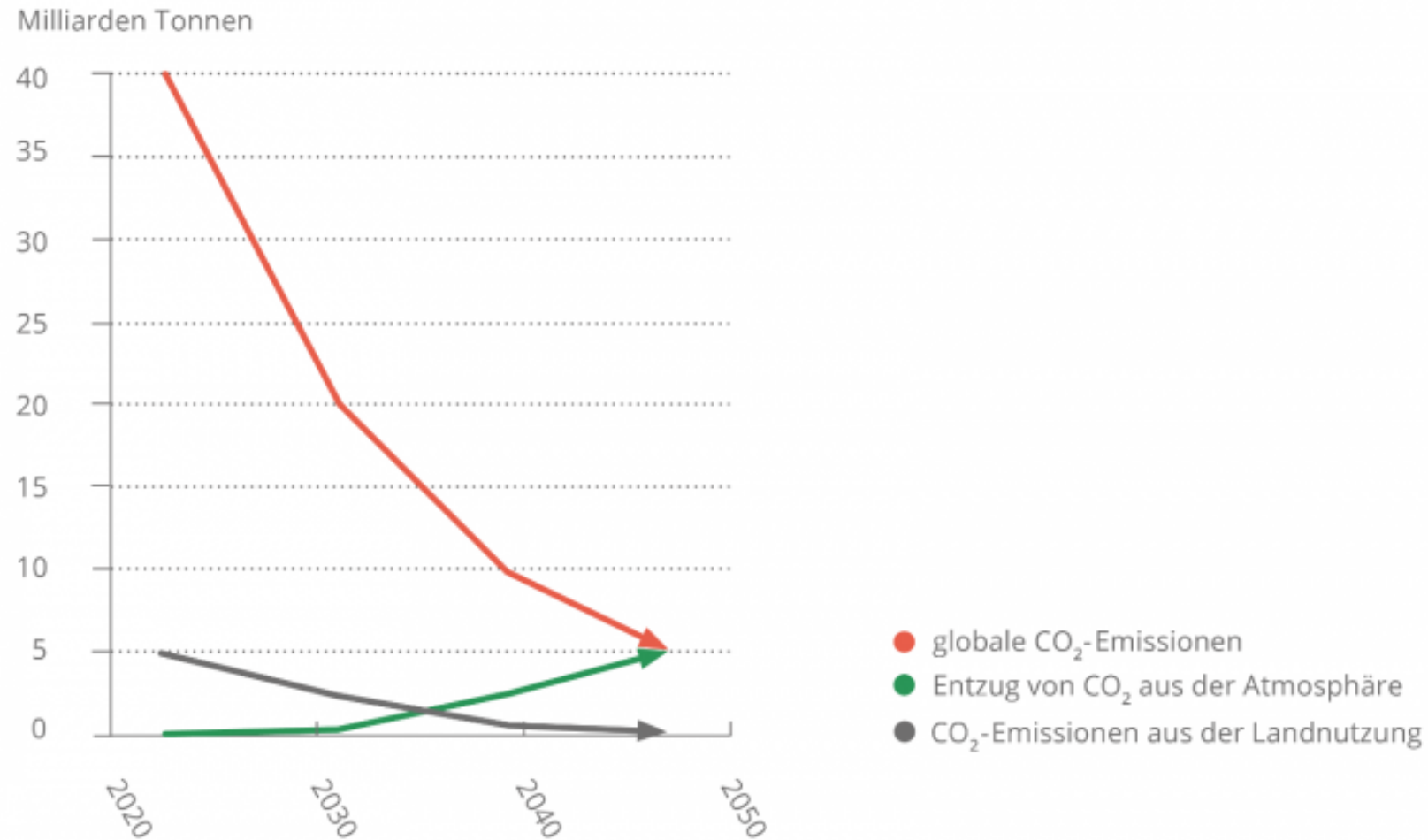
WE MUST ACT NOW ON CLIMATE CHANGE! AND WE NEED YOU TO ACT, TOO! SIGN THE AGREEMENT AND MAKE YOUR VOICE HEARD!





# Rockströms CO<sub>2</sub>-Gesetz

Mit dem Paris-Abkommen maximal zulässige CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr



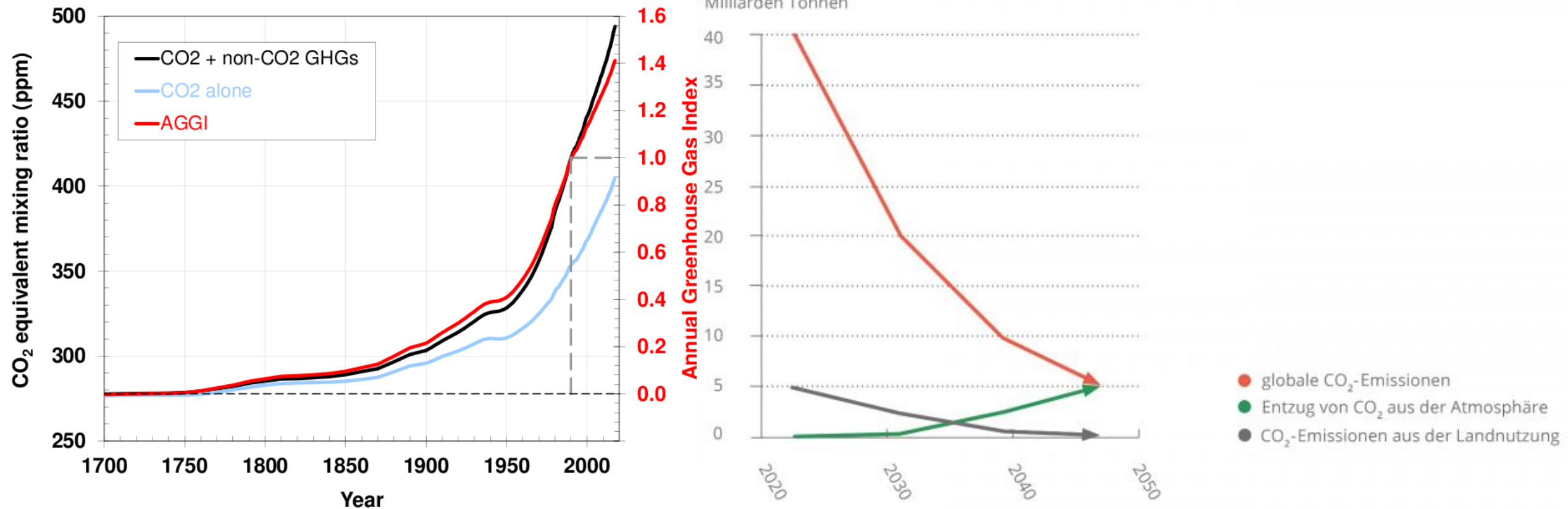
# Rockströms CO<sub>2</sub>-Gesetz

**Alle 10 Jahre Halbierung der Emissionen, Anlehnung an das Mooresche Gesetz aus der Computerindustrie. Über 40 Jahre lang hatte diese Voraussage dort Bestand – nicht zuletzt, weil sich die Chipentwickler daran orientiert haben.**

- Theoretisch darf die Menschheit noch 25,6 Jahre lang so viele Treibhausgase ausstoßen wie heute, wenn die Erderwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent unter zwei Grad bleiben soll. Allerdings geht dieser „Klima-Countdown“ davon aus, dass wir die heutigen Emissionen von 40 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr beibehalten und diese dann plötzlich auf null abfallen.
- Tatsächlich werden die Emissionen aber über einen längeren Zeitraum fallen, bis die Menschheit und ihre Wirtschaft Klimaneutralität erreicht haben. Um zu zeigen, wie schnell die Emissionen fallen müssen, [hat Johan Rockström vom Potsdam-Institut ein "CO<sub>2</sub>-Gesetz" formuliert](#). In den Jahren von 2020 bis 2030 müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen halbiert werden und im folgenden Jahrzehnt erneut und dann nochmal. Im Jahr 2050 lägen die Treibhausgasemissionen der Menschheit so bei fünf Milliarden Tonnen pro Jahr.
- Diese müssen dann kompensiert werden, indem man der Atmosphäre fünf Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> entzieht. Das ist knapp doppelt so viel, wie jährlich durch Wälder und Böden gebunden wird. "Wir wollten zeigen, was es bedeutet, das Paris-Ziel einzuhalten", [sagte Rockström](#) dem US-Magazin Vox.
- Bei seinem "CO<sub>2</sub>-Gesetz" hat sich Rockström am [Mooreschen Gesetz](#) aus der Computerindustrie orientiert. Diese Regel besagt, dass sich die Zahl der Transistoren auf einem Computerchip durch den technischen Fortschritt alle zwei Jahre verdoppelt. Über 40 Jahre lang hatte diese Voraussage Bestand – nicht zuletzt, weil sich die Chipentwickler daran orientiert haben. Eine ähnliche Wirkung erhofft sich Rockström von seinem CO<sub>2</sub>-Gesetz: "Man könnte sich vorstellen, dass dies eine selbsterfüllende Prophezeiung wird: Länder beginnen die Zwischenziele ernst zu nehmen und fangen dann an, die nötigen Innovationen zu entwickeln, damit die Prophezeiung wahr wird."

# Ehrgeizige Trendumkehr: Noch möglich!

Mit dem Paris-Abkommen maximal zulässige CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr



Links: Pre-1978 changes in the CO<sub>2</sub>-equivalent concentration and AGGI based on the ongoing measurements of all greenhouse gases reported here, measurements of CO<sub>2</sub> going back to the 1950s from C.D. Keeling [Keeling et al., 1958], and atmospheric changes derived from air trapped in ice and snow above glaciers [Machida et al., 1995, Battle et al., 1996, Etheridge, et al., 1996; Butler, et al., 1999]. Equivalent CO<sub>2</sub> atmospheric amounts (in ppm) are derived with the relationship between CO<sub>2</sub> concentrations and radiative forcing from all long-lived greenhouse gases.

Quelle links: THE NOAA ANNUAL GREENHOUSE GAS INDEX (AGGI) 2017, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>

Quelle rechts: Katja Hommel auf <https://www.klimareporter.de/gesellschaft/rockstroems-co2-gesetz>

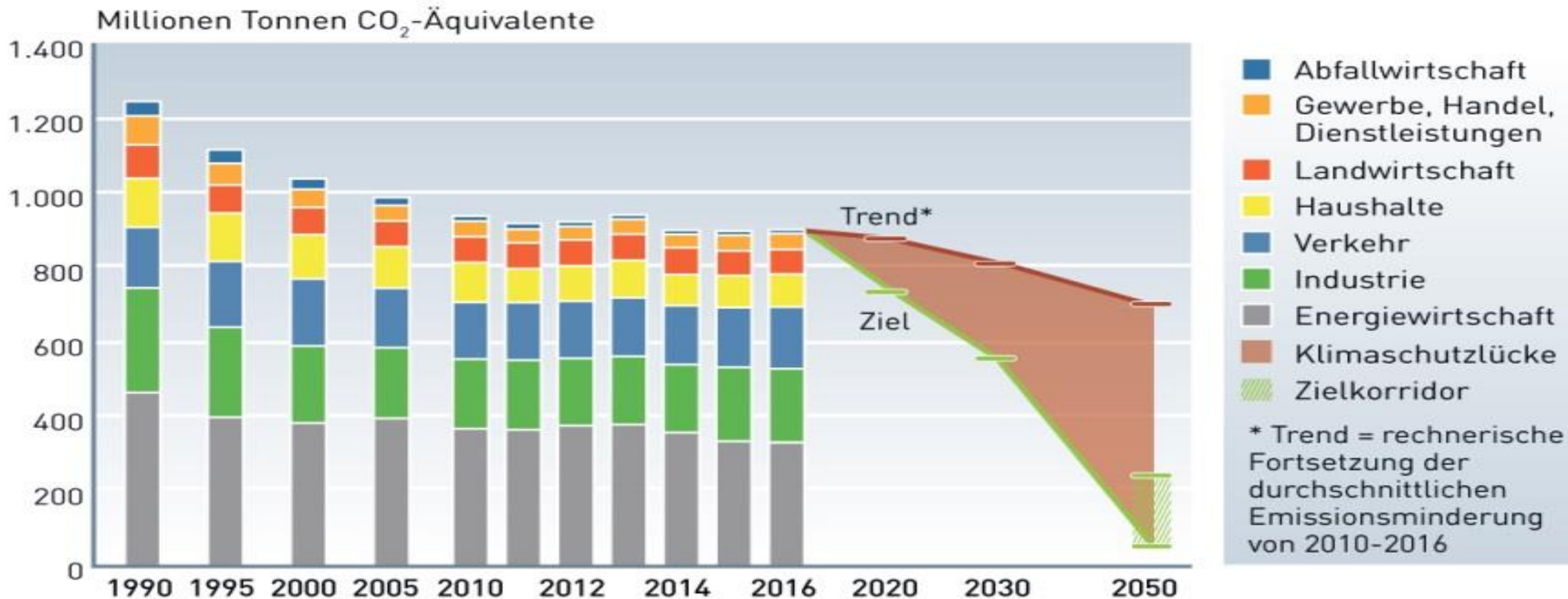
# Ziele der Bundesregierung und der Europäischen Union

Ziele	Deutschland			EU		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
<b>Treibhausgase</b>						
Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -80 bis -95 %	-20 %	-40 %	-80 bis -95 %
<b>Steigerung des Anteils EE am Energieverbrauch</b>						
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch	18 %	30 %	60 %	20 %	27 %	
<b>Reduktion des Energieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz</b>						
Senkung des Primär- oder Endenergieverbrauchs (P/EEV)	-20% PEV ggü. 2008		-50% PEV ggü. 2008	20% (Energieeffizienzsteigerung ggü. business-as-usual)	27% (Energieeffizienzsteigerung ggü. business-as-usual)	



# Treibhausgasausstoß in Deutschland: aktueller Trend führt zu Klimaschutzlücke

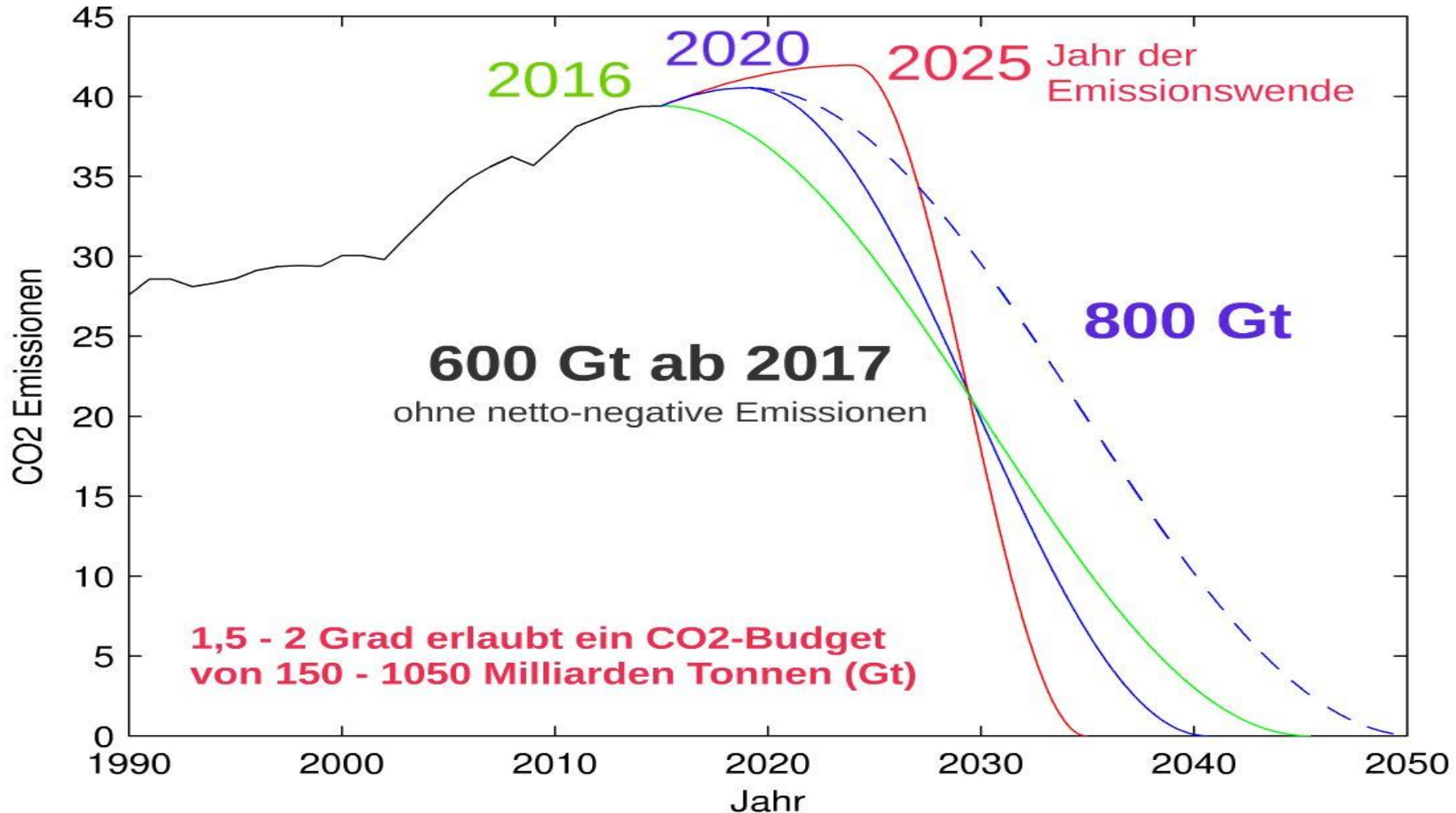
Seit 2010 sind die Treibhausgasemissionen nur wenig gesunken – bei Trendfortschreibung werden die Klimaziele weit verfehlt.



Quelle: AEE nach UBA 2017

Stand: 4/2017

# Paris-kompatible globale Emissionspfade



**Exemplarische Emissionspfade** mit einem Gesamtausstoß von jeweils 600 Gt CO<sub>2</sub>, aber unterschiedlichen Jahren, in denen der Wendepunkt erreicht wird. Gestrichelt: ein Beispiel mit 800 Gt CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Grafik: Prof. Stefan Rahmstorf, Creative Commons

BY-SA 4.0.



# Lasst uns auf allen Maßstabsebenen aktiv werden, denn ein globales Problem kann nur gemeinsam gelöst werden!

- **Ich selbst** persönlich und privat: Mobilität, Ernährungs- und Konsumverhalten, ...
- **In meiner Stadt:** Verschiedene Akteure, u.a. die Verwaltung. Was macht meine Kommune schon?
- **Regional:** z.B. Bundesländer verschieden engagiert, teils „Klimaschutzgesetze“...
- **National:** Ziele! Umsetzung?
- **Transnational** (Europäische Union)
- **Global:** Klimaschutzpolitische Verhandlungen zwischen den Staaten seit 1992. Letzte große Konferenz in Paris 2015.

---

# **Danke für die Aufmerksamkeit!**