

Wissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels

&

Handlungsnotwendigkeiten

Dr. U. Scheithauer



Greta - Fridays For Future



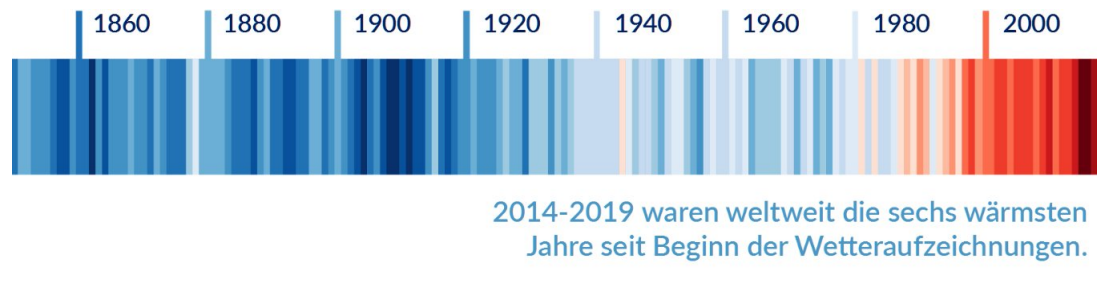
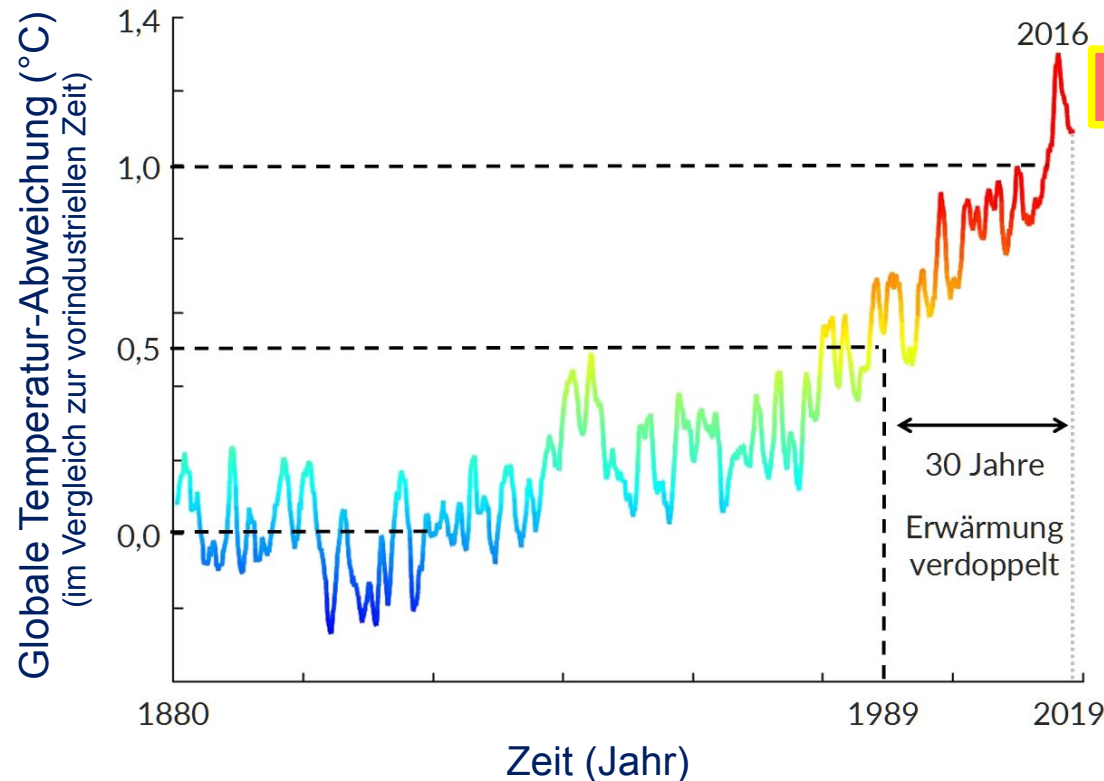
Öffentliche Resonanz zum Thema ‚Klimawandel‘



Friedensnobelpreis 2007:

2007	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, gegründet 1988)	Sitz in Genf,  Schweiz	„für ihre Bemühungen, ein besseres Verständnis für die von Menschen verursachten Klimaveränderungen zu entwickeln und zu verbreiten, und dafür, dass sie die Grundlagen für Maßnahmen gegen den Klimawandel gelegt haben“	  
	Al Gore (* 1948)	 Vereinigte Staaten		

Temperaturentwicklung weltweiter Anstieg



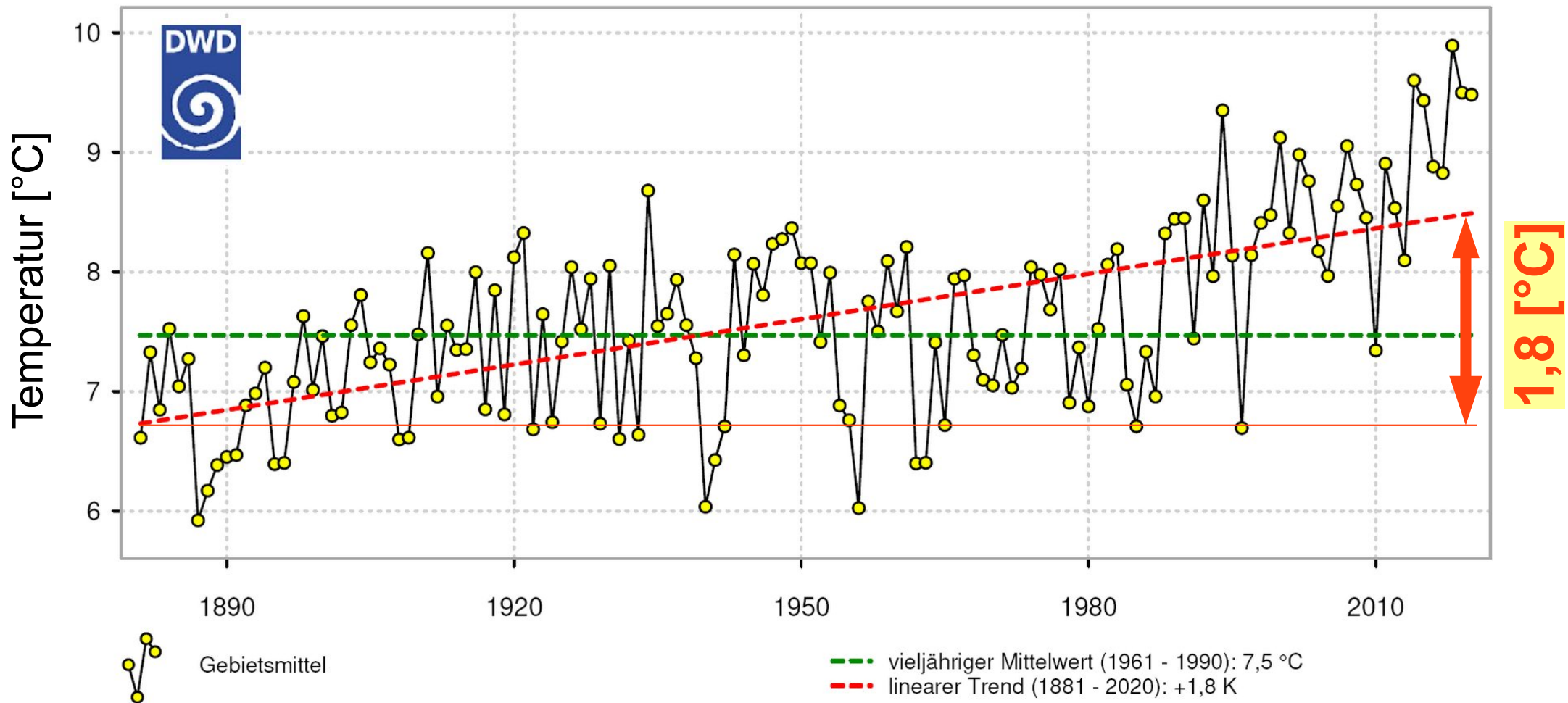
Weltweit ist die Durchschnittstemperatur bereits um etwa 1°C angestiegen (relativ zu 1880–1920).

Rund die Hälfte des Anstiegs erfolgte in den letzten 30 Jahren.

Ohne Klimaschutzmaßnahmen ist bis 2100 ein Temperaturanstieg um $\sim 4\text{...}5^{\circ}\text{C}$ zu erwarten.

Data: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt,
Ed Hawkins: www.climate-lab-book.ac.uk/warming-stripes

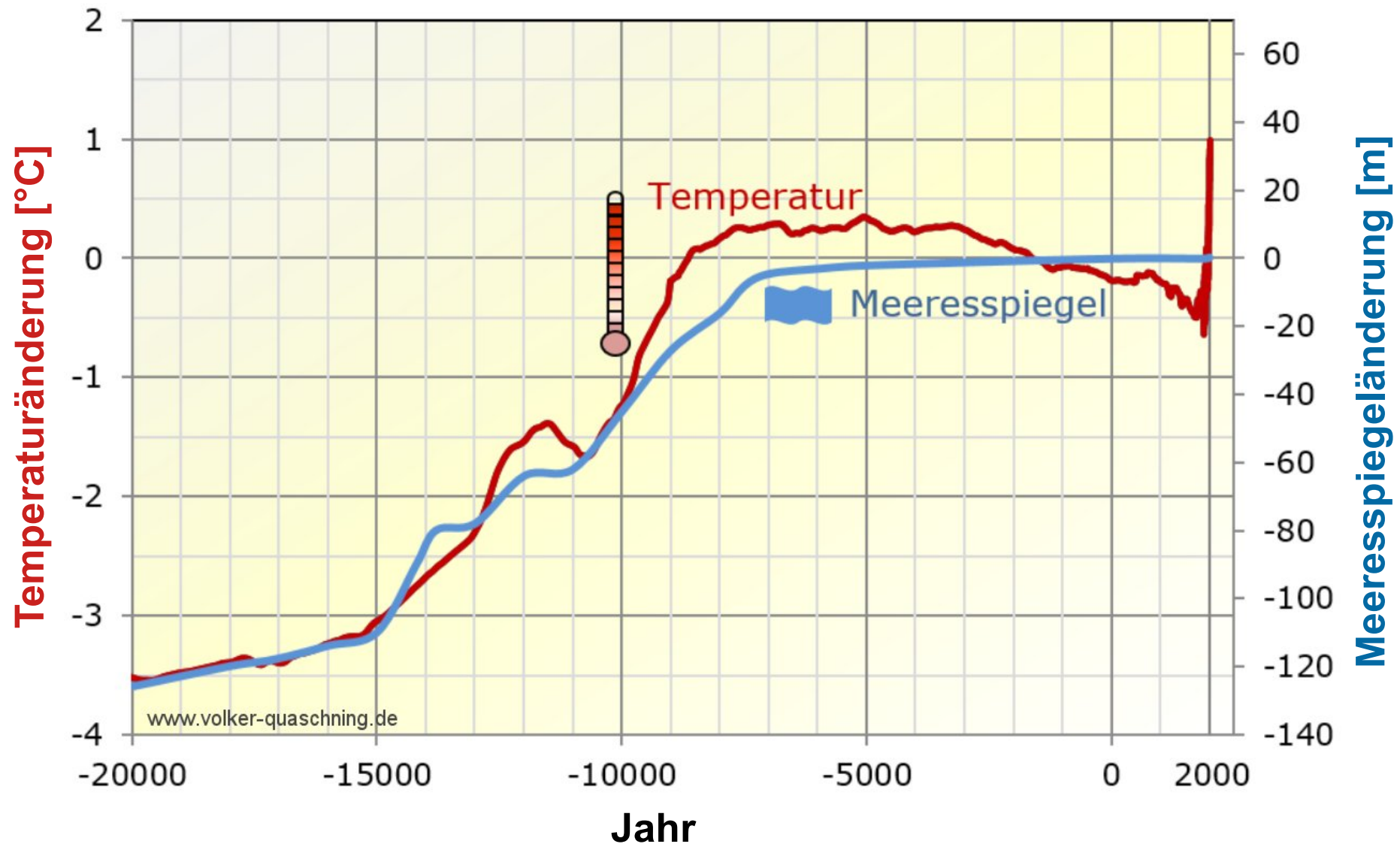
Temperaturentwicklung in Bayern 1881-2020



<https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#>
am 2.6.2021 abgerufen

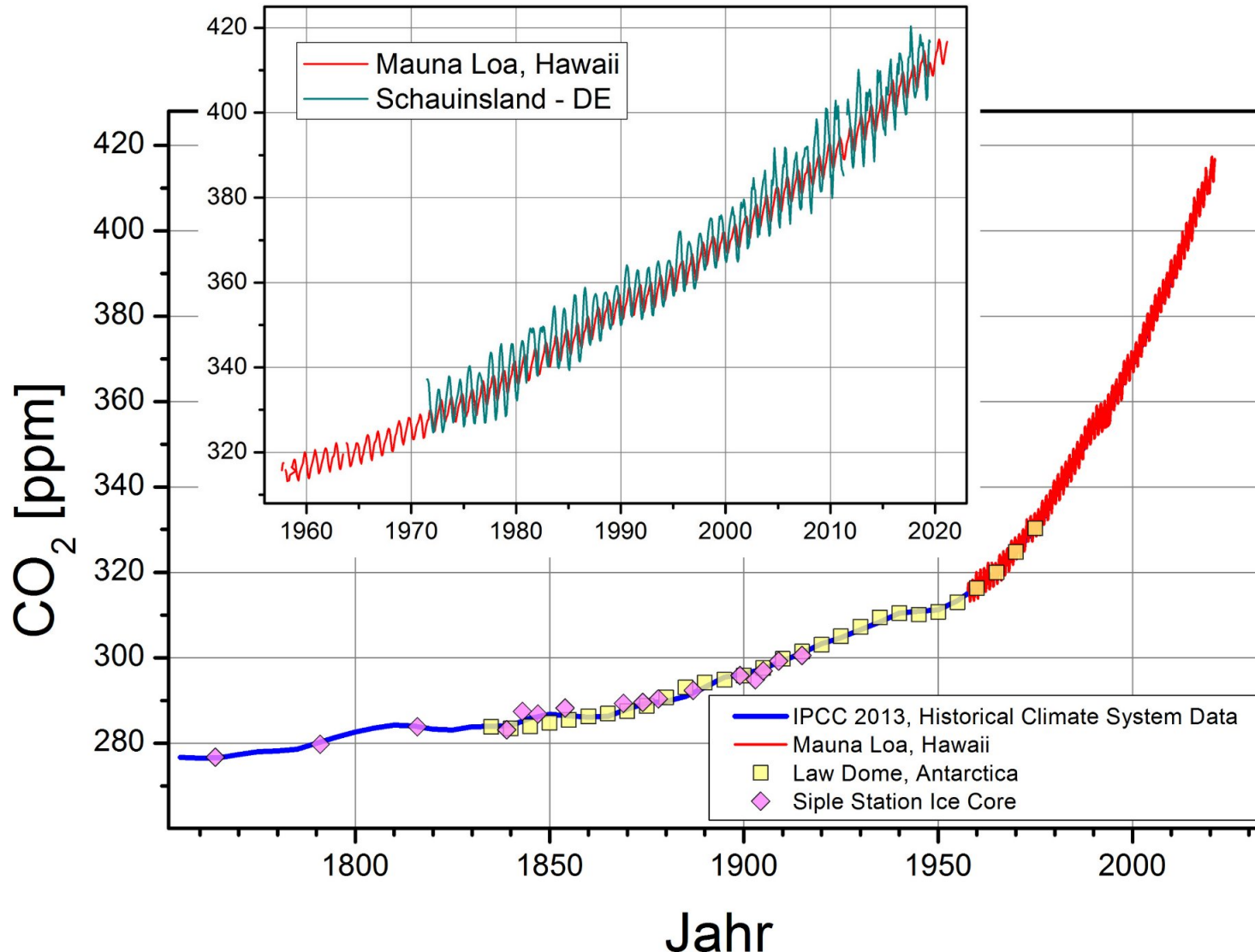
Globaler Temperaturanstieg

Ein weiter Blick in die Vergangenheit



https://www.volker-quaschnig.de/grafiken/2017-01_Historische-Temperaturen/index.php, abgerufen am 8.6.2021

CO₂-Konzentration in der Atmosphäre

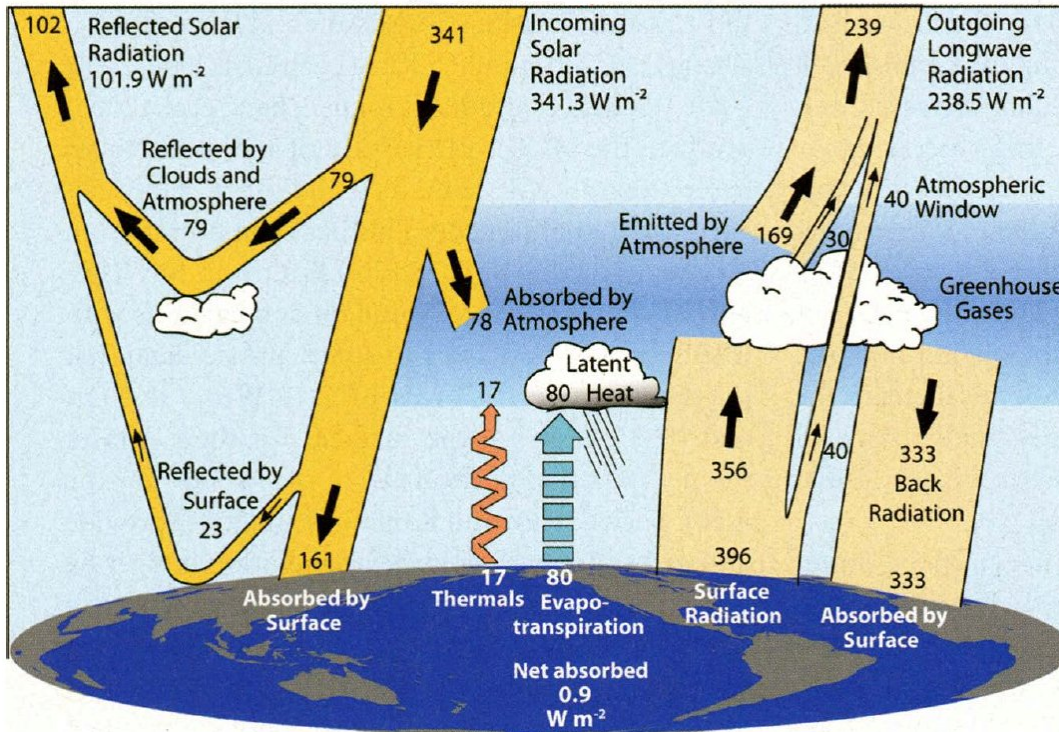


- vor Beginn der Industrialisierung: 275-280 ppm
- Seit Beginn der Industrialisierung (~1800) steigt dieser Wert. Ab ~1950 ist der Anstieg rasant.

Daten:
CO₂-Meßdaten seit ca. 1955 vom Umweltbundesamt, download am 9.12.20219
IPCC, T.F.Stocker et al., CLIMATE CHANGE 2013 - The Physical Science Basis, Cambridge University Press, 2014
D.M. Etheridge, et al., Historical CO₂ records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
H. Friedli et al., 1986, Ice core record of ¹³C/¹²C ratio of atmospheric CO₂ in the past two centuries. Nature 324:237-38

Strahlungsbilanz der Erde

Wirkung infrarot-aktiver Moleküle in der Atmosphäre



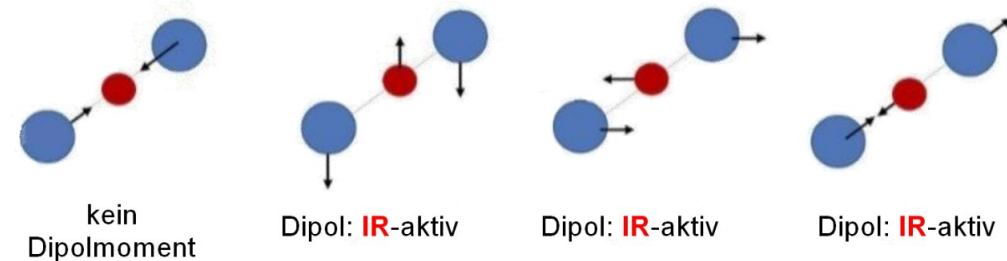
K.E.Trenberth et al., Earth's Global Energy Budget, Bulletin of the American Meteorological Society, 90, 2009, 311-324

	Radiative forcing	Concentration [ppm]
RCP8.5	> 8.5 W / m ² in 2100	> 1370 CO ₂ - equiv. in 2100
RCP6.0	~ 6 W / m ² at stabilization after 2100	~850 CO ₂ - equiv. (at stabilization after 2100)
RCP4.5	~ 4.5 W / m ² at stabilization after 2100	~650 CO ₂ - equiv. (at stabilization after 2100)
RCP2.6	Peak at ~ 3 W / m ² before 2100 and then declines	Peak at ~490 CO ₂ - equiv. before 2100 and then declines

R.H.Moss et al., The next generation of scenarios for climate change research and assessment, Nature, 2010, 747-756

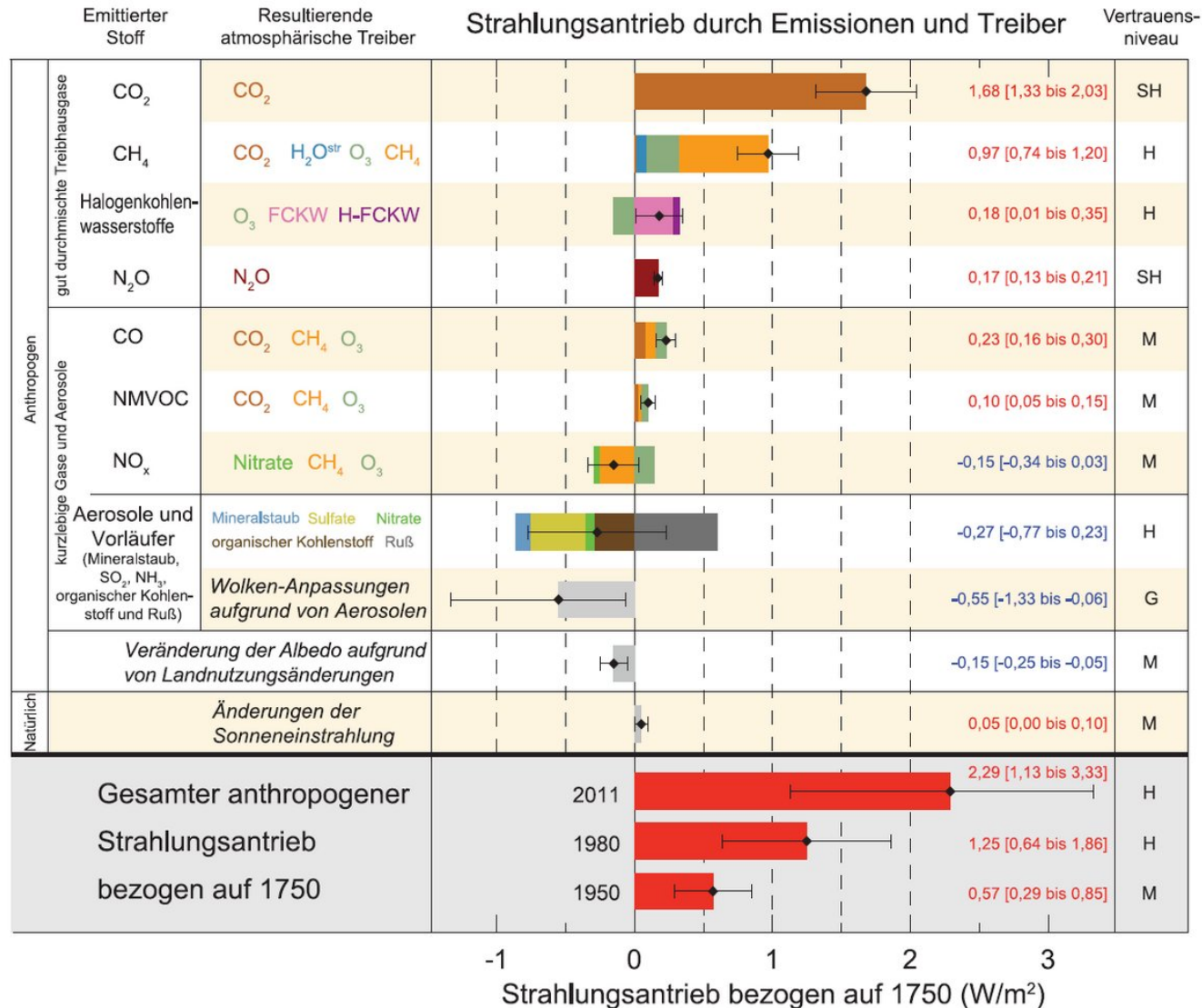
- Felsen-Erde: - 18°C
 - mit Atmosphäre: ~ 14°C
- Infrarot-aktive Moleküle nehmen von der Erde emittierte Infrarotstrahlung auf und re-emittieren dann diese auch in Richtung Erdoberfläche zurück.

Schwingungen des CO₂-Moleküls



P. D. Jones et al., Surface air temperature and its changes over the past 150 years, Rev.Geophys.,37, 1999, 173--199

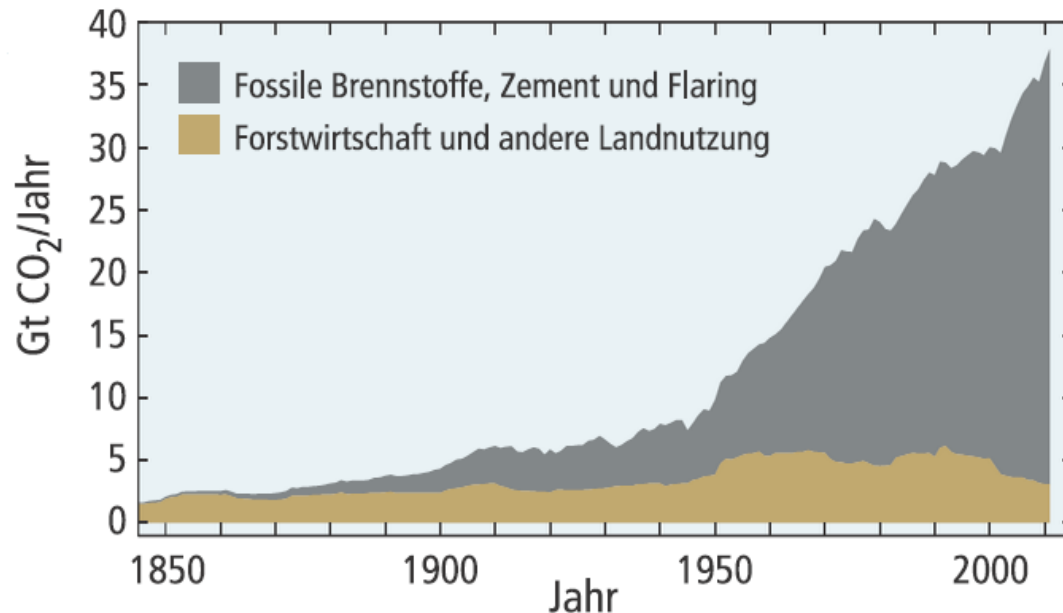
Zunahme der Infrarot-Rückstrahlung seit 1750



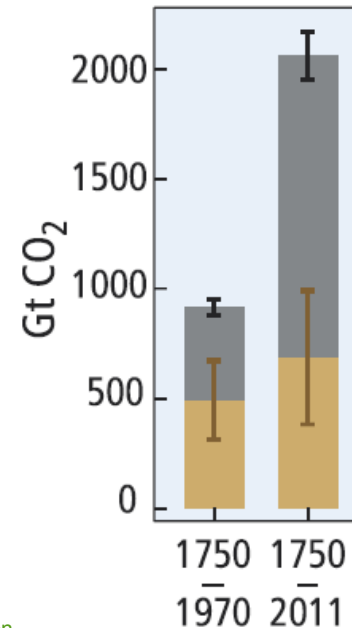
IPCC, 2013/2014: Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Deutsche Übersetzungen durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2016

Anthropogene CO₂-Emissionen

Globale anthropogene CO₂-Emissionen



Kumulative CO₂-Emissionen



IPCC, 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

„Potenzial“:

Noch verfügbarer Deponieraum in der Atmosphäre, um 1,5 °C-Ziel zu halten (2020):

≈ 420 Gt CO₂

Gas, Erdöl & Kohle:
≈ 5400 Gt CO₂

(könnten wir noch fördern)

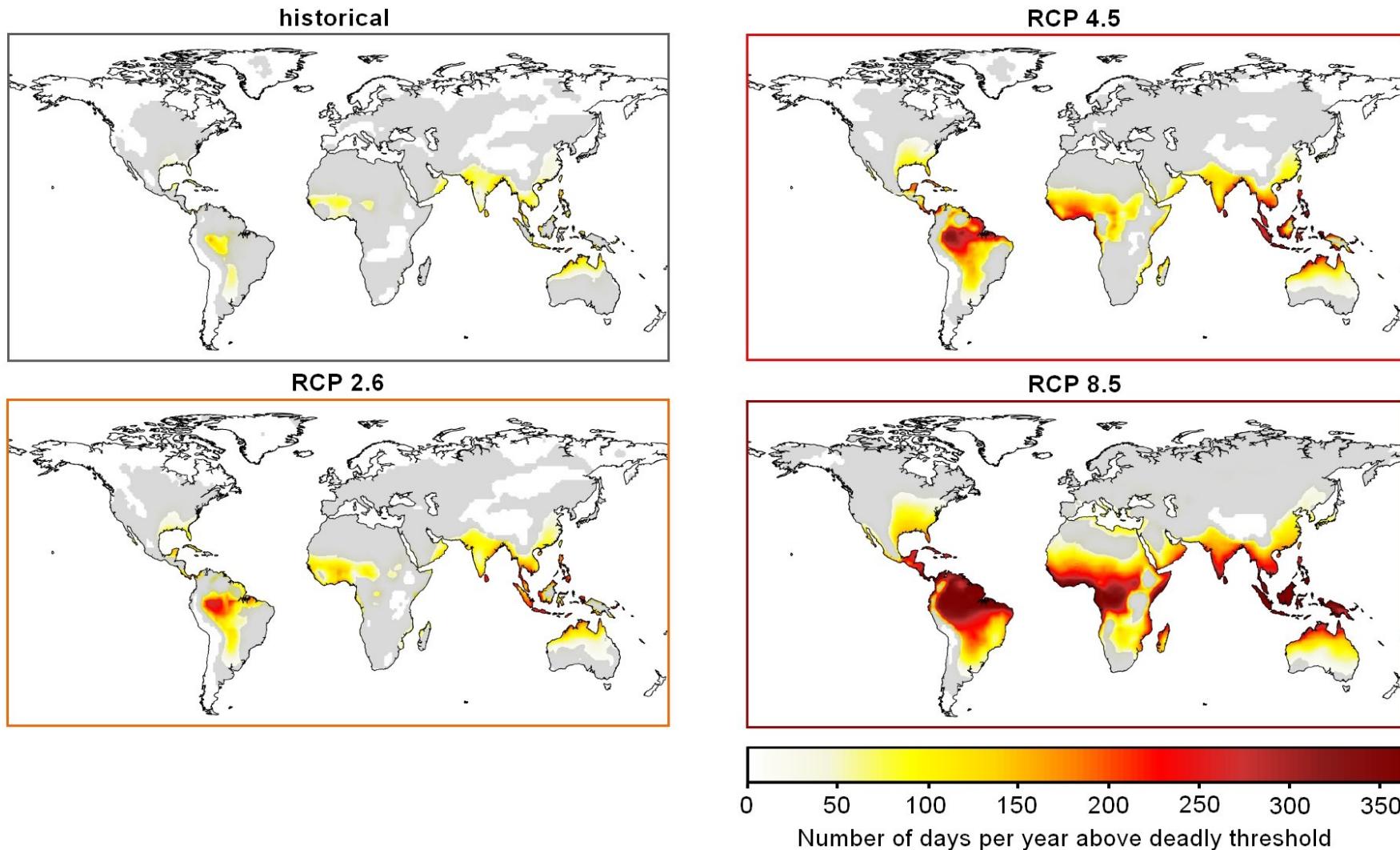
Wir dürfen nicht alle Vorräte fossiler Energien fördern und verbrennen.

Umstellen auf erneuerbare Energien

J. Rogelj et al., Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets, *Nature*, 2019, 571, 335-342
P.Friedlingstein et al., Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, 2019, 1783-1838

Temperaturanstieg: tödliche Hitze in der Zukunft

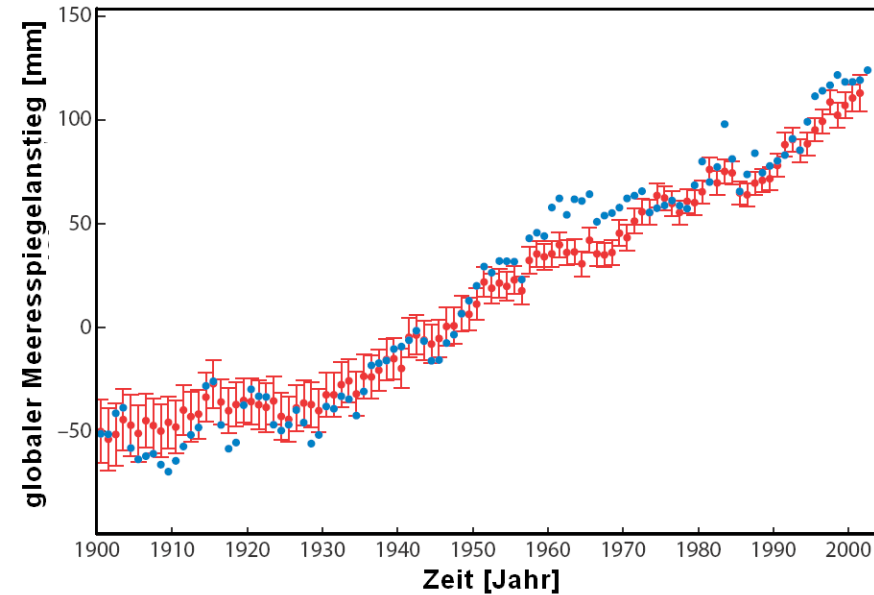
Vgl. 1995-2005 mit 3 Szenarien 2090-2100



C. Mora et al., Global risk of deadly heat, Nature Climate Change, 7, 2017, 501-506

Anstieg des Meeresspiegels Abschmelzen der kontinentalen Eismassen

- Der Meeresspiegel ist in den letzten 100 Jahren schon um ~150 mm angestiegen.
- Ohne Klimaschutzmaßnahmen führt in Zukunft ein Abschmelzen der kontinentalen Eismassen zu einem weiteren Anstieg von ca. **70 m**.



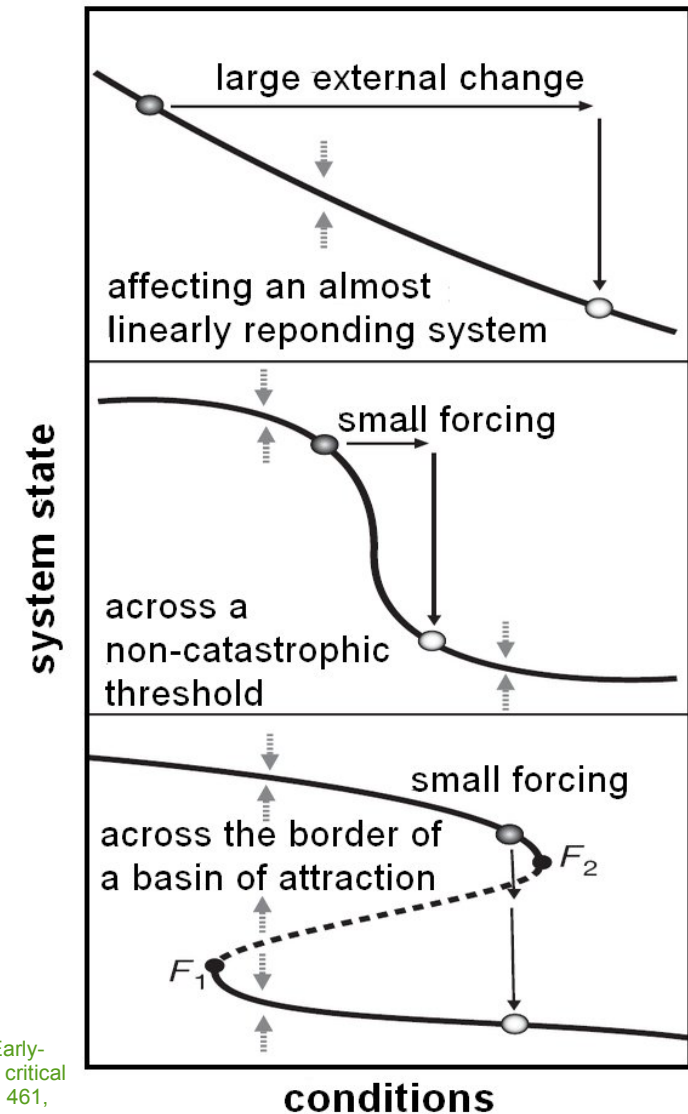
A. Cazenave & W. Llovel, Contemporary Sea Level Rise, Annual Review of Marine Science, 2, 2010, 145-173



<http://flood.firetree.net/> abgerufen im Jan. 2020

Kippelement

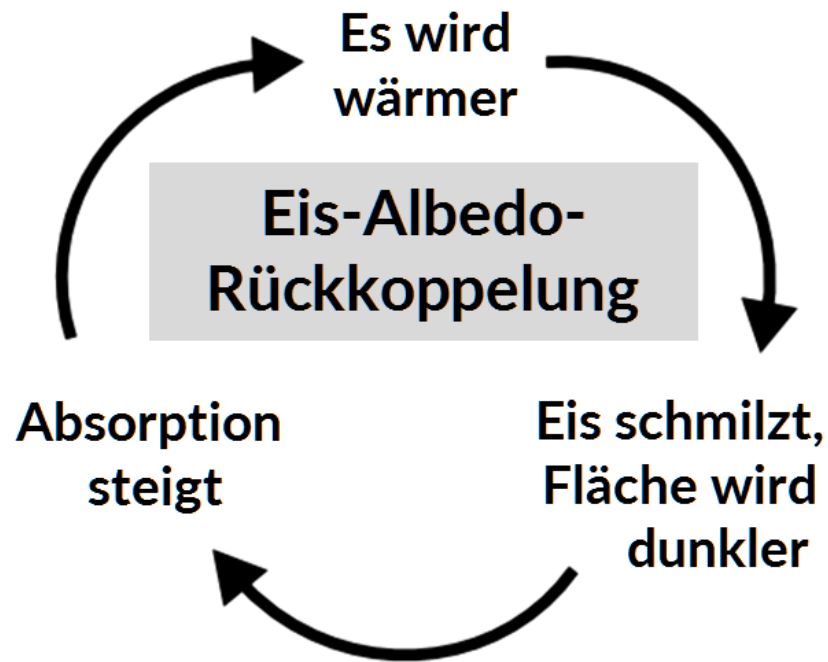
Manches ist unumkehrbar



M. Scheffer et al., Early-warning signals for critical transitions, Nature, 461, 2009, 53–59

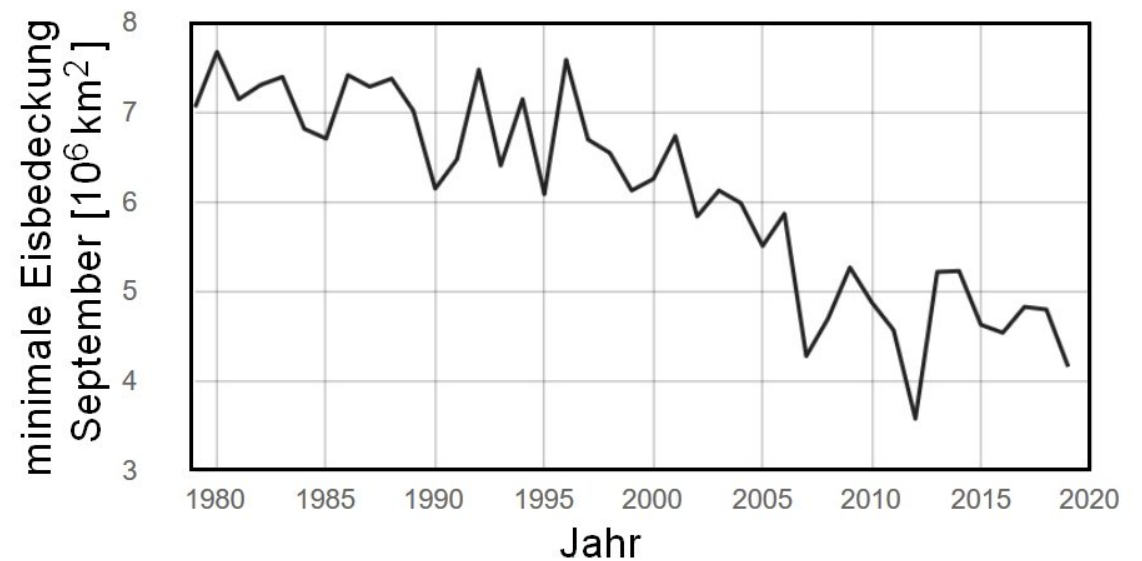
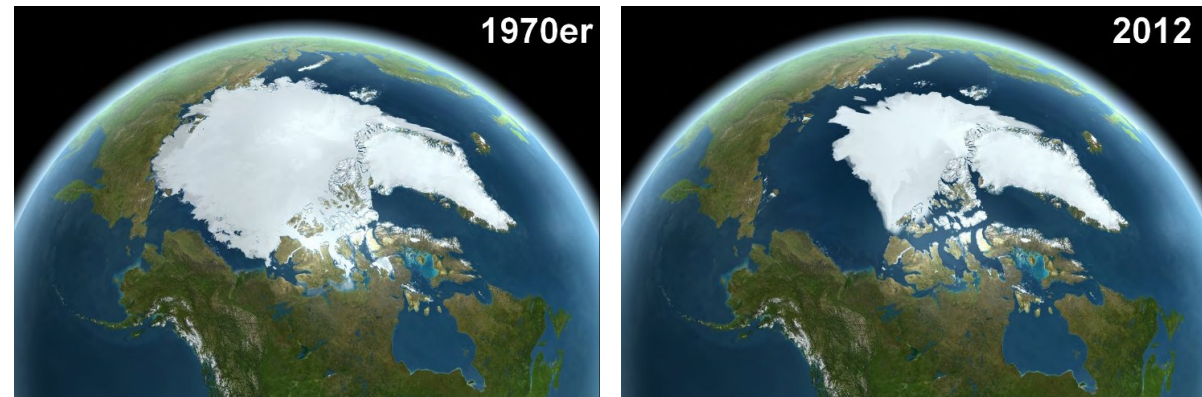
Kippelemente im Klimasystem

Bsp.: Eis-Albedo-Rückkoppelung



- selbstverstärkende Prozesse
- keine Rückkehr zum Ausgangszustand

Arktisches Eis - minimale Ausdehnung im September:

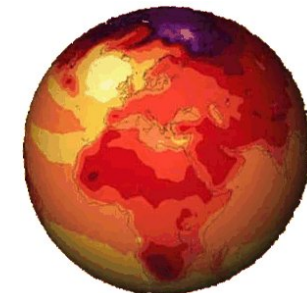
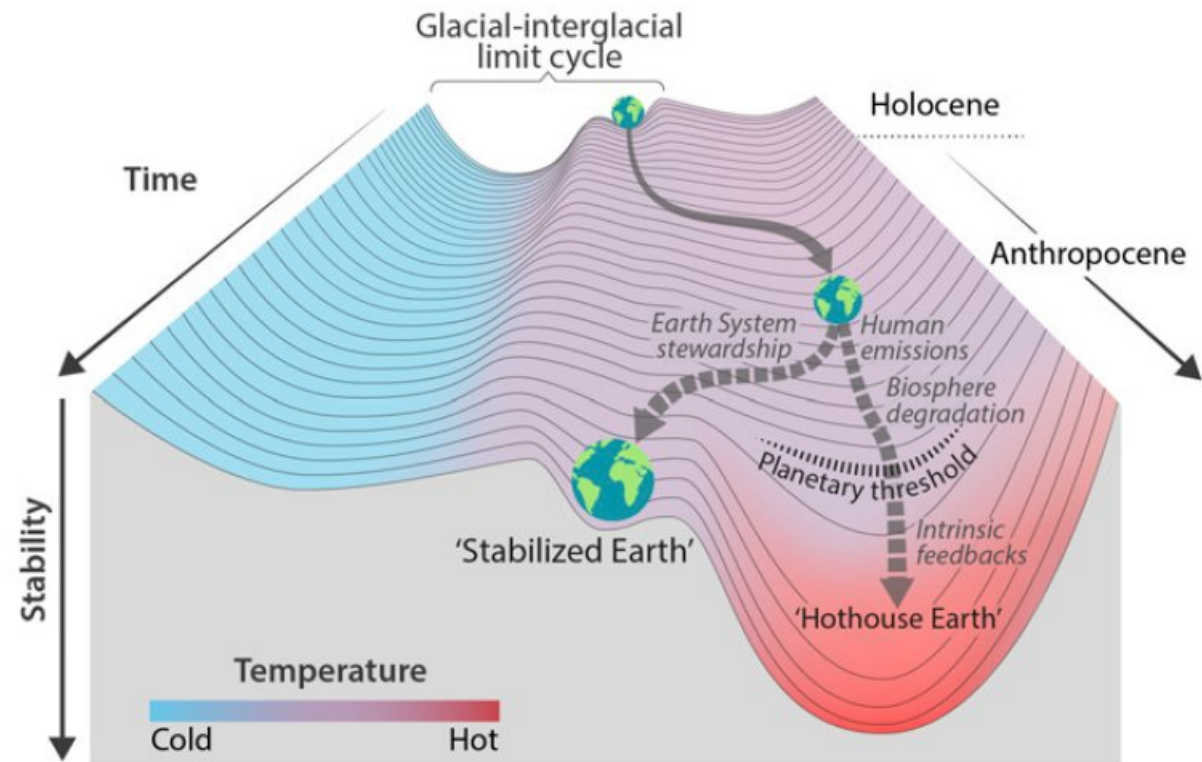
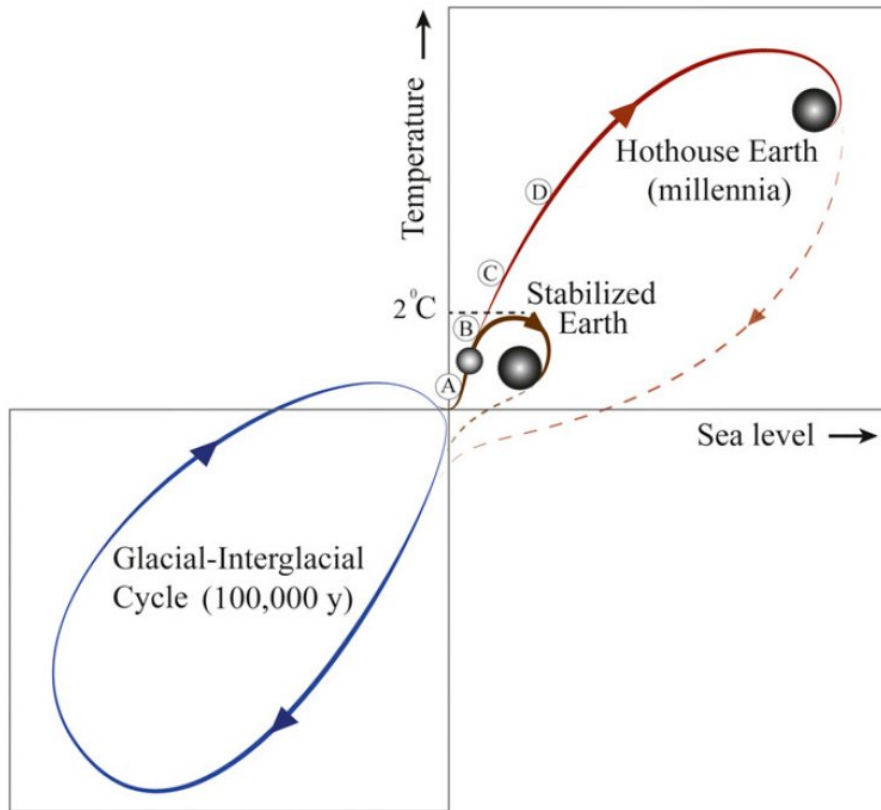


<https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctan-sea-ice/> abgerufen am 25.1.2020

Kippelemente im Klimasystem



Mögliche zukünftige Entwicklungs-Pfade des Systems Erde



W. Steffen et al., Trajectories of the Earth System in the Anthropocene, PNAS, 115, 2018, 8252-8259

Unser CO₂ Budget ist begrenzt!

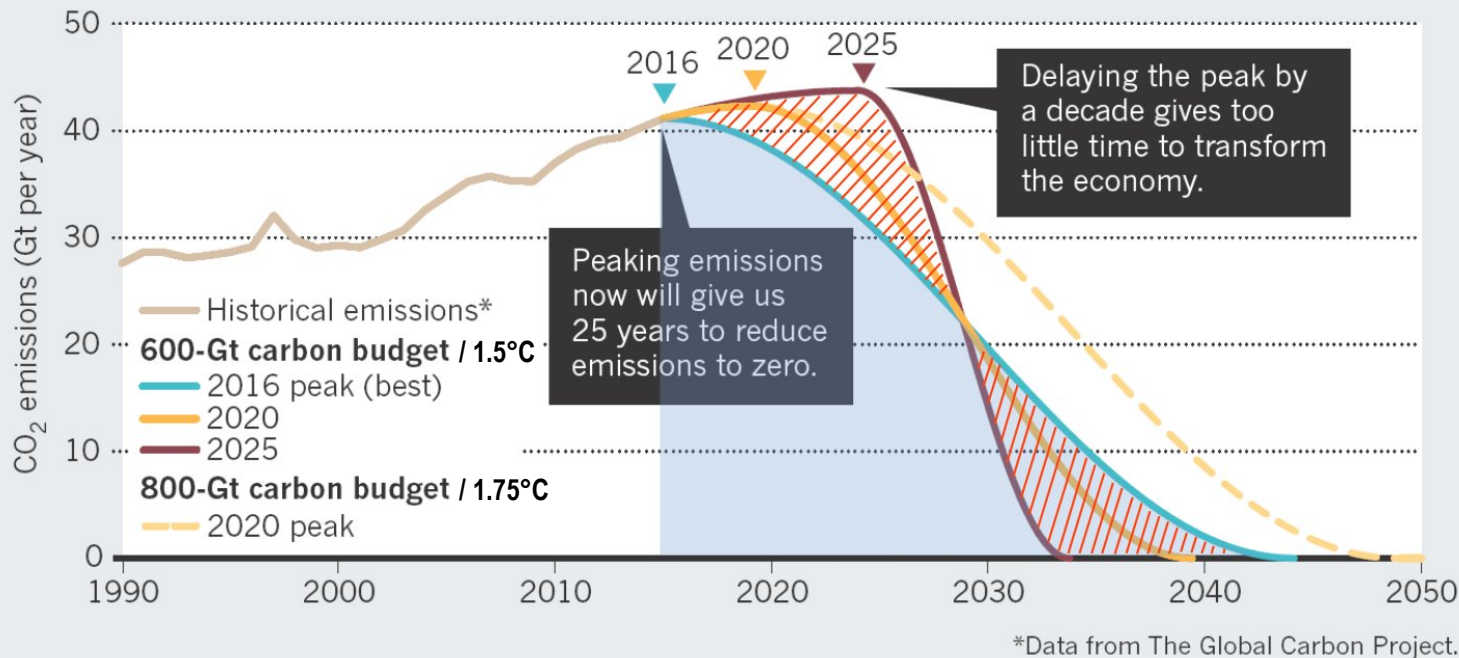
Integral-Falle



SOURCES: STEFAN RAHMSTORF/GLOBAL CARBON PROJECT; HTTP://GO.NATURE.COM/2RCPCRU

CARBON CRUNCH

There is a mean budget of around 600 gigatonnes (Gt) of carbon dioxide left to emit before the planet warms dangerously, by more than 1.5–2°C. Stretching the budget to 800 Gt buys another 10 years, but at a greater risk of exceeding the temperature limit.



Welt-Rest-Budget
für 1,5 °C-Ziel
2020:

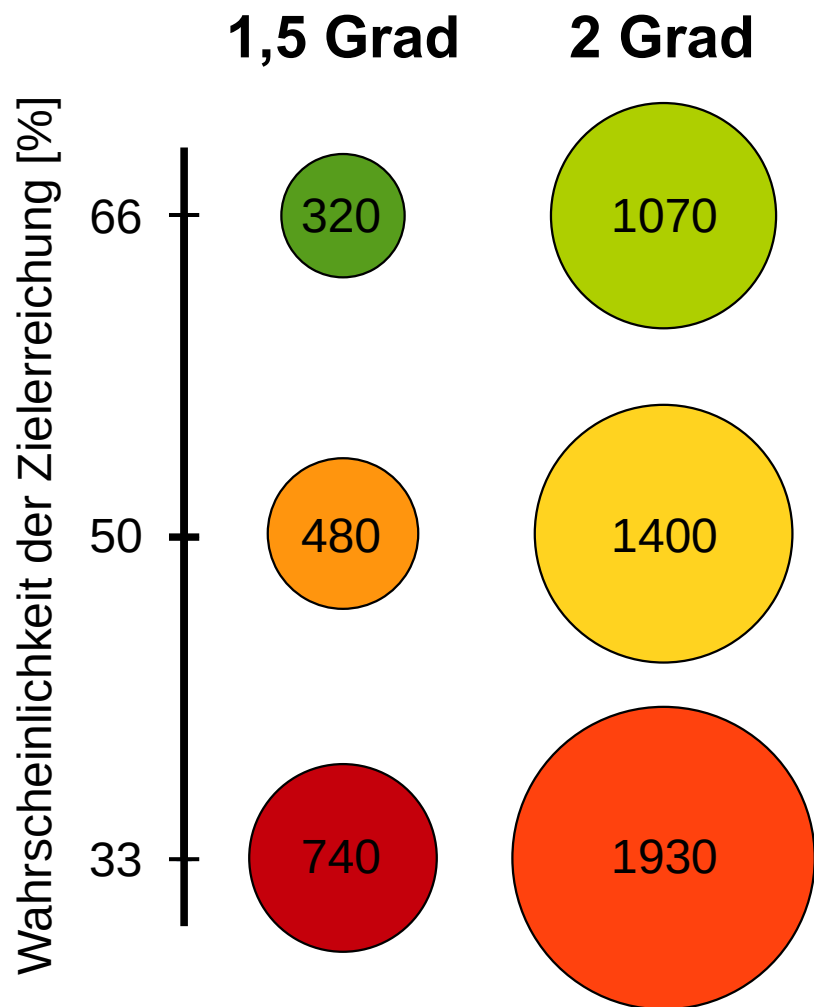
ca. 420 Gt CO₂

J. Rogelj et al., Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets, *Nature*, 2019, 571, 335-342
P.Friedlingstein et al., Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, 2019, 1783-1838

C: Figueres; H.J. Schellnhuber, G.I. Whiteman, J. Rockström, A. Hobley and S. Rahmstorf, Three years to safeguard our climate, *Nature*, 546, 2017, 593--595

Pariser Klimaschutz-Abkommen

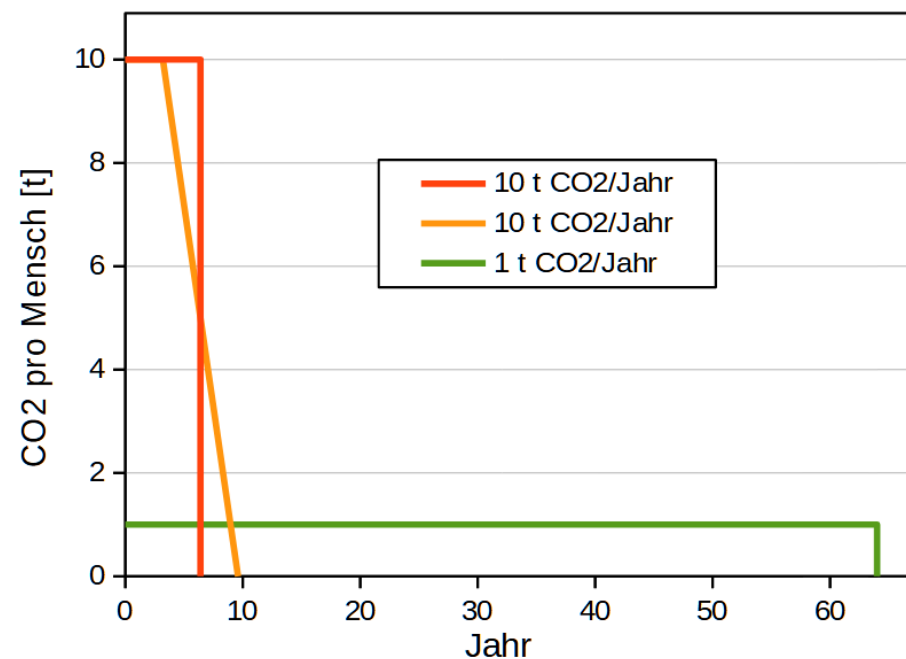
Verbleibendes CO₂- Restbudget (2018)



Angaben in Gt CO₂

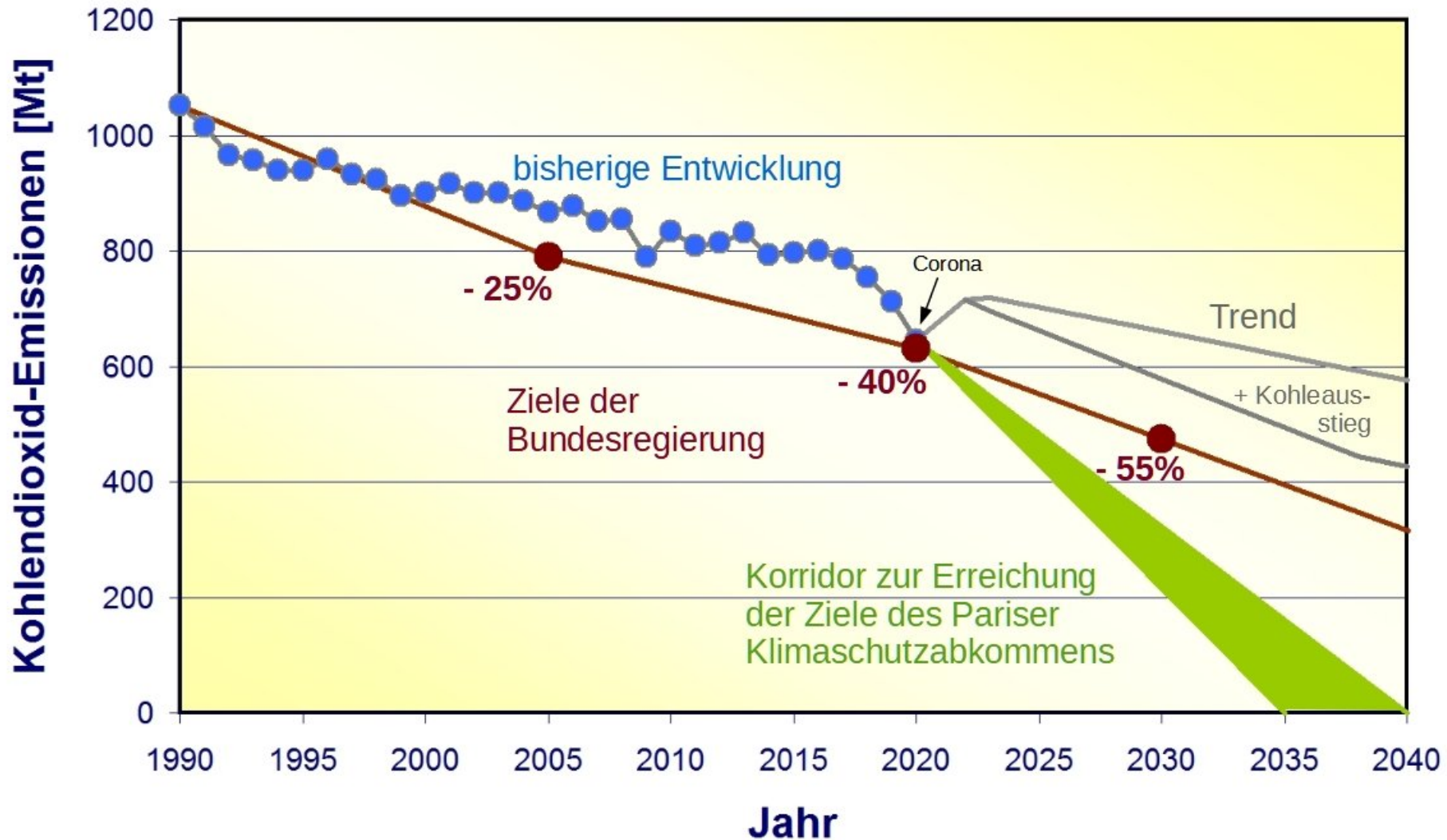
J. Rogelj et al., Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets, Nature, 2019, 571, 335-342

Restbudget / Mensch (2018) ≈ 64 [t CO₂]



- Wir haben nicht mehr viel Zeit!
- Je höher mein jährlicher Verbrauch ist, desto schneller muß ich handeln.

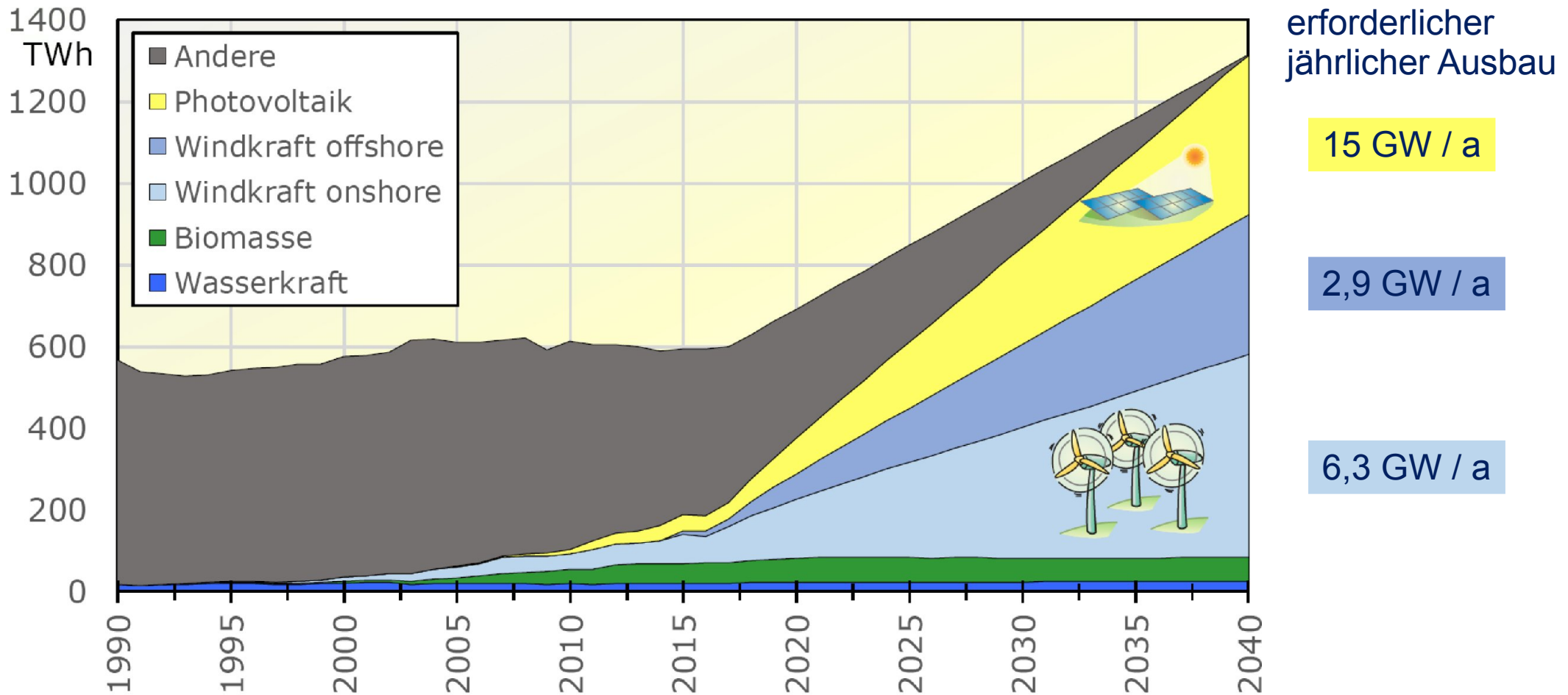
Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland



Datenquelle: Umweltbundesamt

Reduktion der CO₂-Emissionen: Regenerative Energie substituiert fossile Energie

Gesamtenergieeinsatz DE: 3500 TWh/a (heute) → 1400 TWh/a (2040)



V. Quaschnig, Sektorkopplung durch die Energiewende, Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin, 2016

100% gesicherte Erkenntnisse der Klimaforschung

Handlungsoptionen



- weltweiter Temperturanstieg: ~ 1 Grad / Bayern: ~1,8 Grad
- CO₂-Konzentration ist seit 1850 stark gestiegen
(von 275 ppm - typischer Wert seit 400.000 Jahren -> heute: ~410 ppm).
- Für den Anstieg der CO₂-Konzentrationen ist der Mensch verantwortlich: fossile Brennstoffe
- CO₂ ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert und zu einer Temperaturerhöhung führt.
- Die rasante Temperaturerhöhung führt zu weiteren Katastrophen: extremere Wetterereignisse, Meeresspiegelanstieg, Vernichtung von Tier- und Pflanzenarten, Kriege um Ressourcen, Migrationsströme, ...

Um die Erde für uns bewohnbar zu erhalten müssen wir jetzt den CO₂-Ausstoß drastisch reduzieren.

- Wir haben in Deutschland die Ressourcen und die technischen Möglichkeiten jetzt eine Energiewende umzusetzen.
- Zögern ist keine Lösung!

SPIELRAUM

