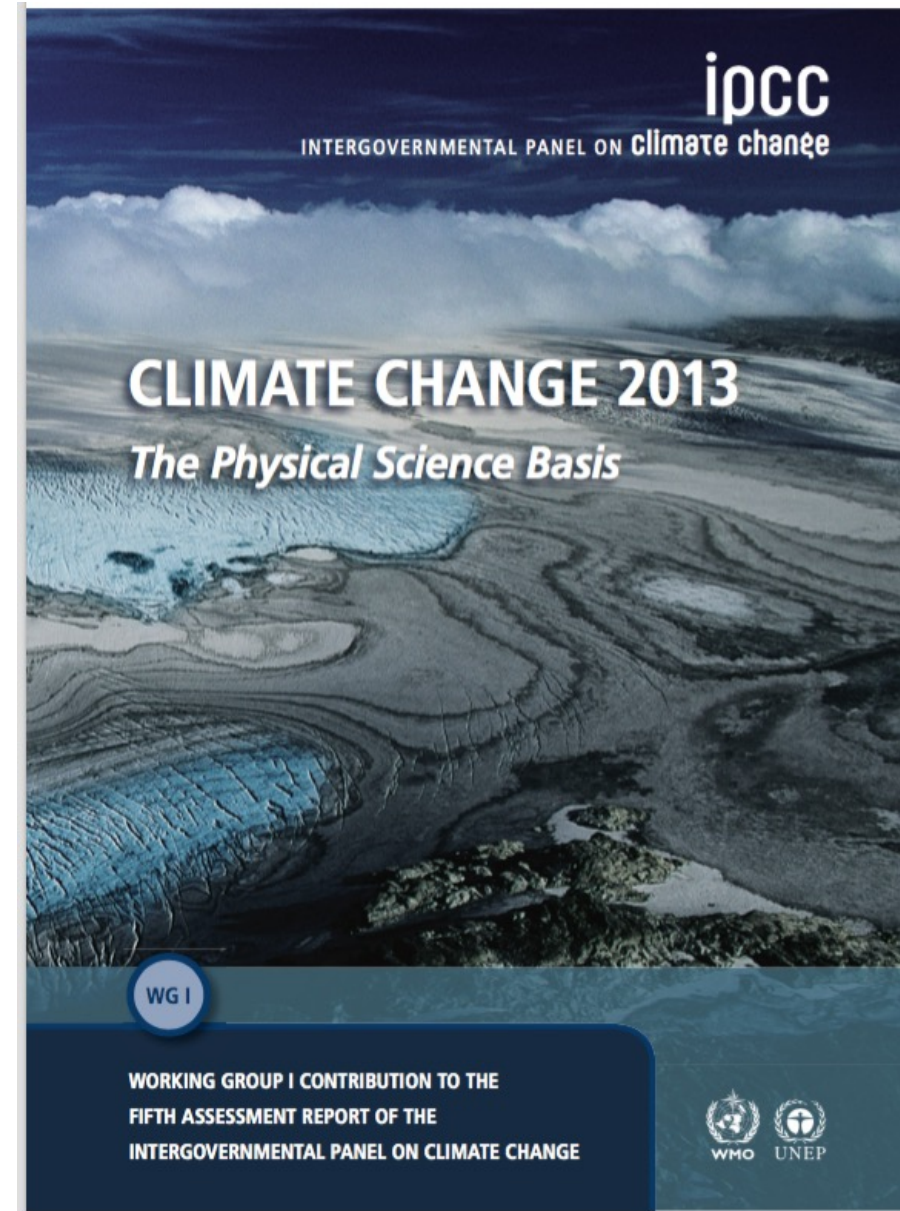
An aerial photograph of a dry, cracked landscape. The ground is covered in a dense network of deep, irregular cracks, creating a complex, textured pattern. In the lower right corner, there is a small, dark pool of water, which is the only source of liquid in the scene. The overall color palette is dominated by shades of brown, tan, and grey, with some darker spots where the water is located. The lighting is bright, casting sharp shadows that emphasize the depth of the cracks.

Ringvorlesung "Bildung für Klimaschutz"
Das anthropogene Kohlenstoffbudget:
Ist der Umkehrpunkt der Emissionen erreicht?

Julia Pongratz
LMU München
Lehrstuhl für Physische Geographie
und Landnutzungssysteme

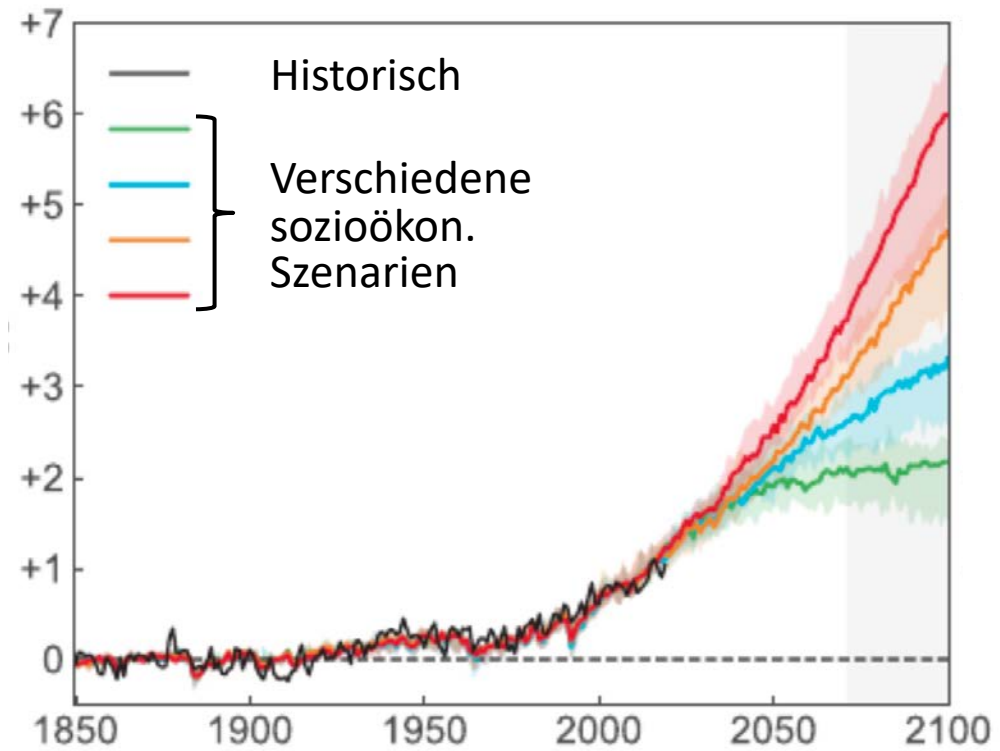
Sachstand der physikalischen Grundlagen des Klimawandels

... und Harald Leschs
Einführungsvorlesung!



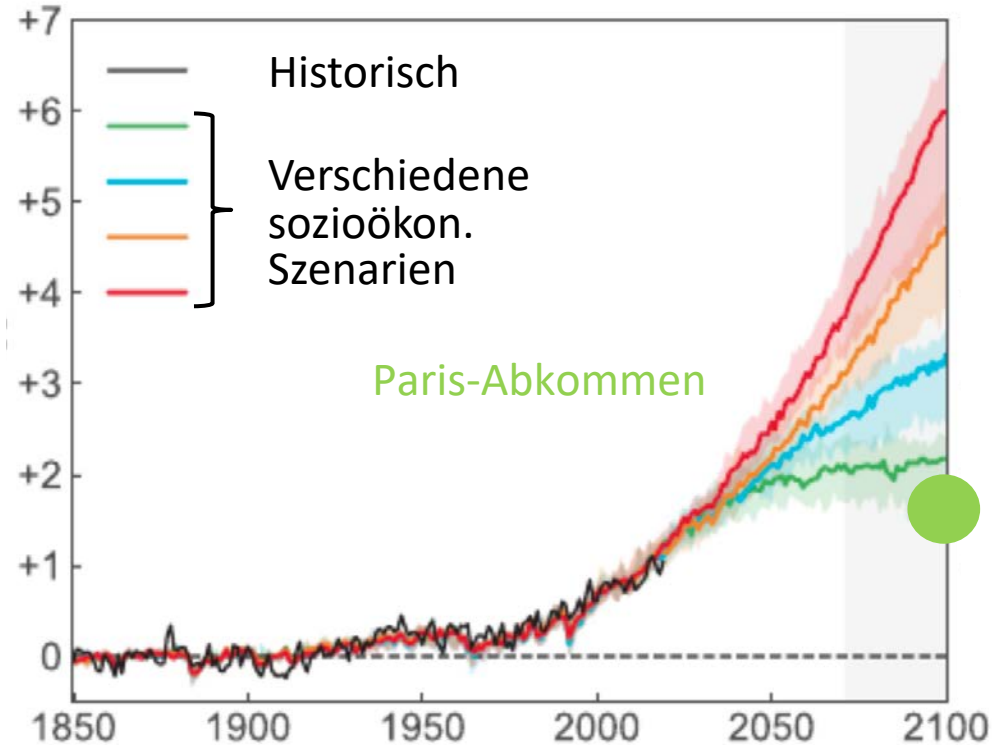
Paris-Abkommen

°C globale Mitteltemperatur



Paris-Abkommen

°C globale Mitteltemperatur



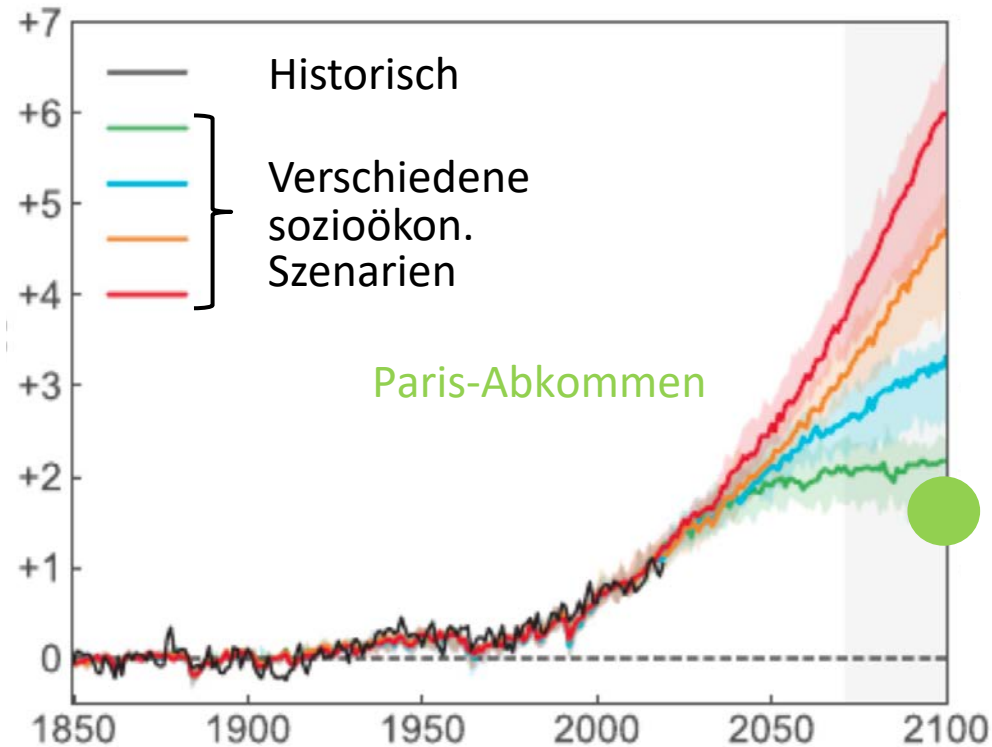
Klimakonferenz 2015



Begrenzung der Erwärmung auf 2°C gegenüber vorindustriellen Werten, wenn möglich 1,5°C (= 0,5°C gegenüber heute)

Paris-Abkommen

°C globale Mitteltemperatur



Klimakonferenz 2015



Warum?

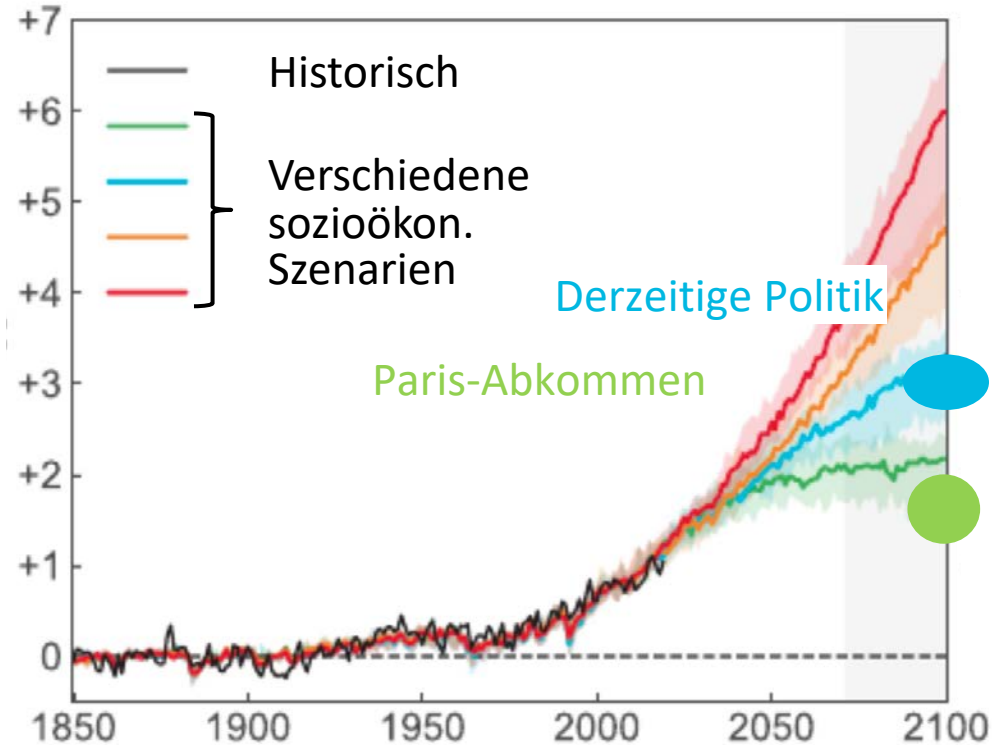
→ Zur Abwehr “gefährlichen Klimawandels“.

Ist 1,5°C viel besser als 2°C?

→ Weitere 70-90% der Korallenriffe sterben bei 1,5°C, >99% bei 2°C – u.v.m.

Paris-Abkommen

°C globale Mitteltemperatur



Klimakonferenz 2015



Warum?

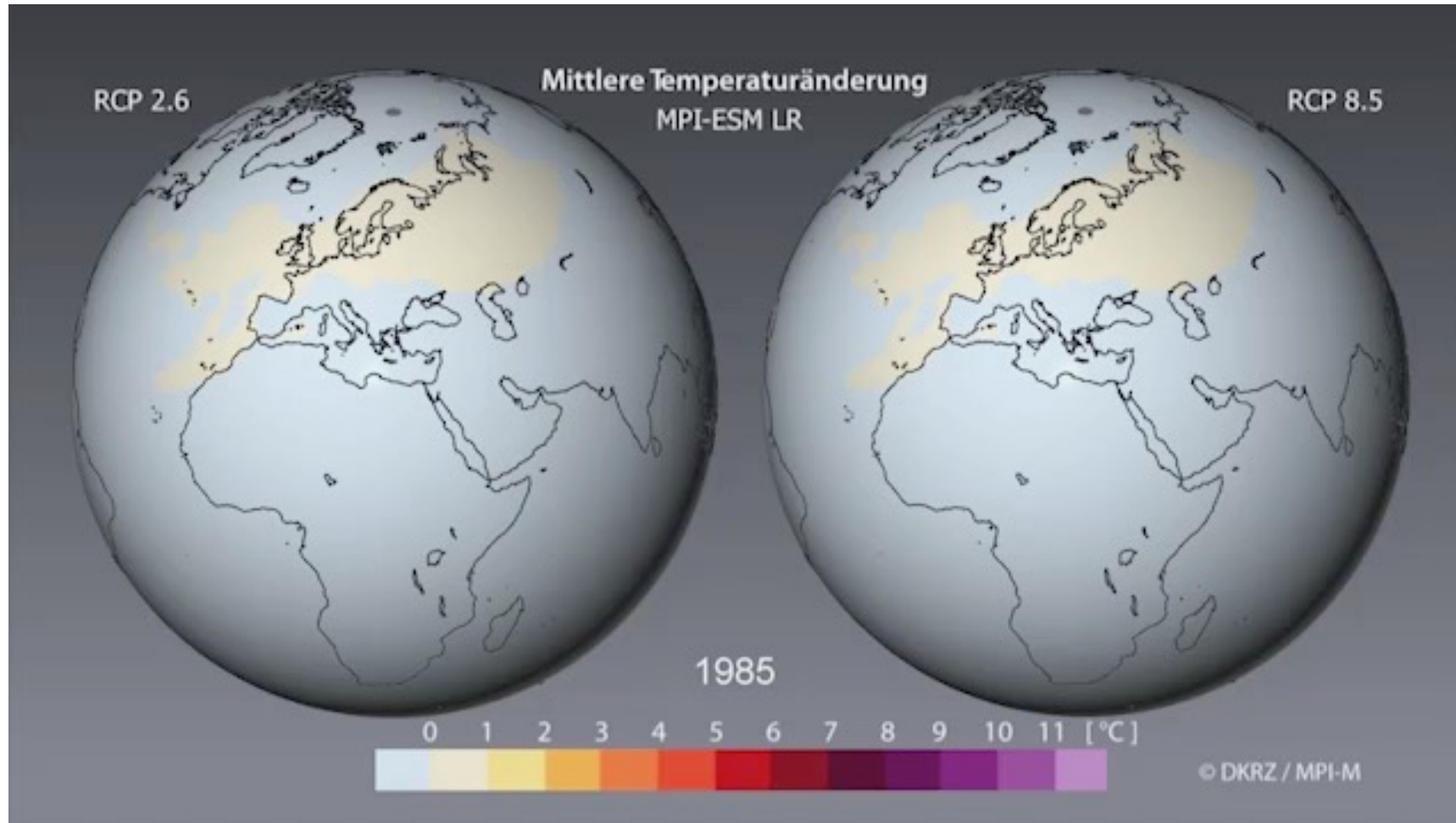
→ Zur Abwehr "gefährlichen Klimawandels".

Ist 1,5°C viel besser als 2°C?

→ Weitere 70-90% der Korallenriffe sterben bei 1,5°C, >99% bei 2°C – u.v.m.

Projektionen

Simulationen des Erdsystemmodells des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-ESM)



Heute:

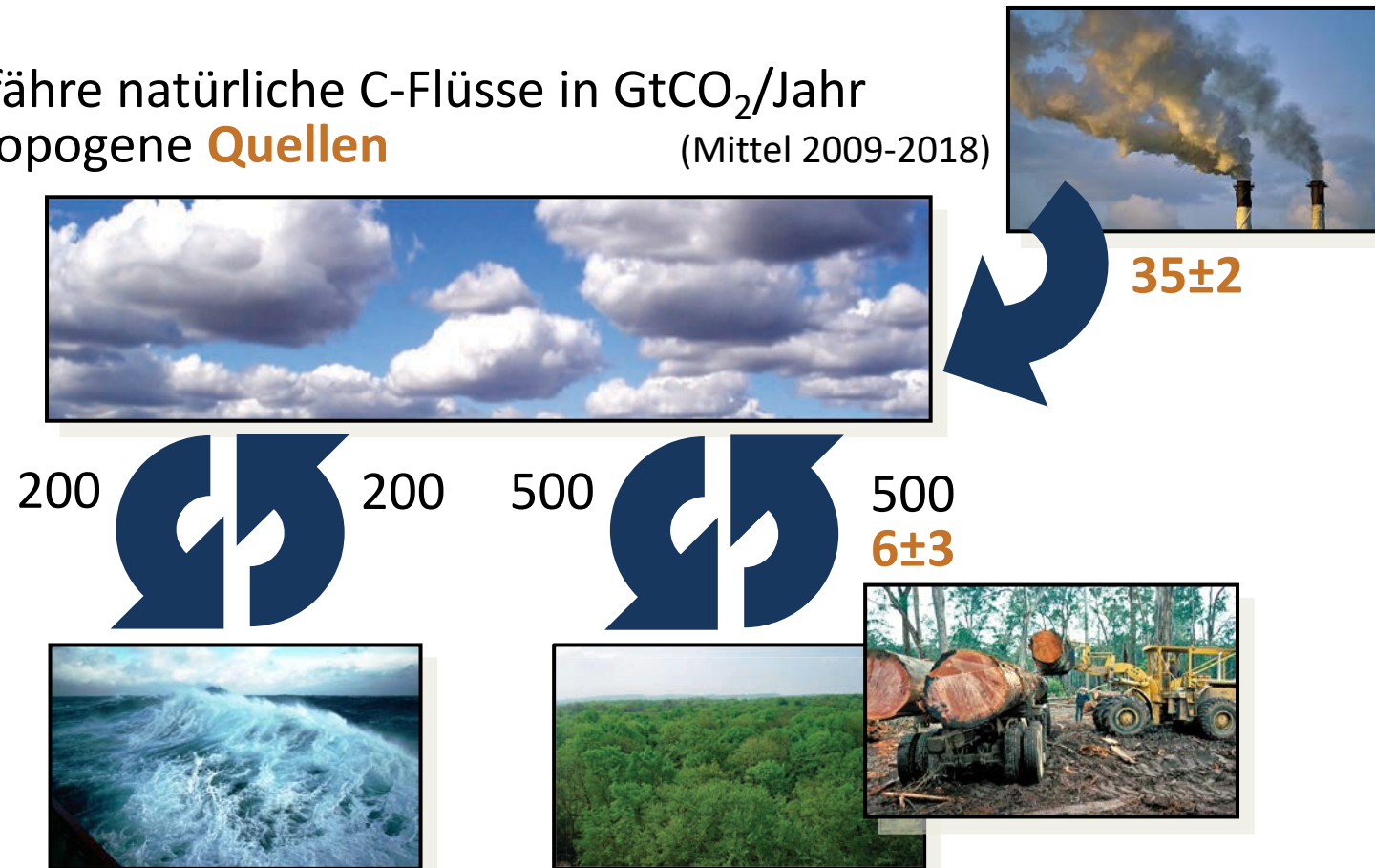
1. Der Kohlenstoffkreislauf und seine Störung durch den Menschen
2. Genauerer Blick auf die menschengemachten Emissionen
3. Hindernisse auf dem Weg zu Netto-Null

Heute:

- 1. Der Kohlenstoffkreislauf und seine Störung durch den Menschen**
2. Genauerer Blick auf die menschengemachten Emissionen
3. Hindernisse auf dem Weg zu Netto-Null

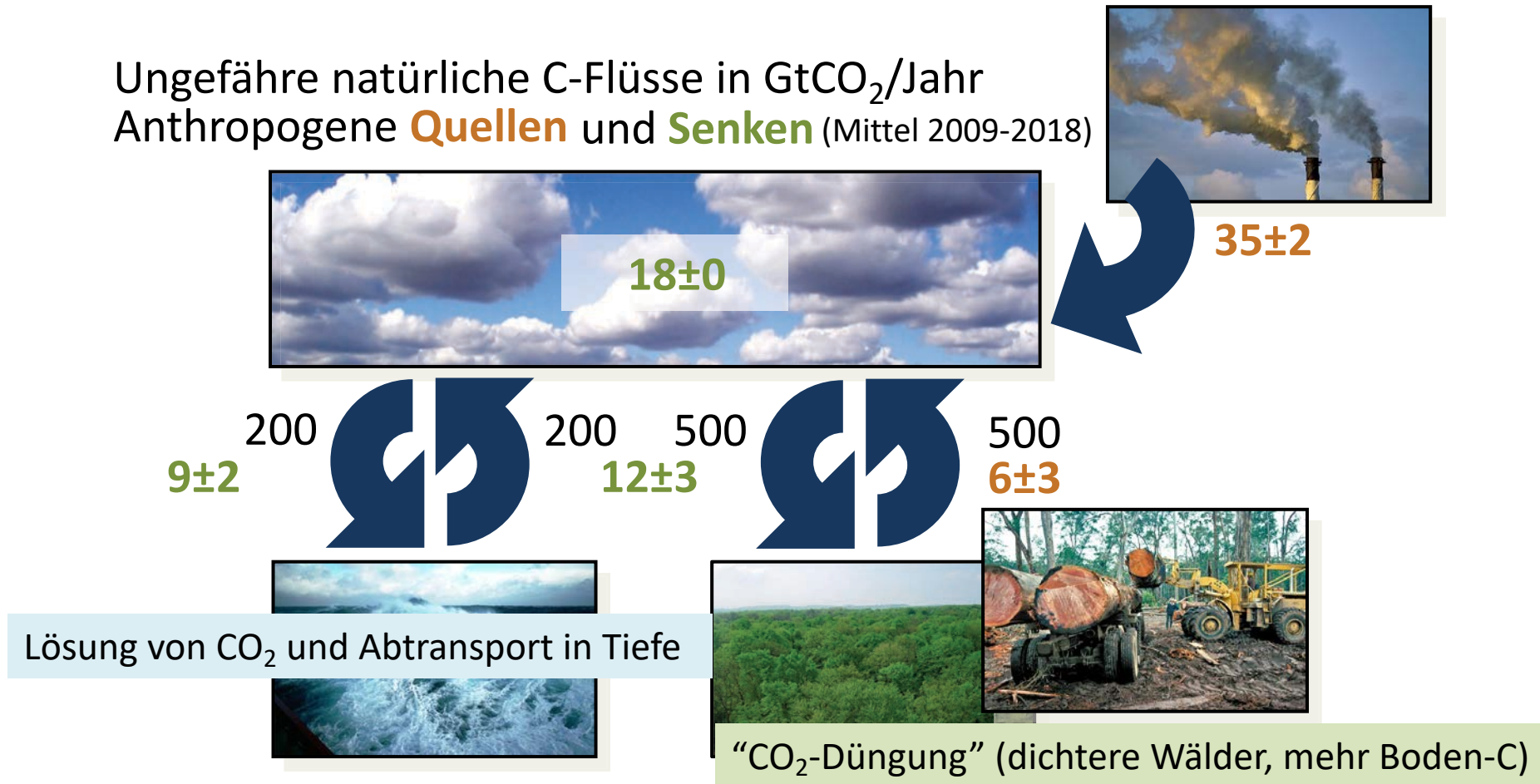
Globaler Kohlenstoffkreislauf

Ungefähre natürliche C-Flüsse in GtCO₂/Jahr
Anthropogene **Quellen** (Mittel 2009-2018)



Globaler Kohlenstoffkreislauf

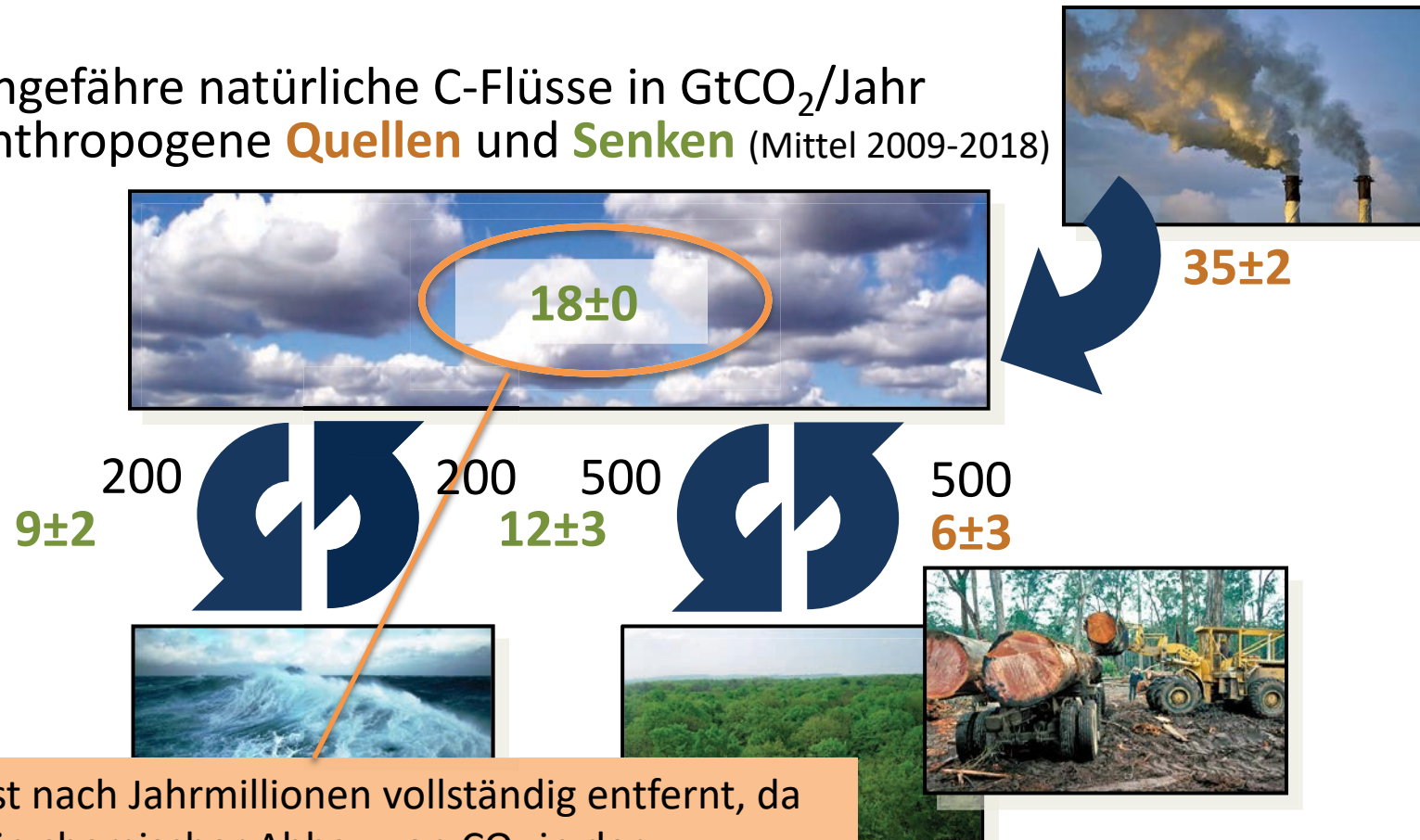
Ungefähre natürliche C-Flüsse in GtCO₂/Jahr
Anthropogene **Quellen** und **Senken** (Mittel 2009-2018)



Enorme Dienstleistung von Land und Ozean – die Hälfte der Emissionen versenkt!

Globaler Kohlenstoffkreislauf

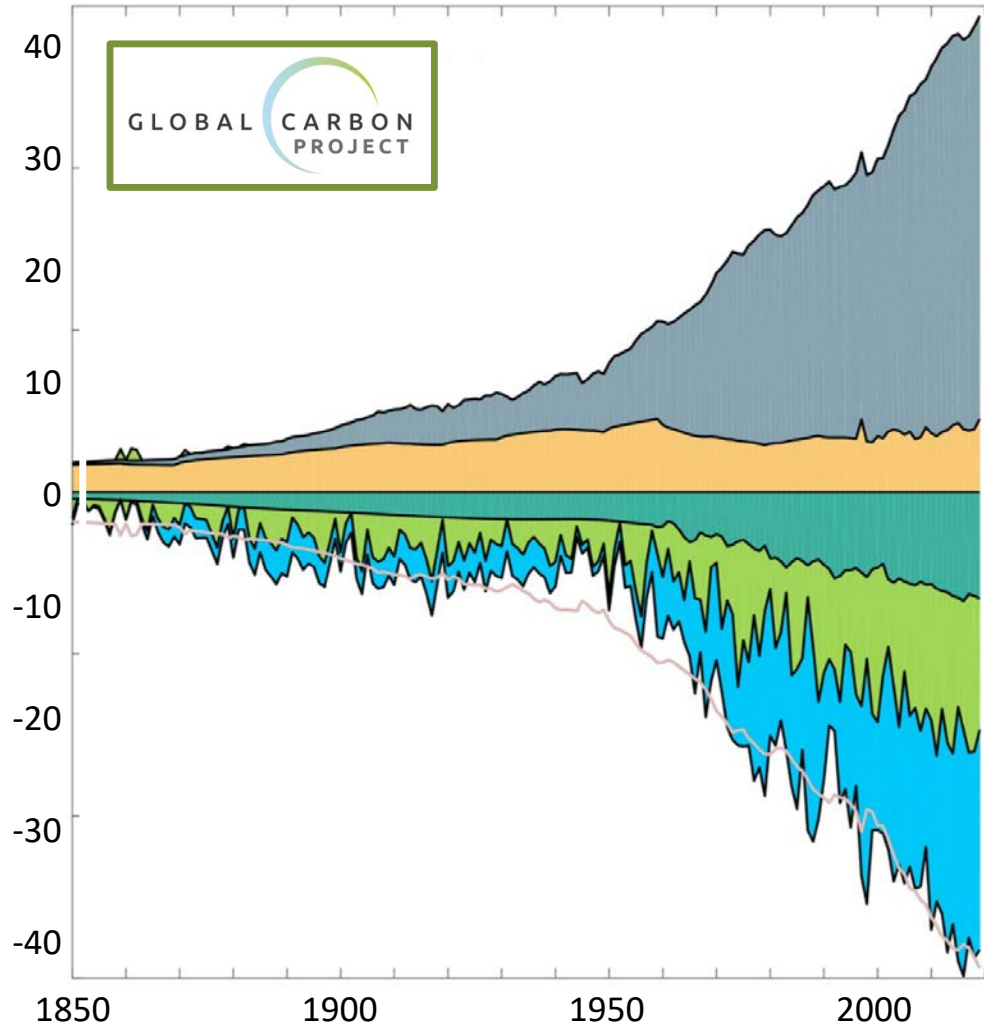
Ungefähre natürliche C-Flüsse in GtCO₂/Jahr
Anthropogene **Quellen** und **Senken** (Mittel 2009-2018)



Erst nach Jahrtausenden vollständig entfernt, da kein chemischer Abbau von CO₂ in der Atmosphäre!

Anthropogenes Kohlenstoffbudget

Gt CO₂ pro Jahr



1,5°C-Ziel:
Netto-0-CO₂-Emissionen ~2050

Fossile Emissionen

Landnutzungsemissionen

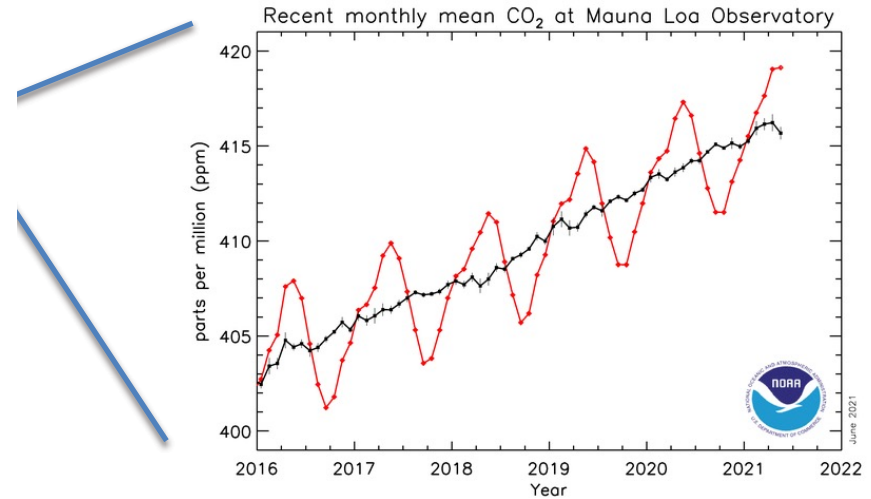
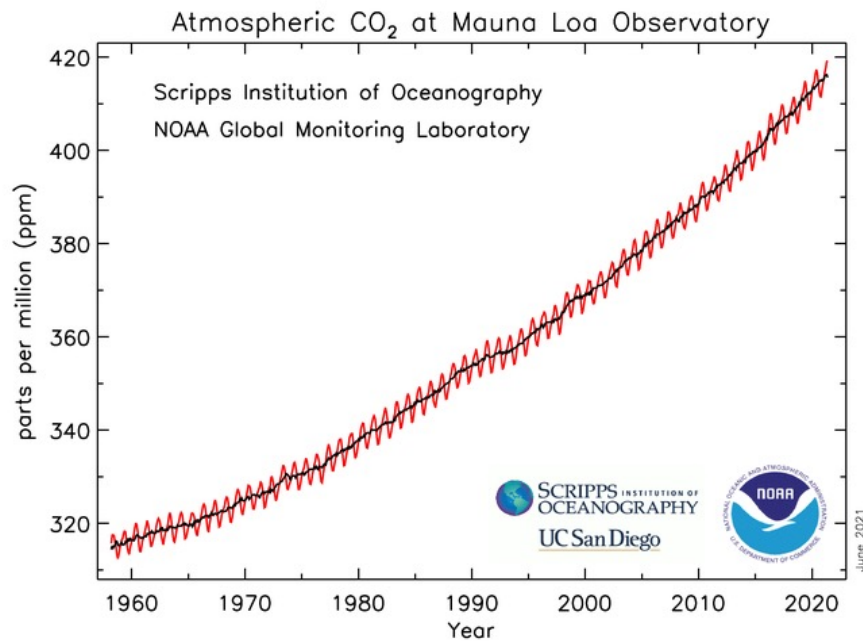
Ozeansenke

Natürliche terrestrische Senke

Atmosphärischer CO₂-Anstieg

Direkt gemessener CO₂-Anstieg

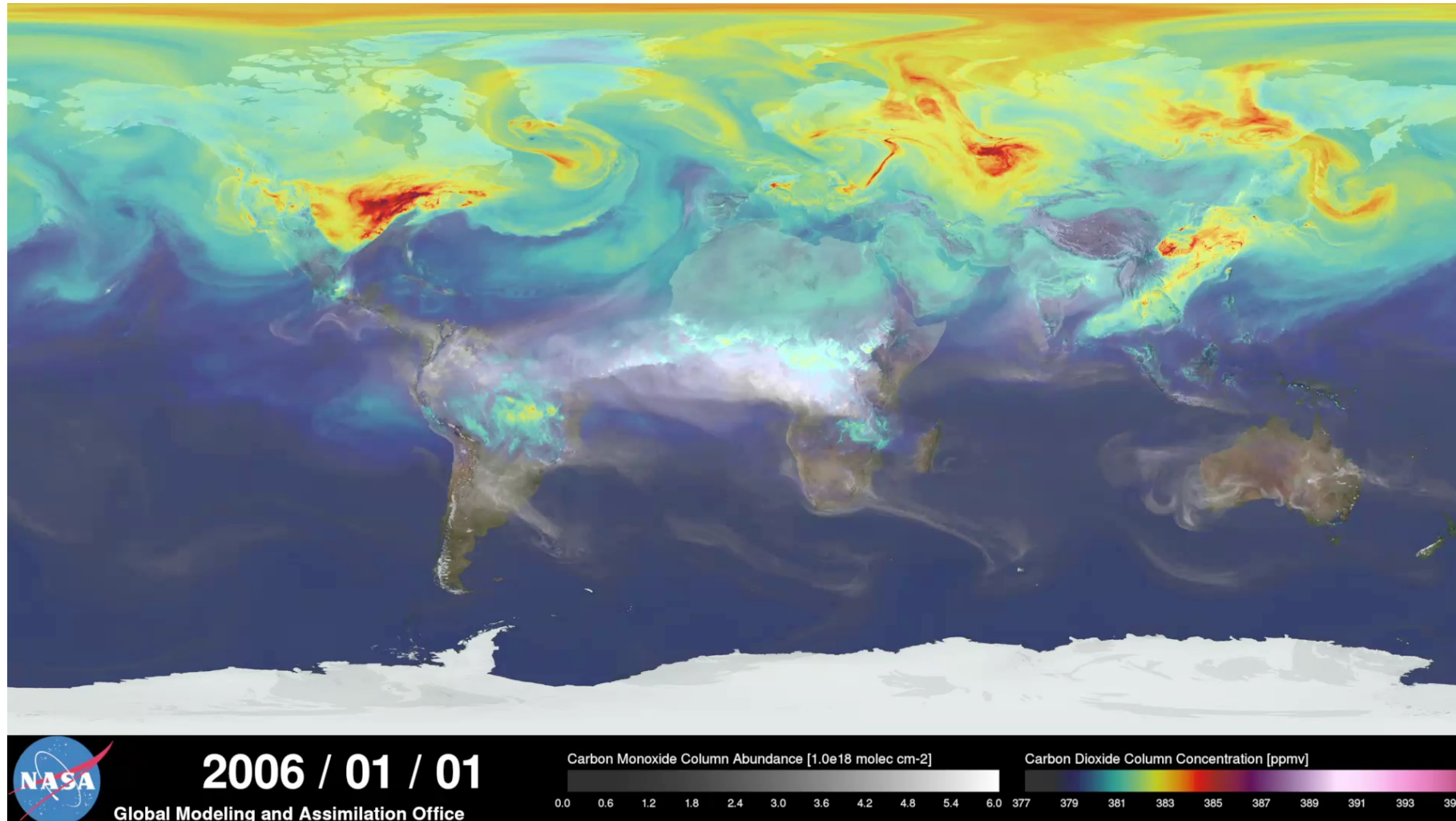
Atmosphärische CO₂-Konzentration, Messung am Mauna Loa



→ “Keeling”-Kurve: Seit 1958, initiiert von Charles Keeling, kontinuierlich gemessen

“Atmen” der Biosphäre

Atmosphärische CO₂-Konzentration (dargestellt nur >378 ppm) und CO-Konzentration; Kombination von Beobachtungen und Modellsimulation



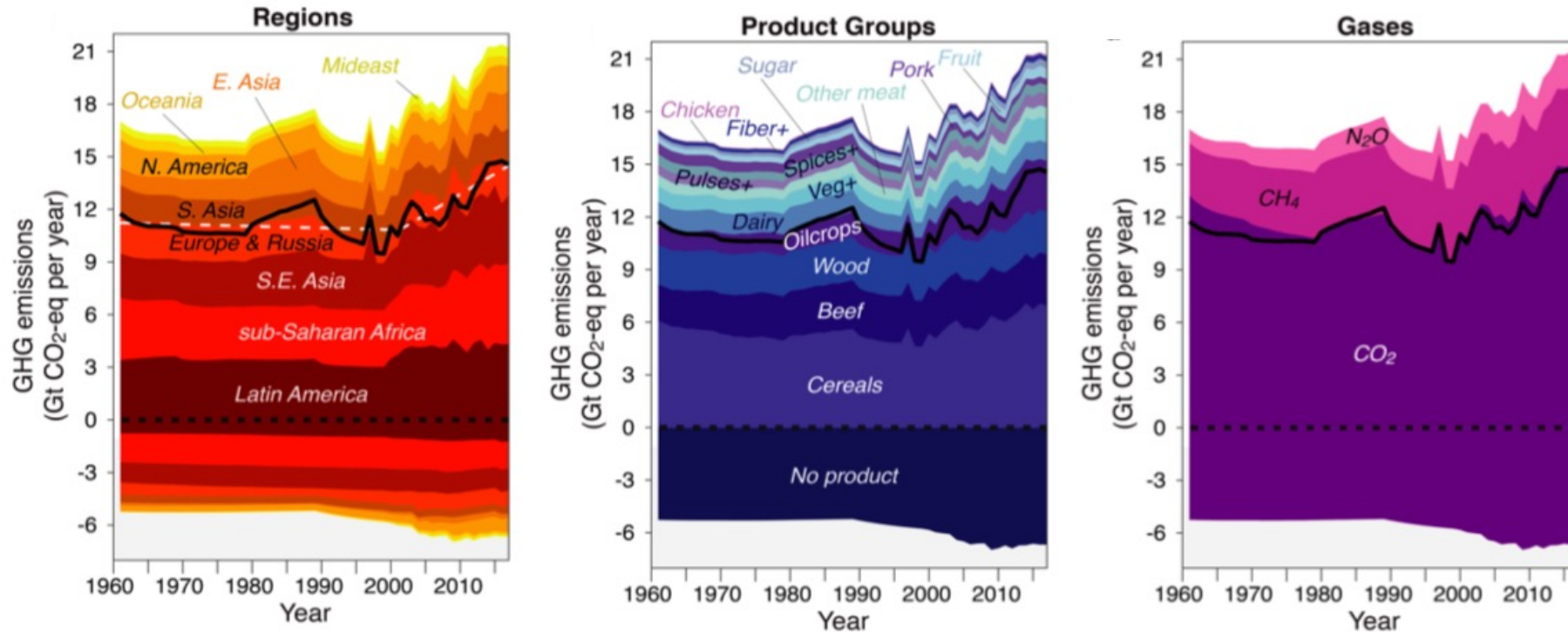
Heute:

1. Der Kohlenstoffkreislauf und seine Störung durch den Menschen
2. **Genauerer Blick auf die menschengemachten Emissionen**
3. Hindernisse auf dem Weg zu Netto-Null

Landnutzungsemissionen
(etwa $\frac{1}{4}$ der gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen)

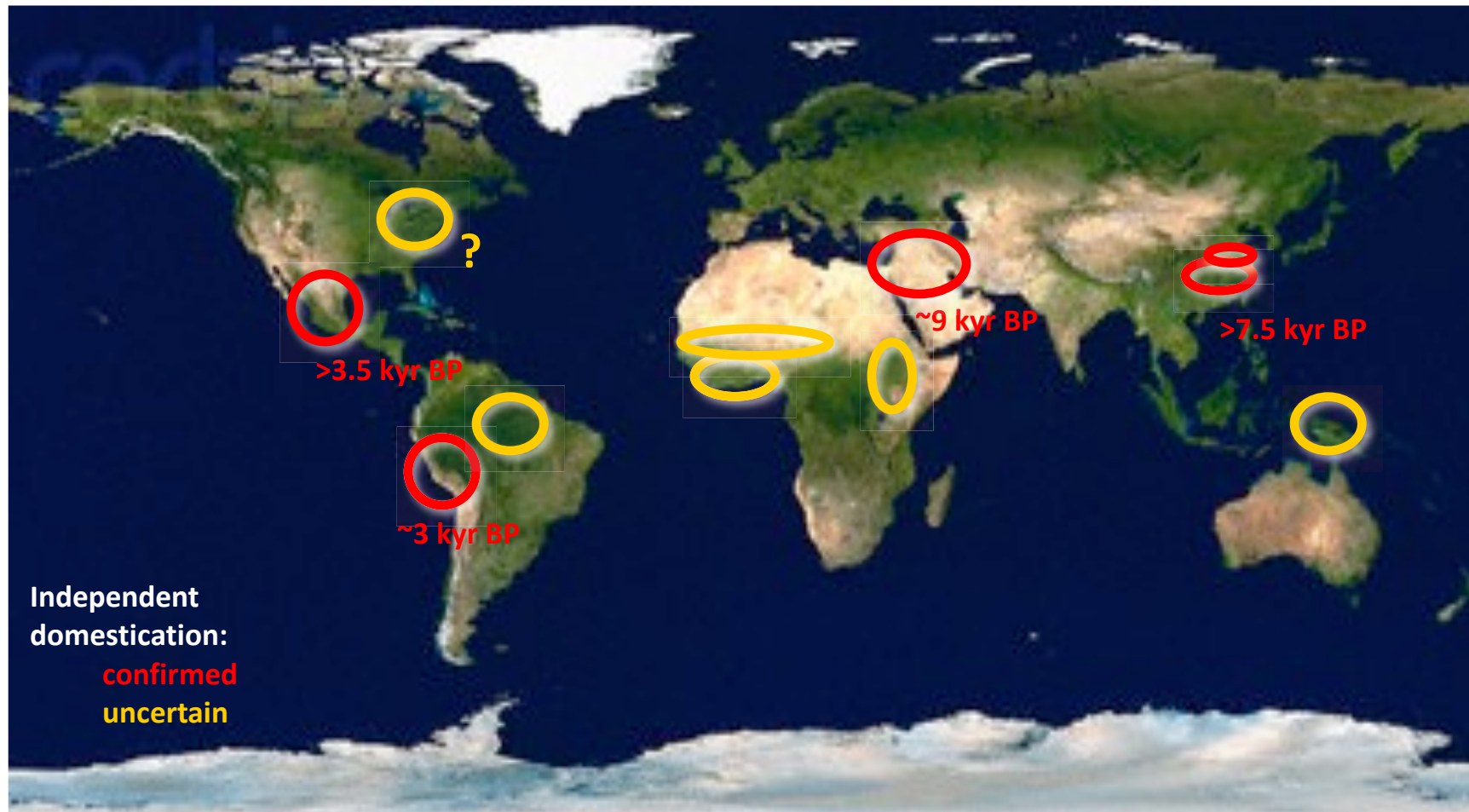
Landnutzungs-Emissionen

CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen aus Landnutzungen global

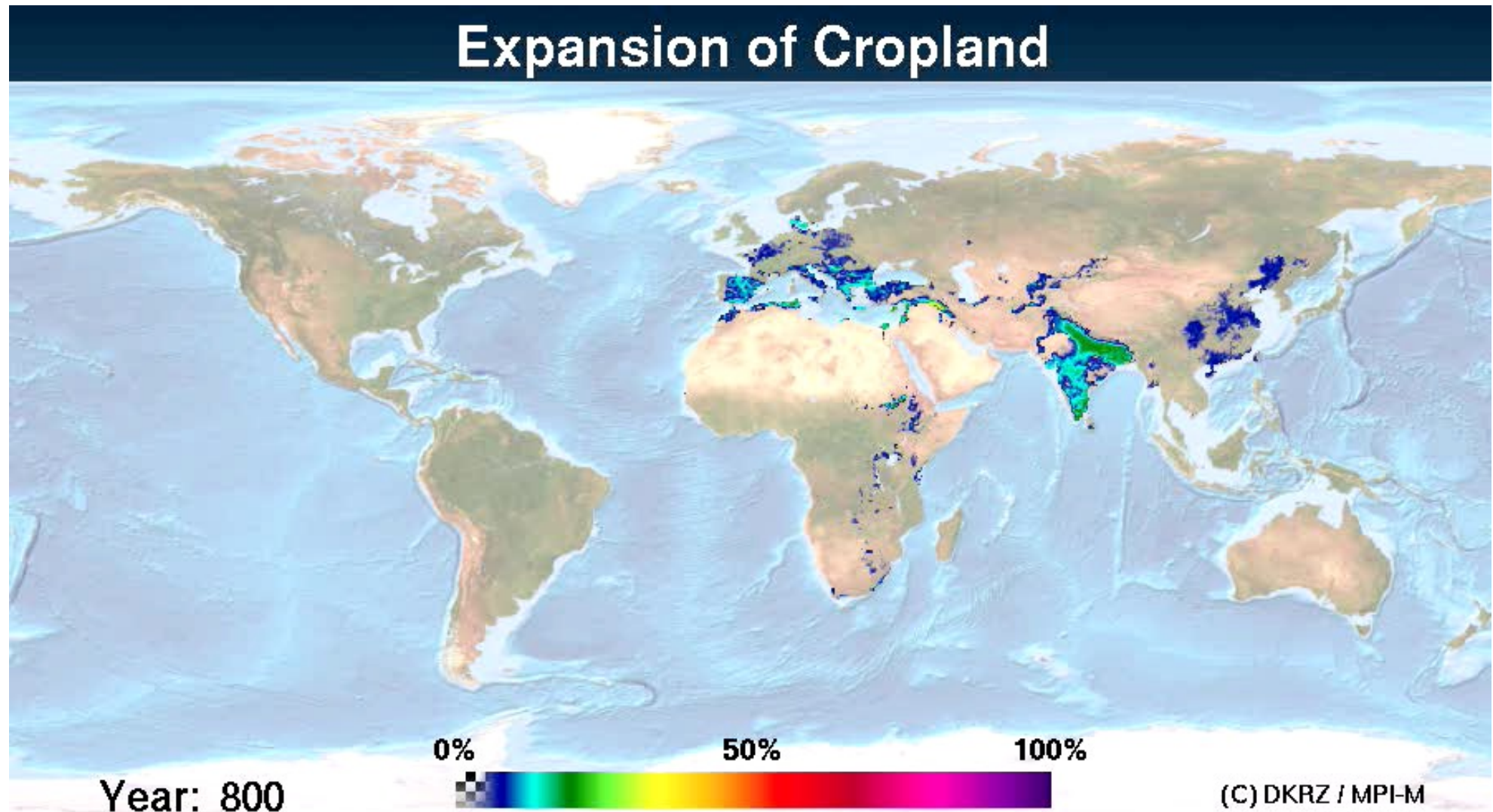


Landnutzungsemissionen gibt's seit 10.000 Jahren!

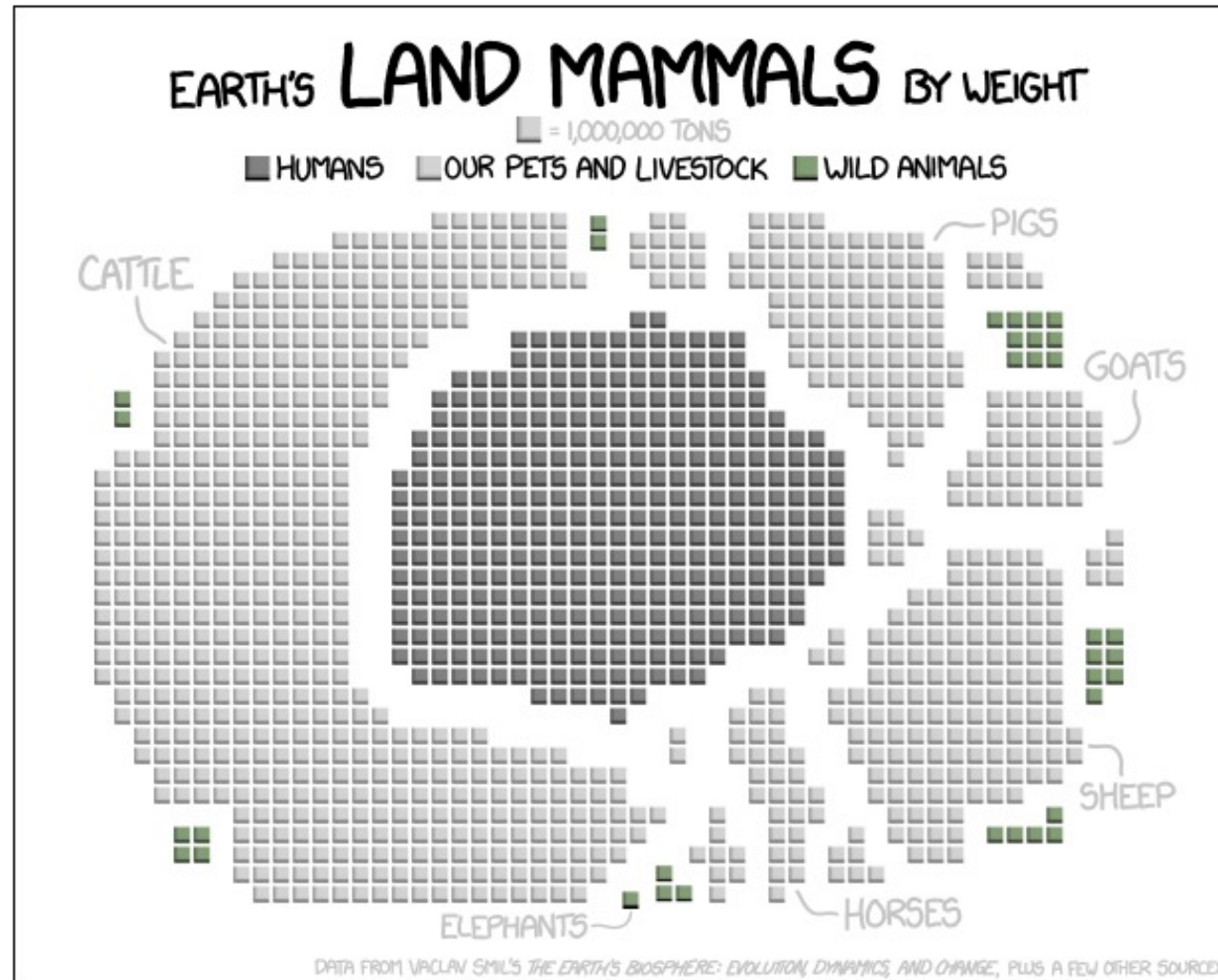
Independent centers of domestication of plants and animals



Landnutzungsemissionen gibt's seit 10.000 Jahren!

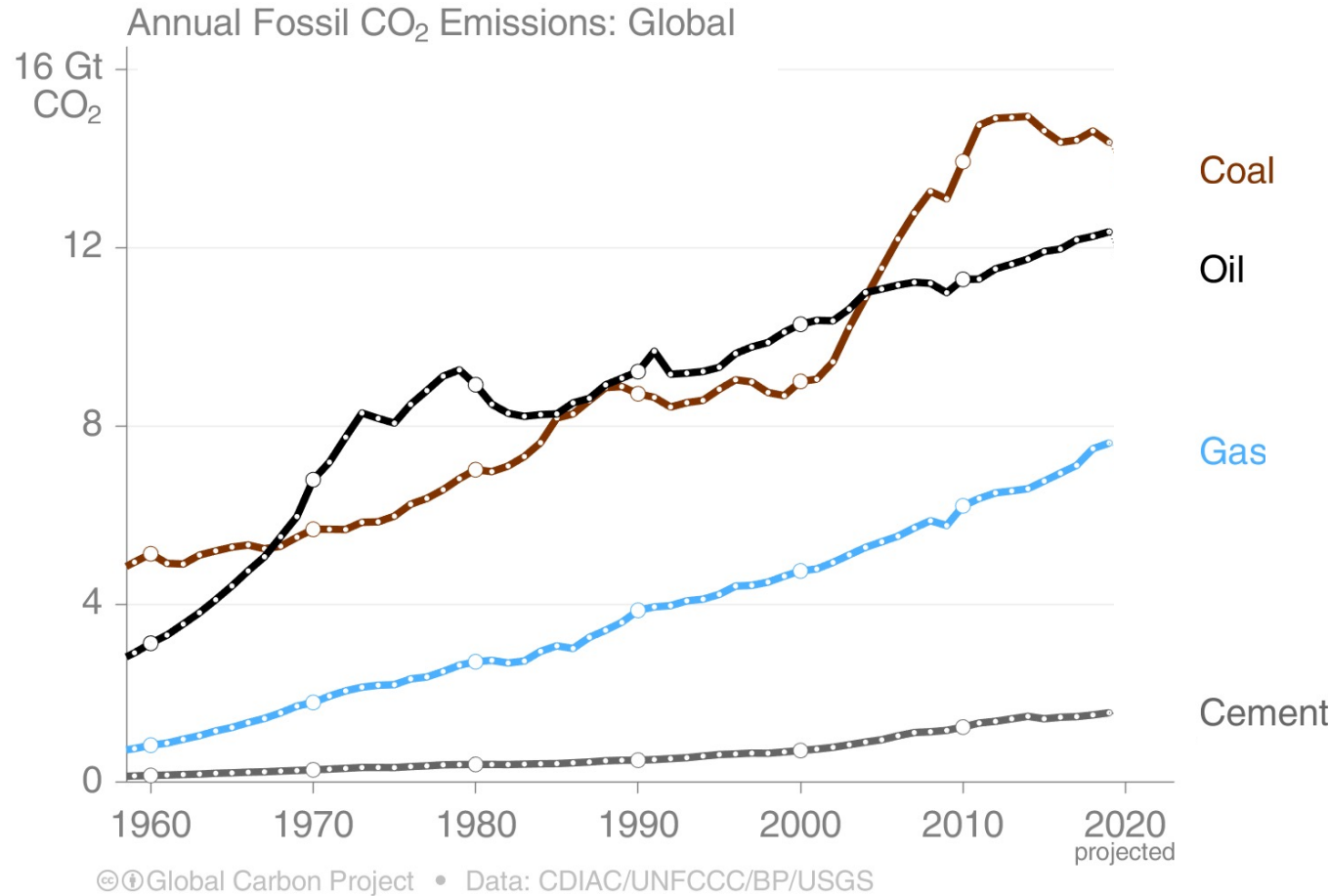


Dominanz des Menschen (“Anthropozän”)



Fossile Emissionen

Globales CO₂-Budget: 2019 Emissionen steigen weiter



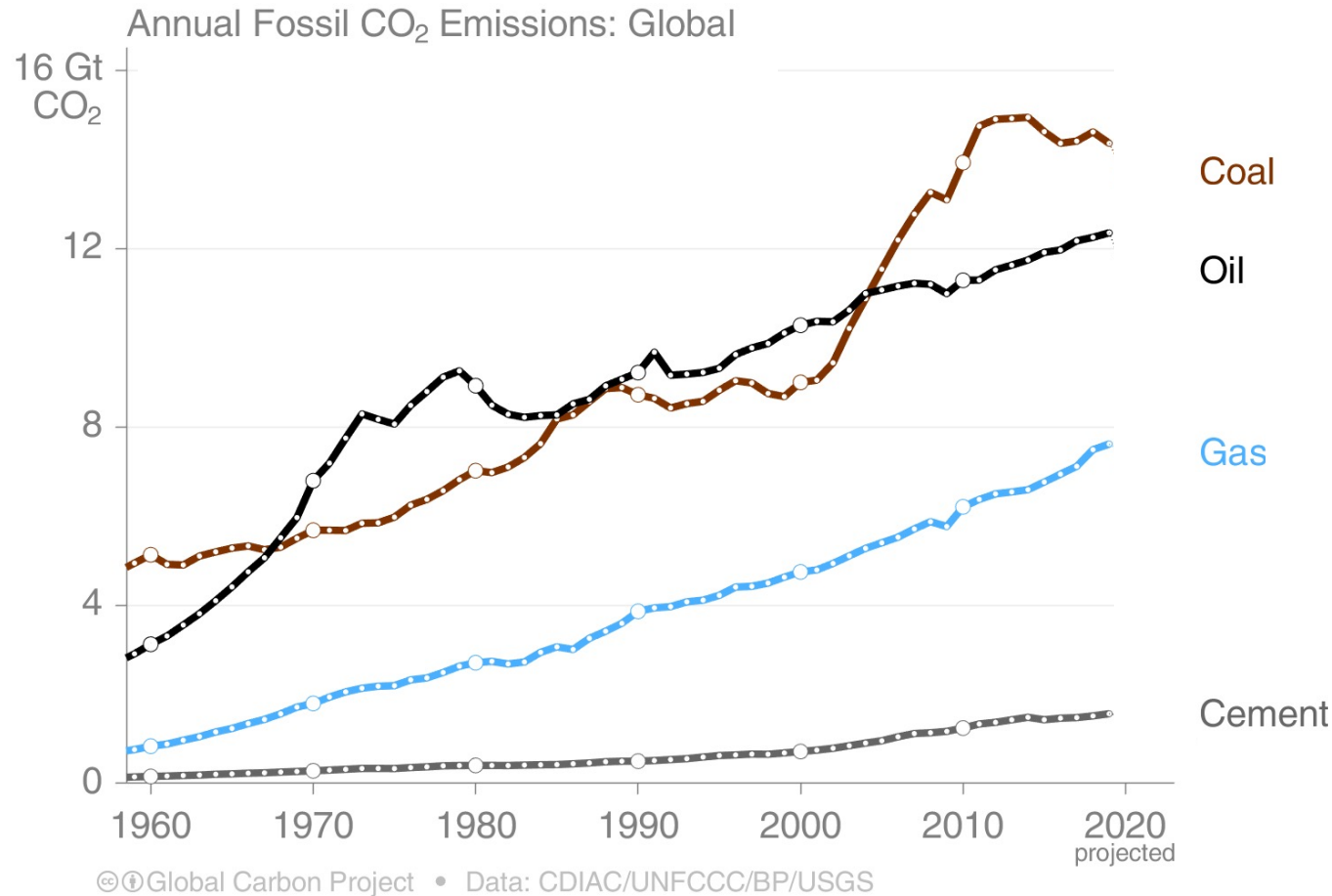
Bemerkenswert:

1. Anstieg fossiler Emissionen 2019 um 0,6%

5 Jahre nach dem Paris-Abkommen, 40 Jahre nach der ersten Weltklimakonferenz weiterer *Anstieg!*

Immerhin: langsamer als zuvor.

Globales CO₂-Budget: 2019 Emissionen steigen weiter

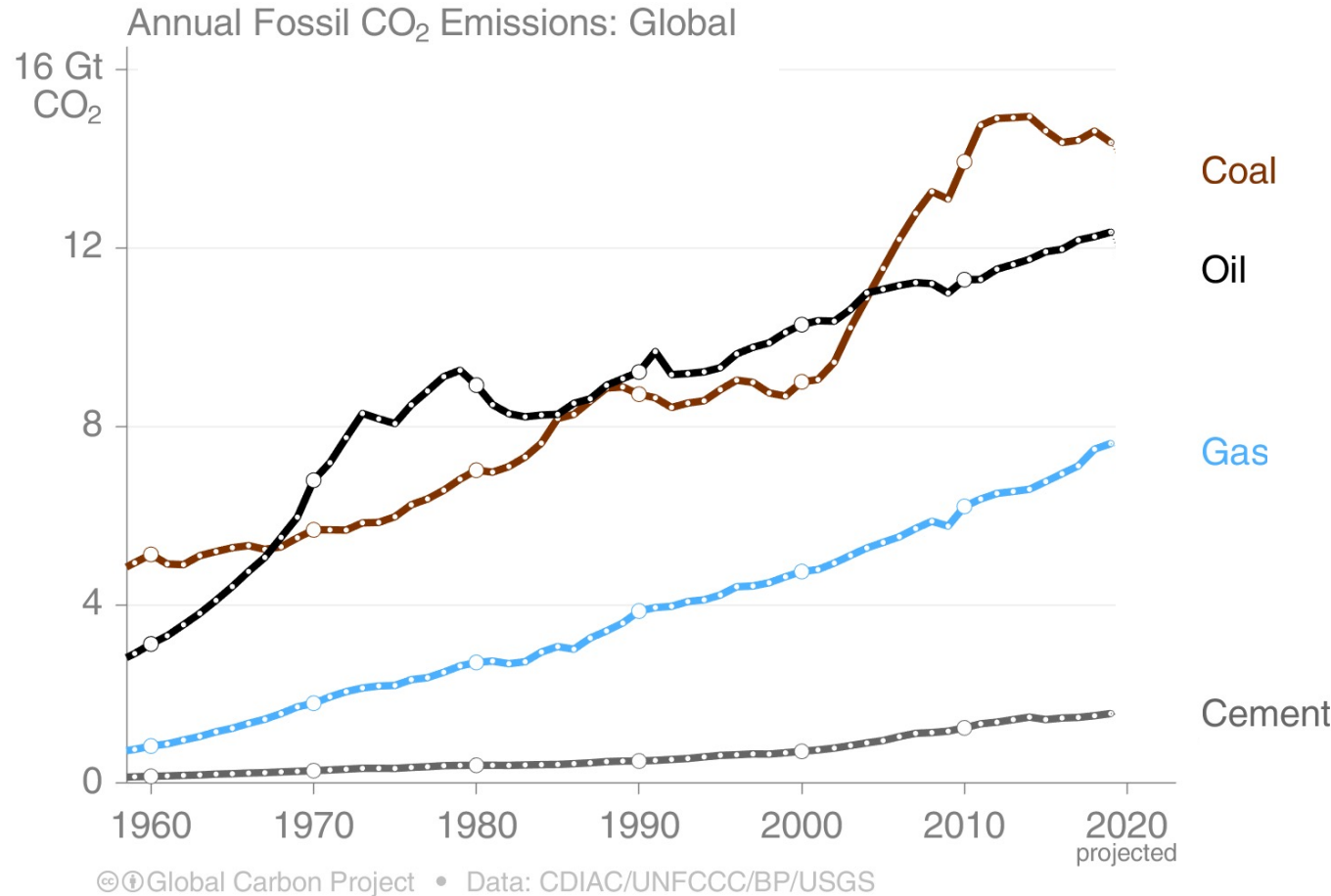


Bemerkenswert:

- 1. Anstieg fossiler Emissionen 2019 um 0,6%**
- 2. Reduktion in Kohle wettgemacht durch Gas**

Aber: Gas ist kein Niedrig-CO₂-Energieträger, es emittiert ~40% weniger als Kohle, aber nicht 0.

Globales CO₂-Budget: 2019 Emissionen steigen weiter

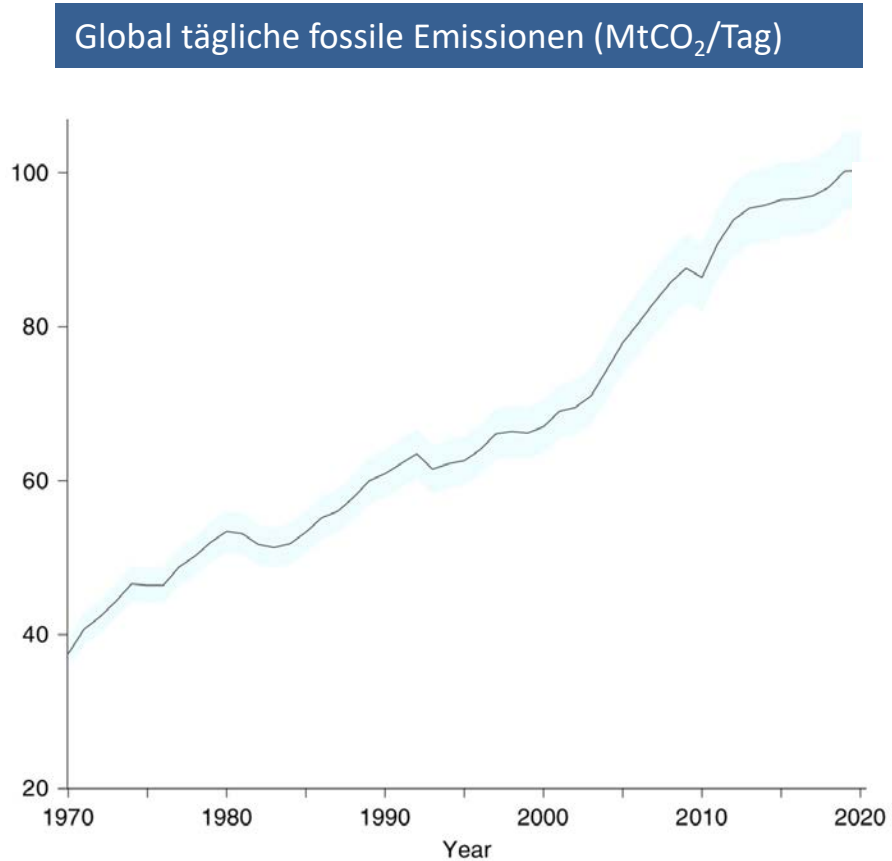


Bemerkenswert:

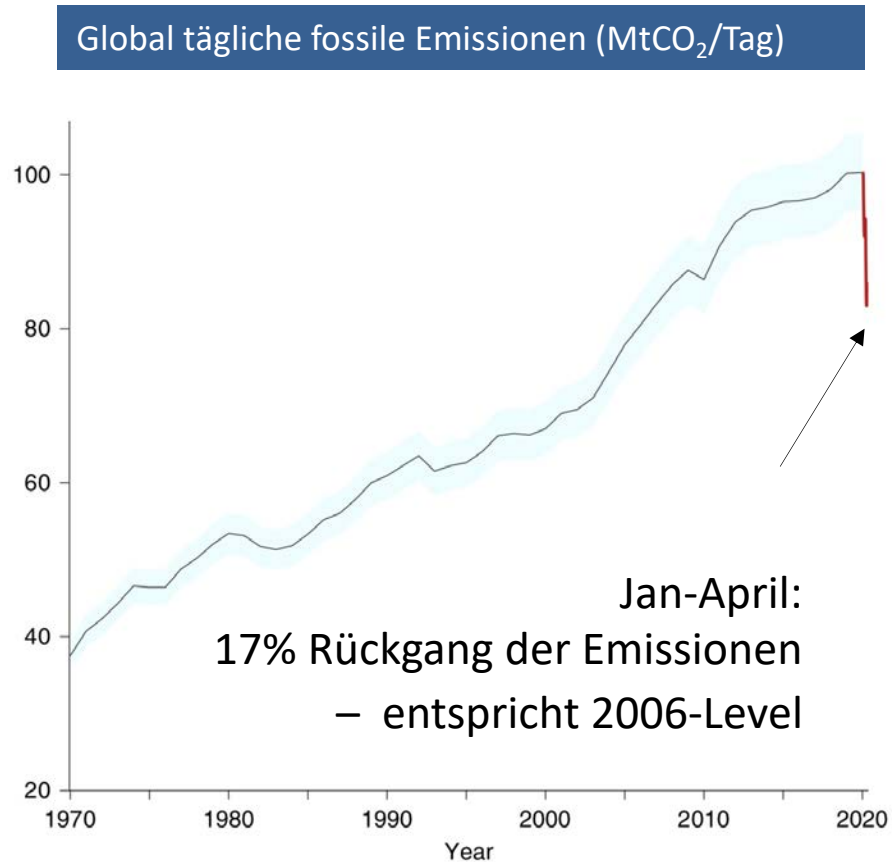
1. Anstieg fossiler Emissionen 2019 um 0,6%
2. Reduktion in Kohle wettgemacht durch Gas
3. Europa: Emissionen aus Kerosin und Diesel steigen; trotz höherer Zahlen bei Elektroautos, Erneuerbaren

Neue Technologien ersetzen die alten nicht automatisch. “Phasing out” muss aktiv vorangetrieben werden.

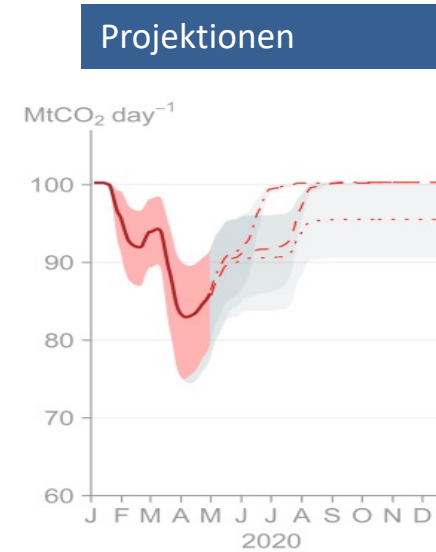
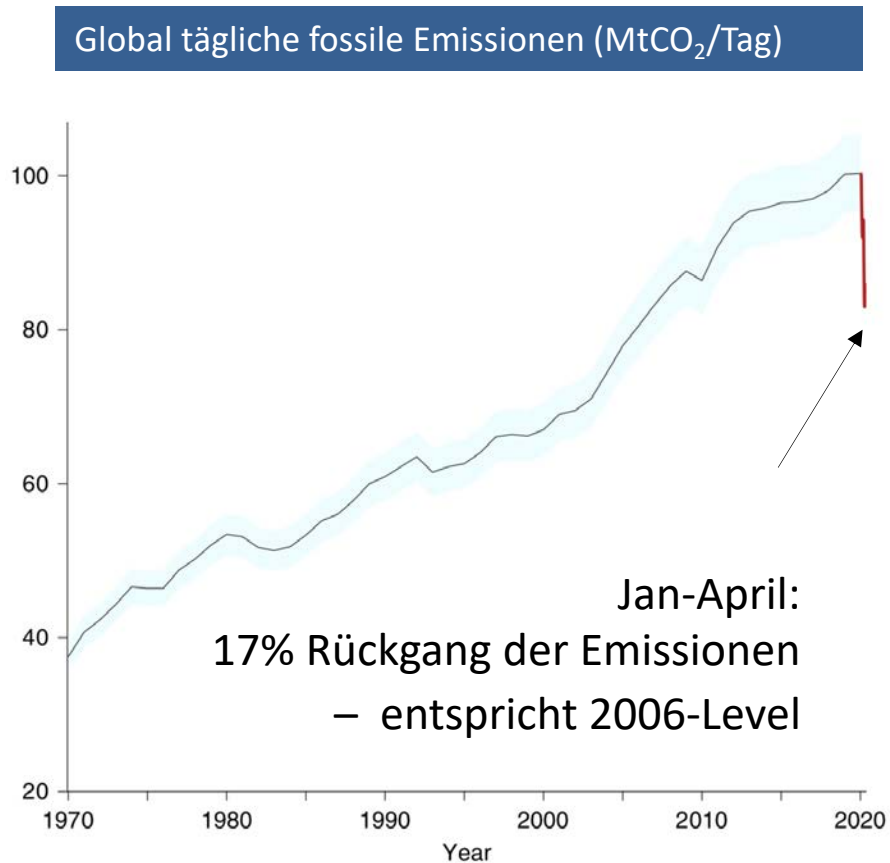
Einfluss von Corona auf globale Emissionen



Einfluss von Corona auf globale Emissionen: erste Abschätzungen

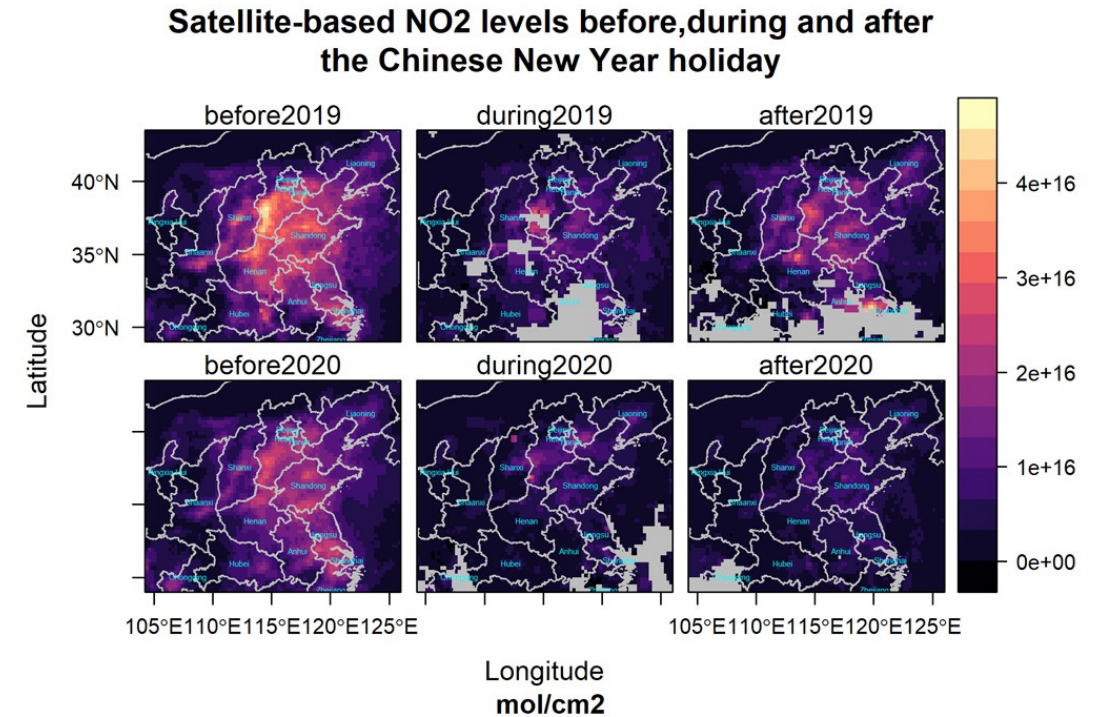
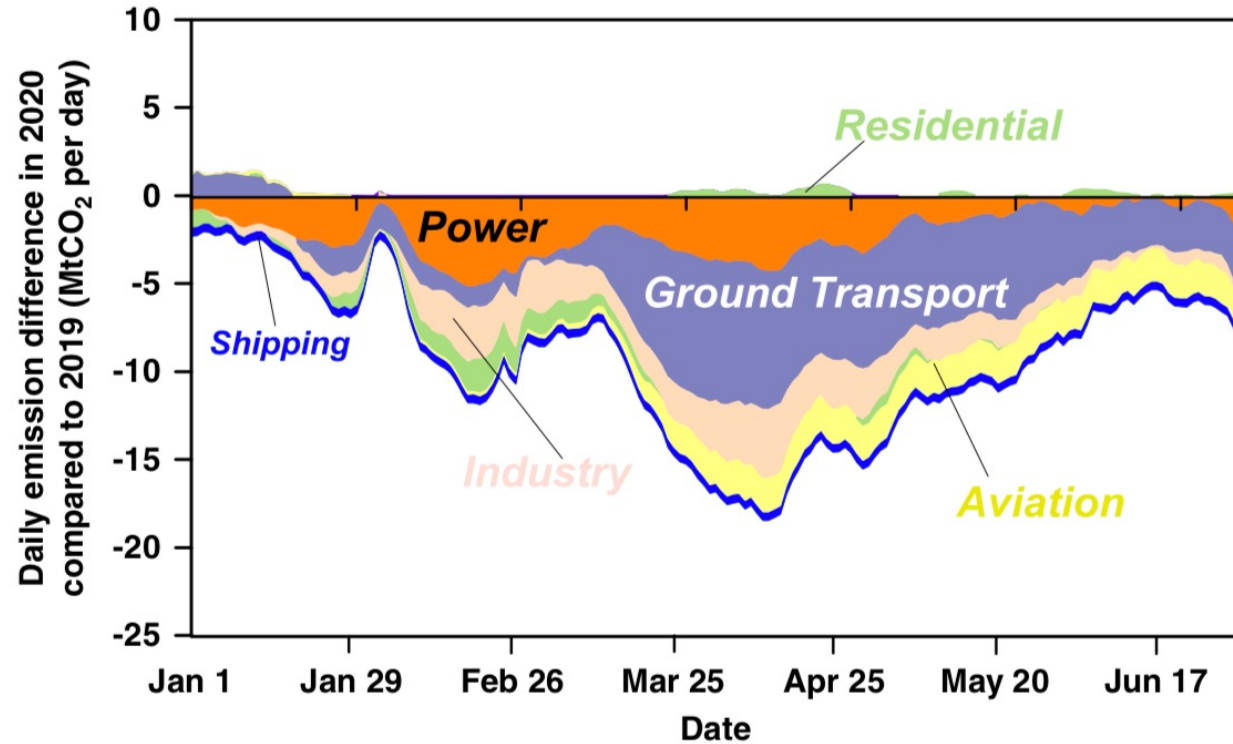


Einfluss von Corona auf globale Emissionen: erste Abschätzungen

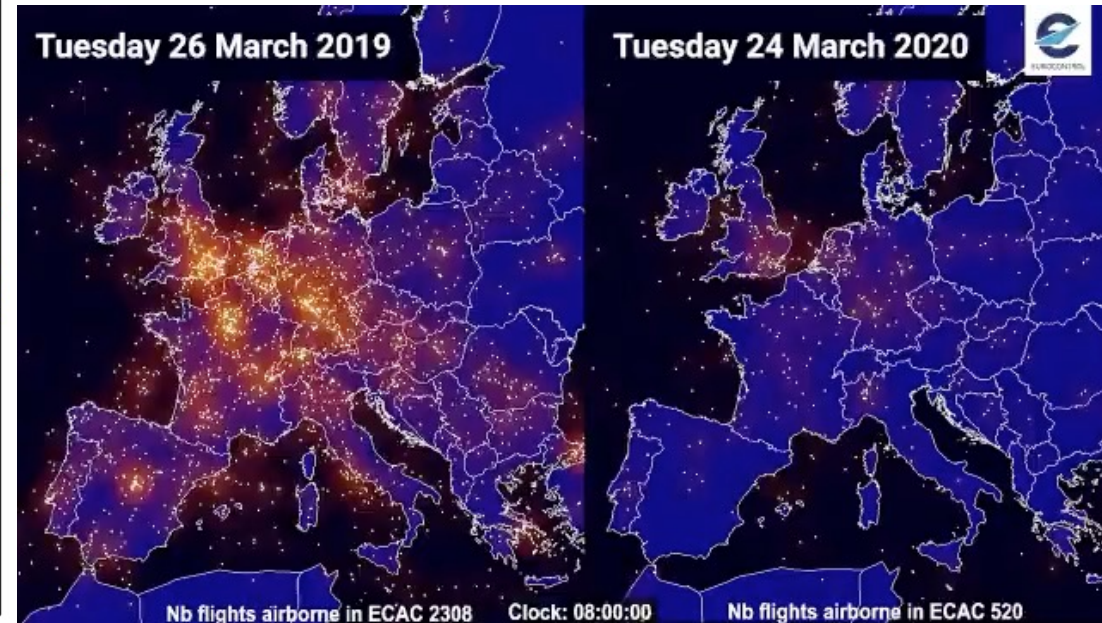
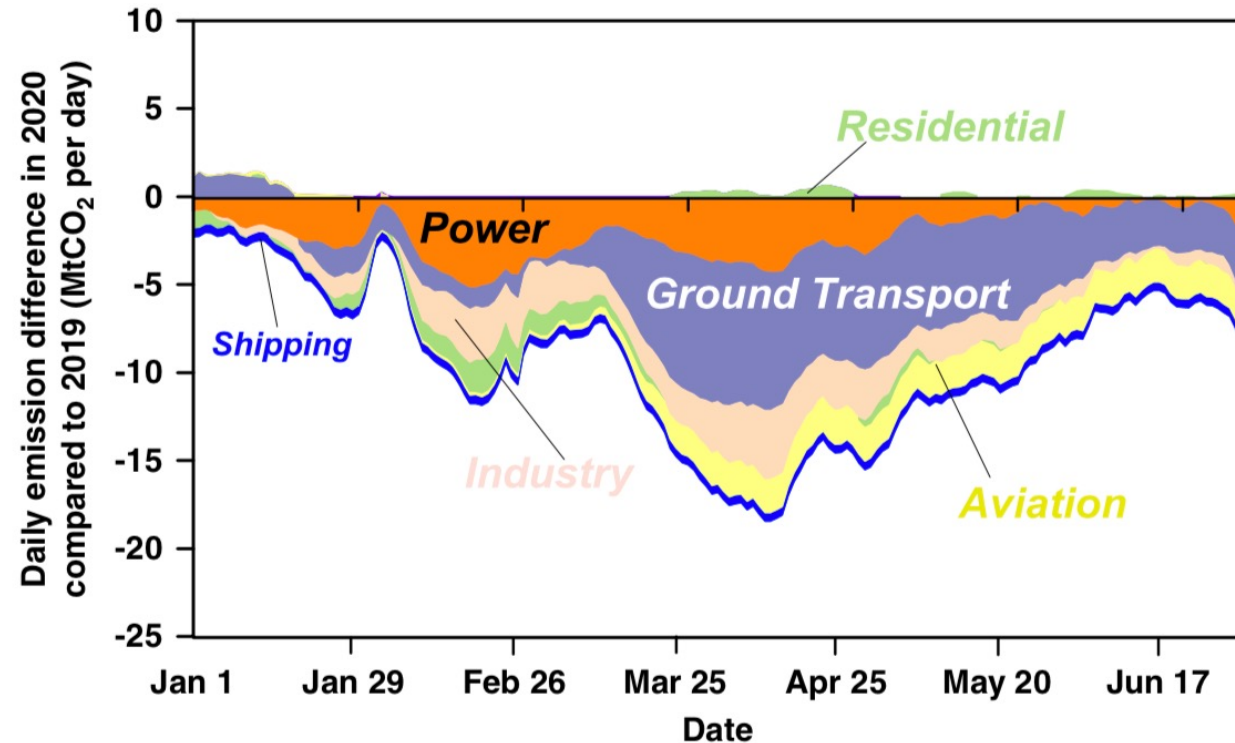


Ganzes Jahr 2020:
4-8% (7%) Rückgang
– soviel wie wir **jedes Jahr** an Reduktion bräuchten für 1,5-Grad-Ziel

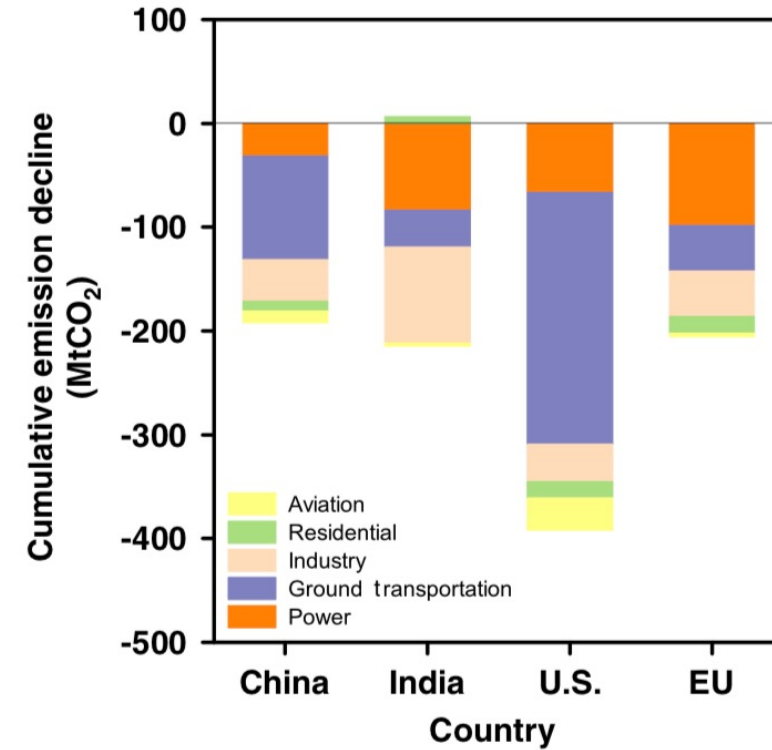
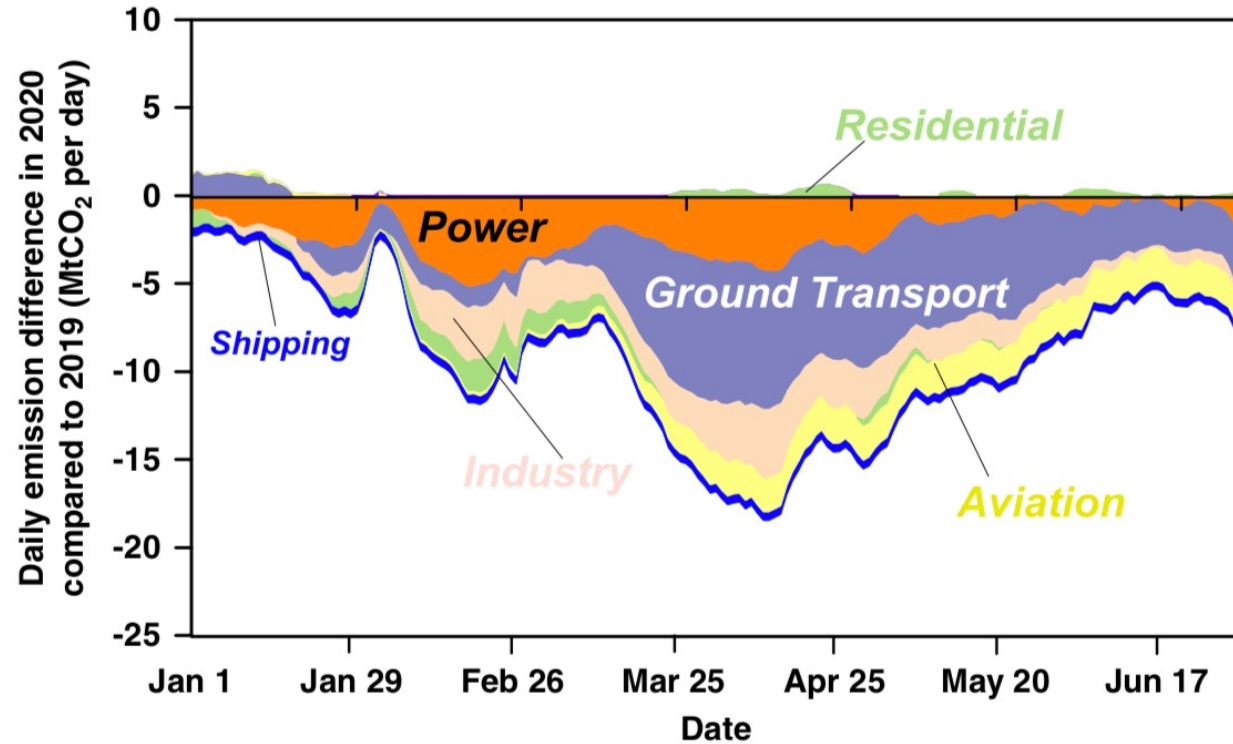
Einfluss von Corona auf globale Emissionen: neuere Daten



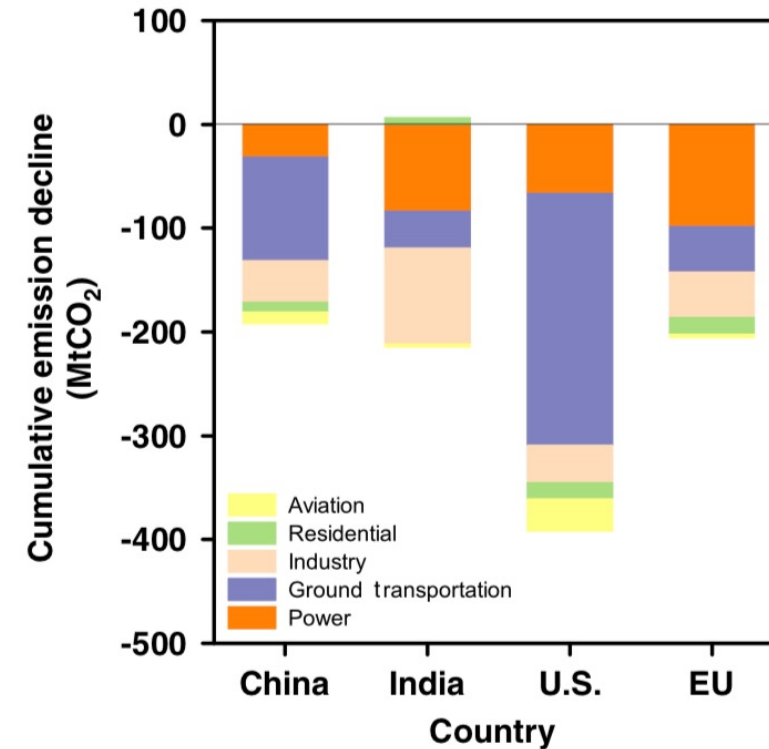
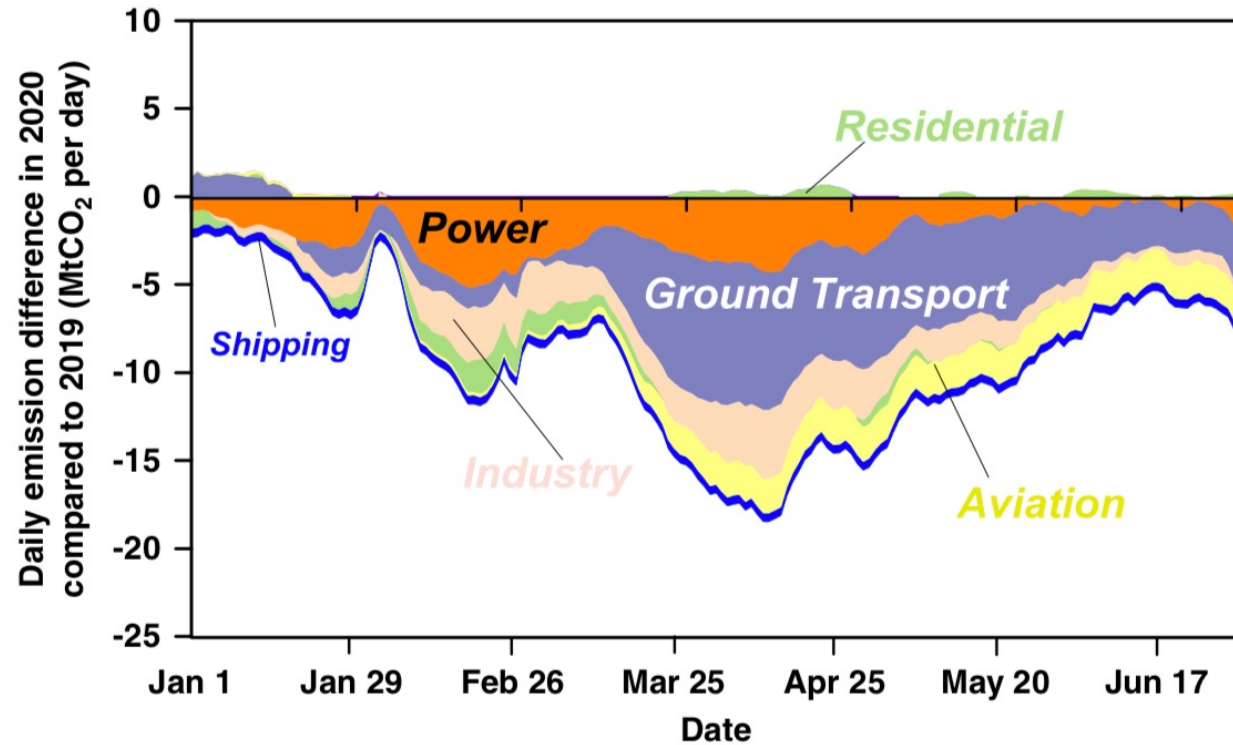
Einfluss von Corona auf globale Emissionen: neuere Daten



Einfluss von Corona auf globale Emissionen: neuere Daten

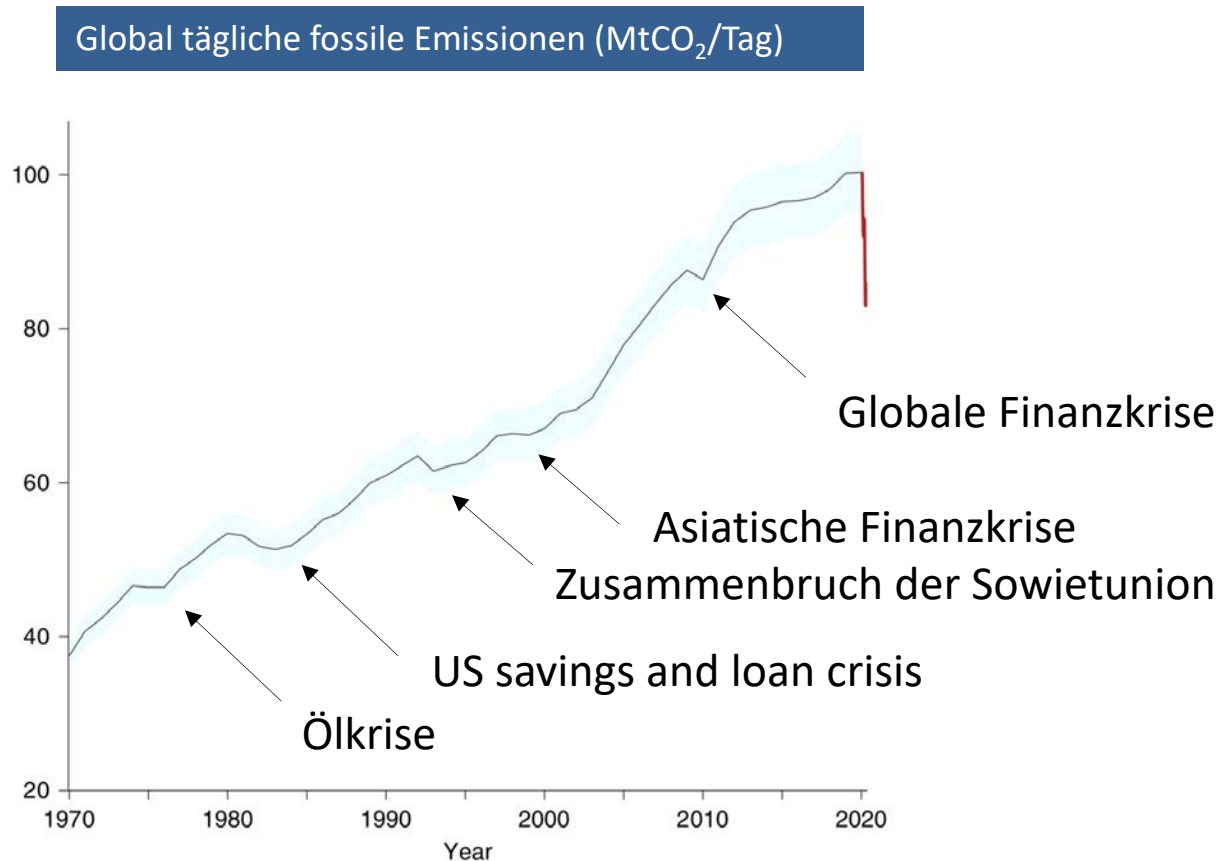


Einfluss von Corona auf globale Emissionen: neuere Daten



Hälfte des Rückgangs durch Landverkehr! → Nachhaltige Effekte möglich...?

Einfluss von Corona auf globale Emissionen



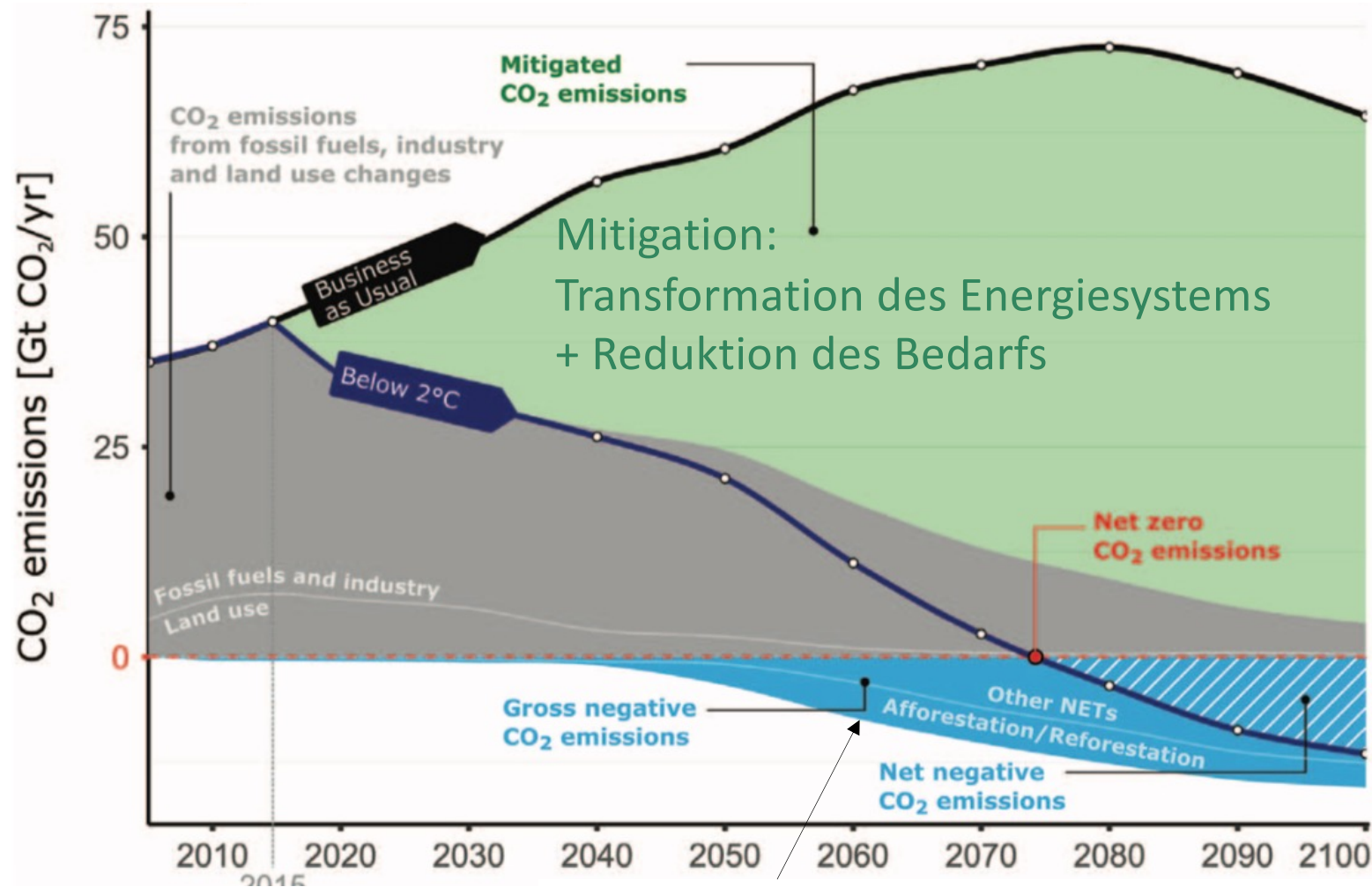
Vorherige Krisen zeigen:
Treiber der Emissionen re-etablieren sich sofort oder innerhalb weniger Jahre.

Viele Covid-19
Wiederaufbaupläne stehen in
Widerspruch zu nationalen
Klimazielen.

2021 wird vermutlich höhere
Emissionen erzielen als 2020*

Zukunft

Wie erreichen wir die Paris-Klimaziele?

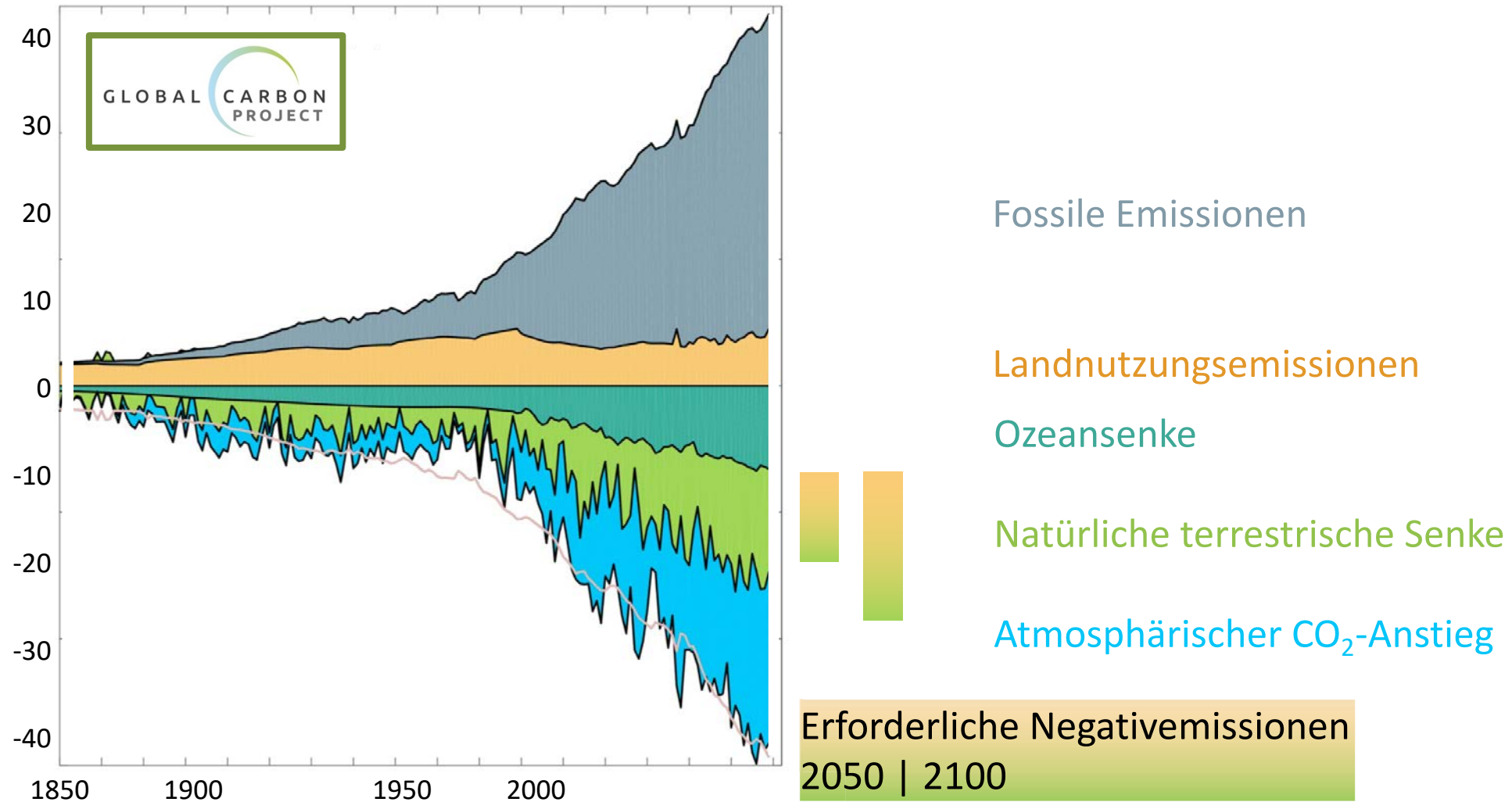


“Negativemissionstechnologien” (NETs)

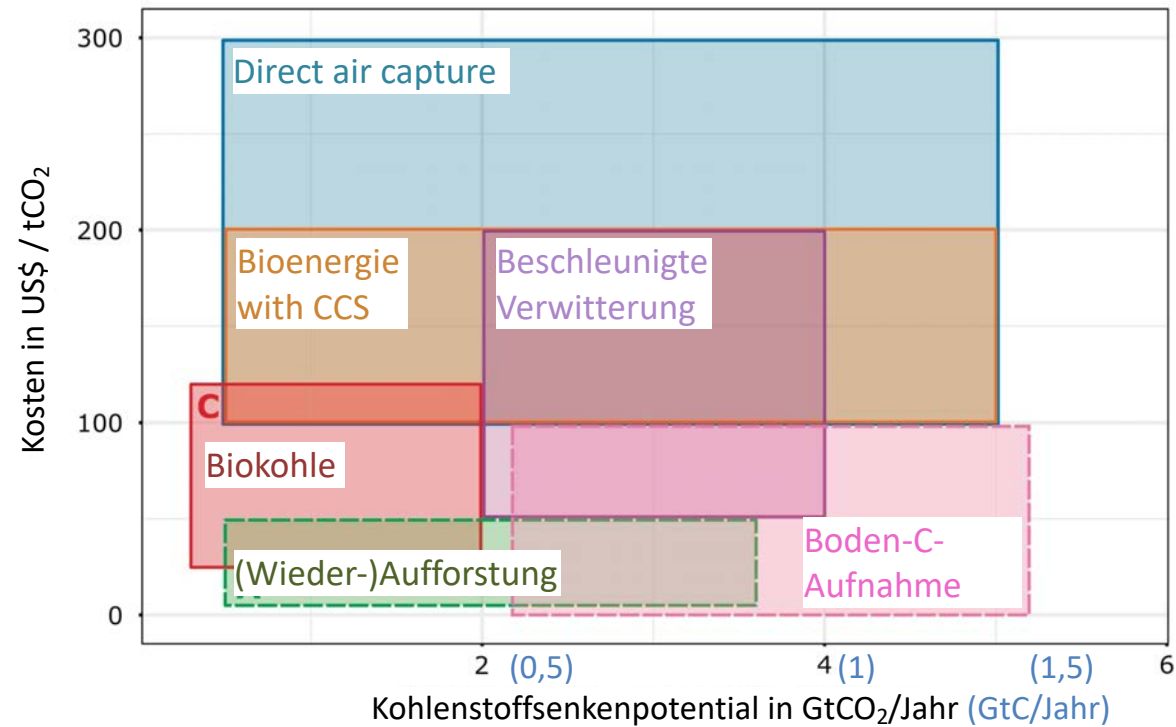
- Netto-0-CO₂-Emissionen in wenigen Jahrzehnten (1,5°C: 2050)
- Danach *negative* Emissionen
- ... netto. Brutto schon *ab sofort* negative Emissionen nötig (Aufforstung, BECCS, ...)

Beispiel: Landnutzung und Klima

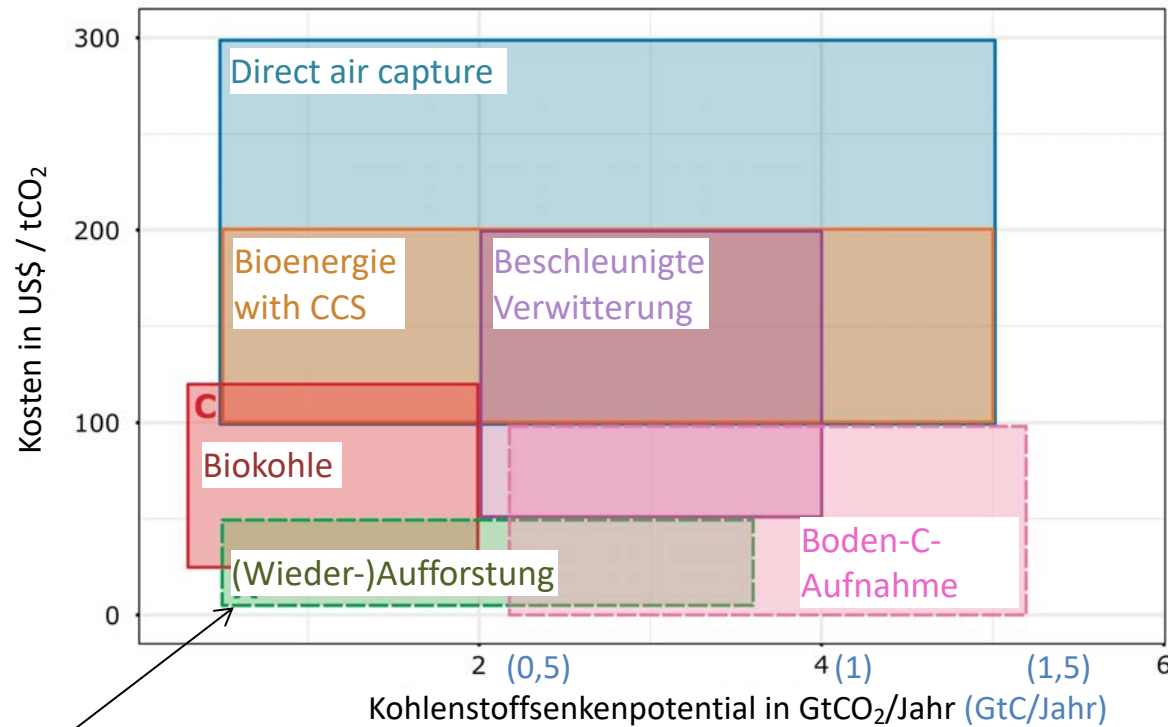
Gt CO₂ pro Jahr



Terrestrische NETs-Maßnahmen im Vergleich



Terrestrische NETs-Maßnahmen im Vergleich



Billig & einsatzbereit!
Verändert Wasser- und Energieflüsse

Terrestrische NETs-Maßnahmen im Vergleich



Kann Bodenfruchtbarkeit erhöhen
Begrenzt Potential

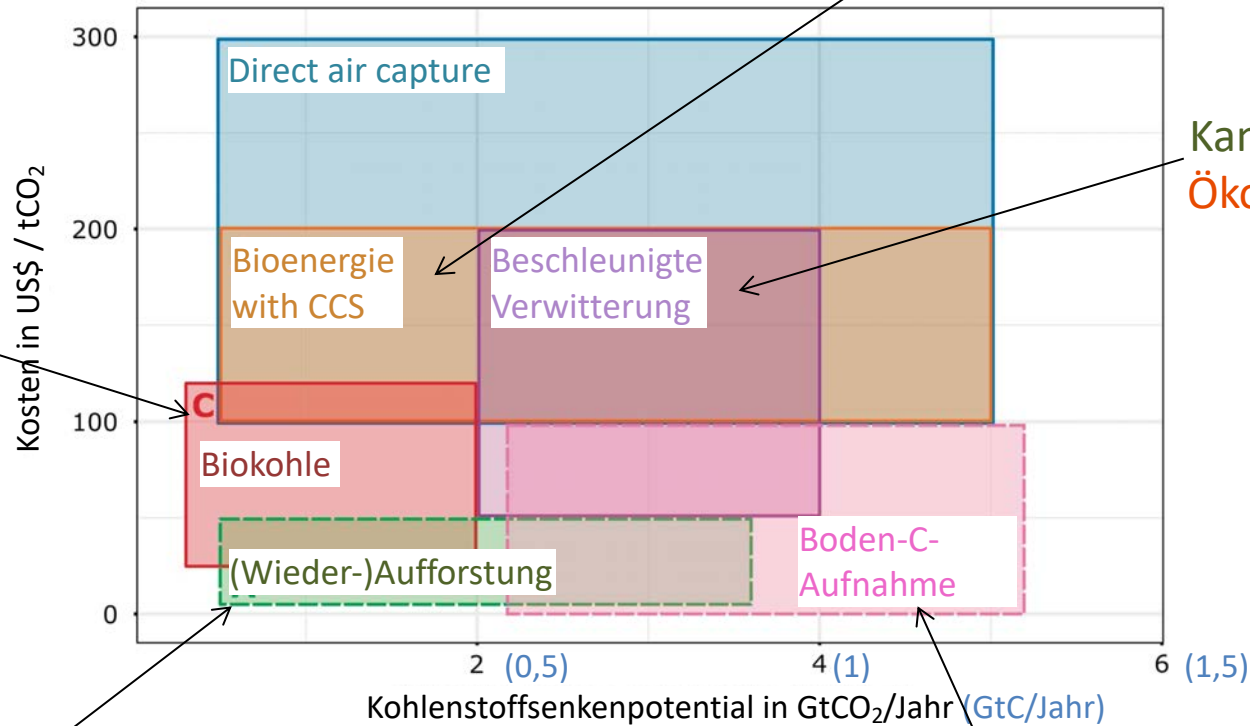


Billig & einsatzbereit!
Verändert Wasser- und Energieflüsse

Permanent
Wegen Landknappheit teuer



Kann Bodenfruchtbarkeit erhöhen
Ökologische Folgen von Extraktion und Transport

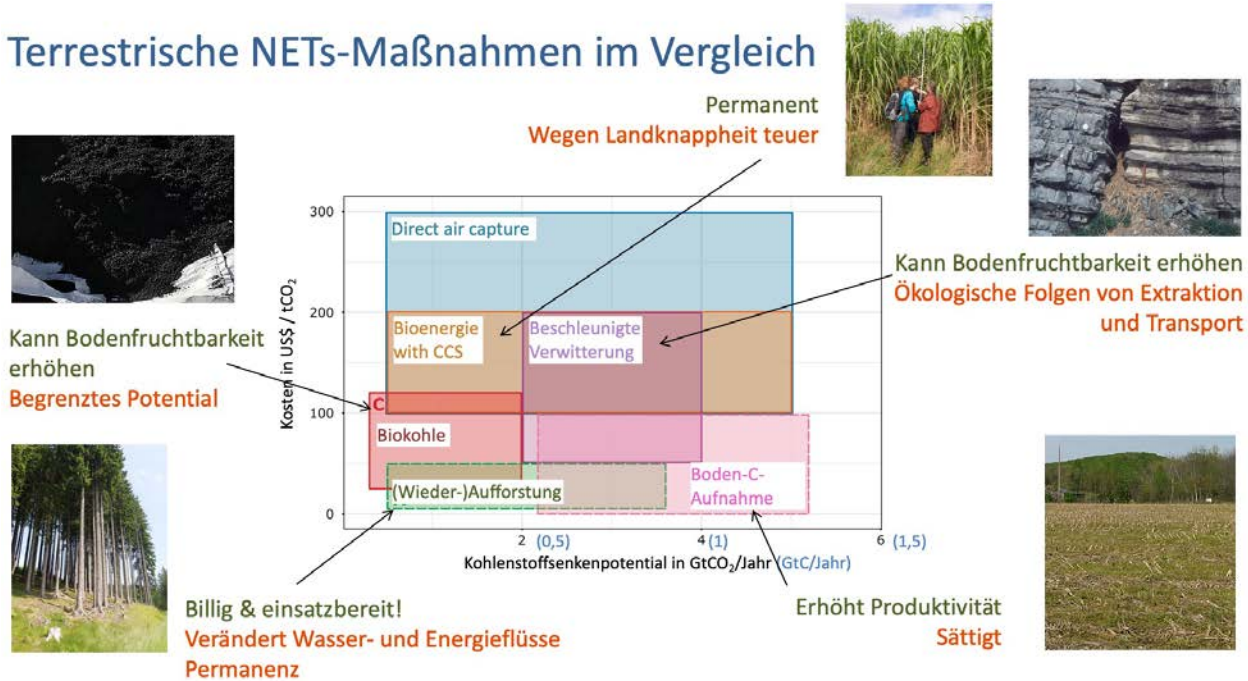


Erhöht Produktivität
Sättigt



Terrestrische NETs-Maßnahmen im Vergleich

Terrestrische NETs-Maßnahmen im Vergleich



Schlussfolgerungen:

- Alle Maßnahmen haben Risiken und Nebeneffekte
 - Alle Maßnahmen haben begrenztes Potential, Spannbreiten groß
 - Oft co-benefits
- Sozial, Lokalklima, Biodiversität → nachhaltig!

→ Reduktion der fossilen Emissionen als oberste Priorität

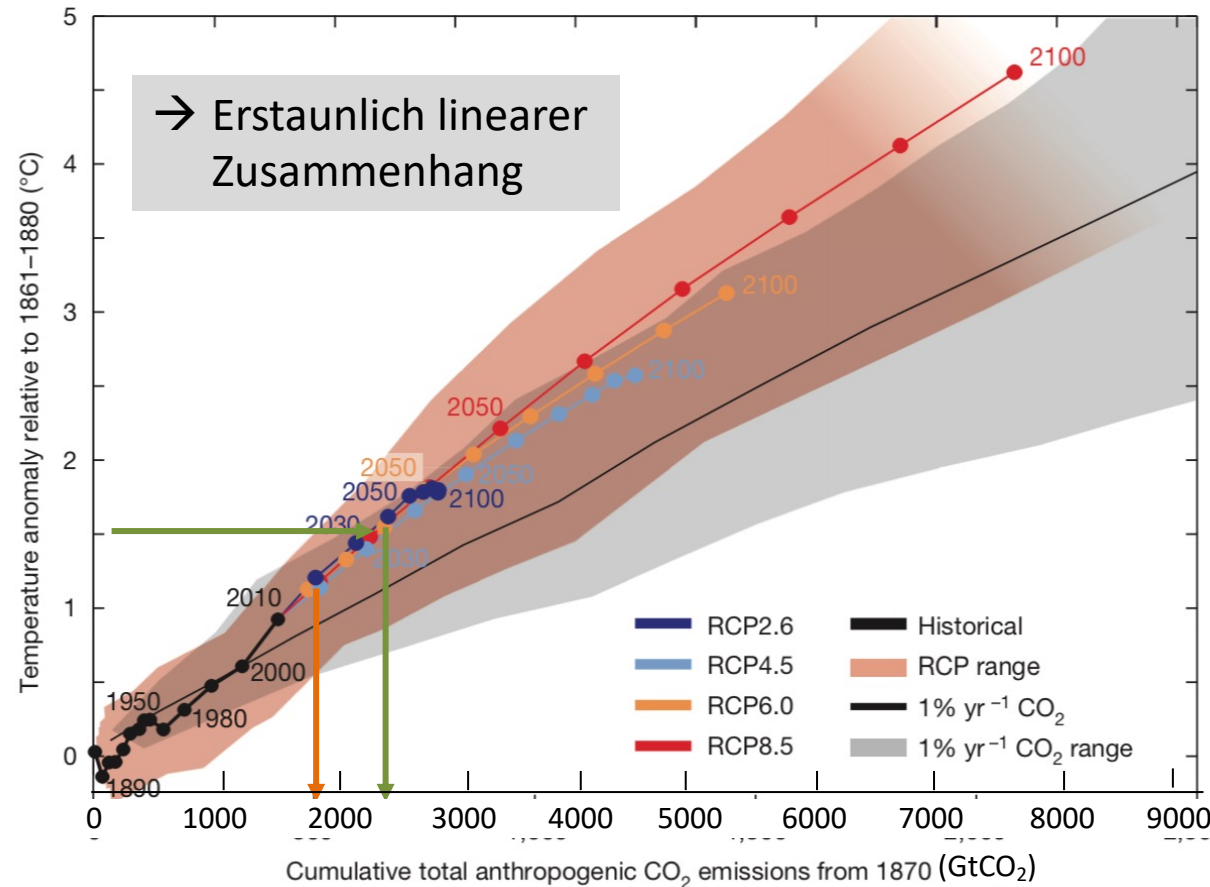
→ Portfolio aus Maßnahmen (terrestrischen, ozeanischen, technischen) zur Erreichung nennenswerter Potentiale und zur Risikoverteilung empfehlenswert

Heute:

1. Der Kohlenstoffkreislauf und seine Störung durch den Menschen
2. Genauerer Blick auf die menschengemachten Emissionen
- 3. Hindernisse auf dem Weg zu Netto-Null**

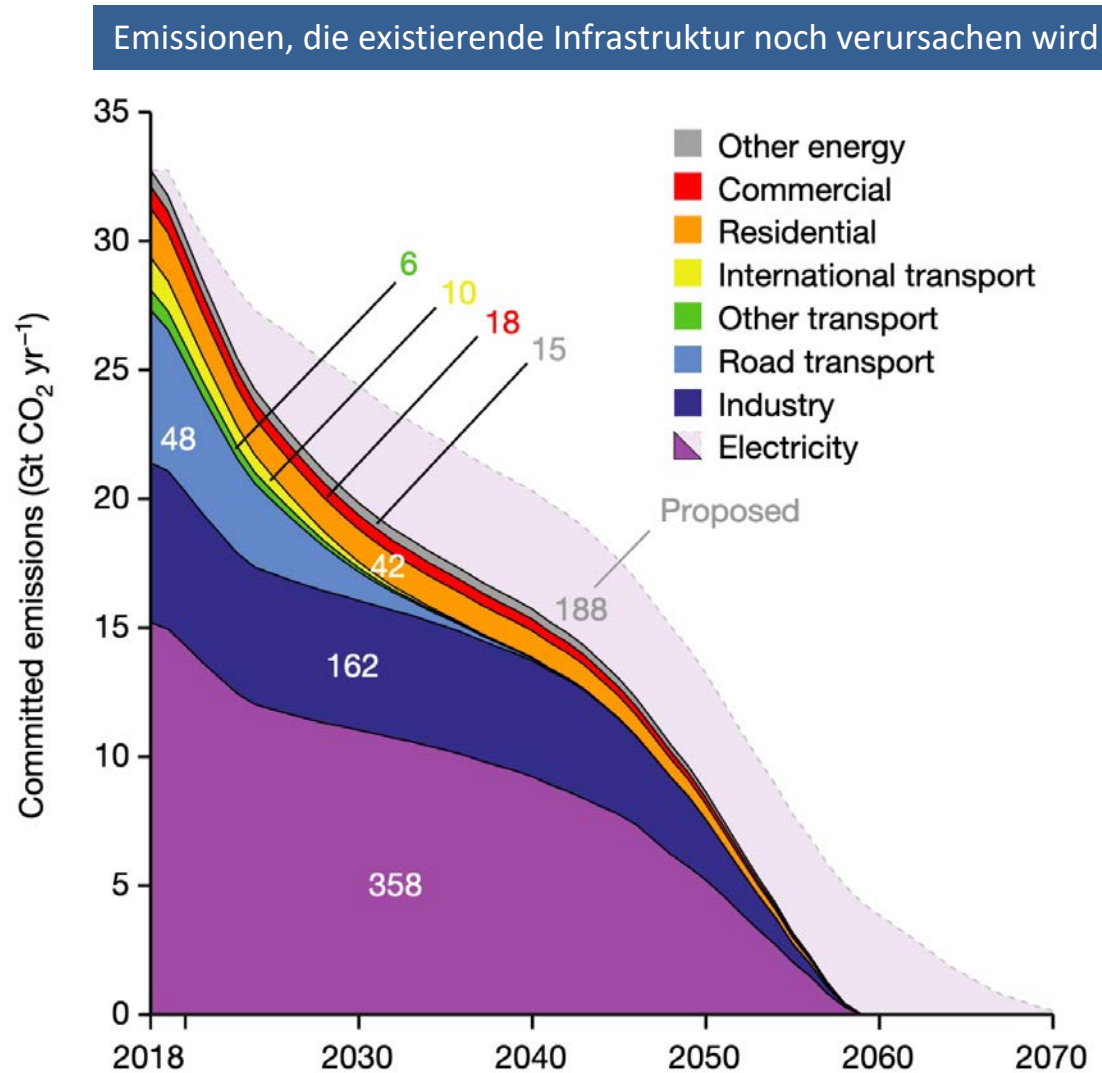
Woher wissen wir, wieviel wir noch emittieren dürfen?

Globale Mitteltemperatur gegen kumulative Emissionen (seit 1870)



Noch ~400 GtCO₂ erlaubt (schon knapp 2000 emittiert)

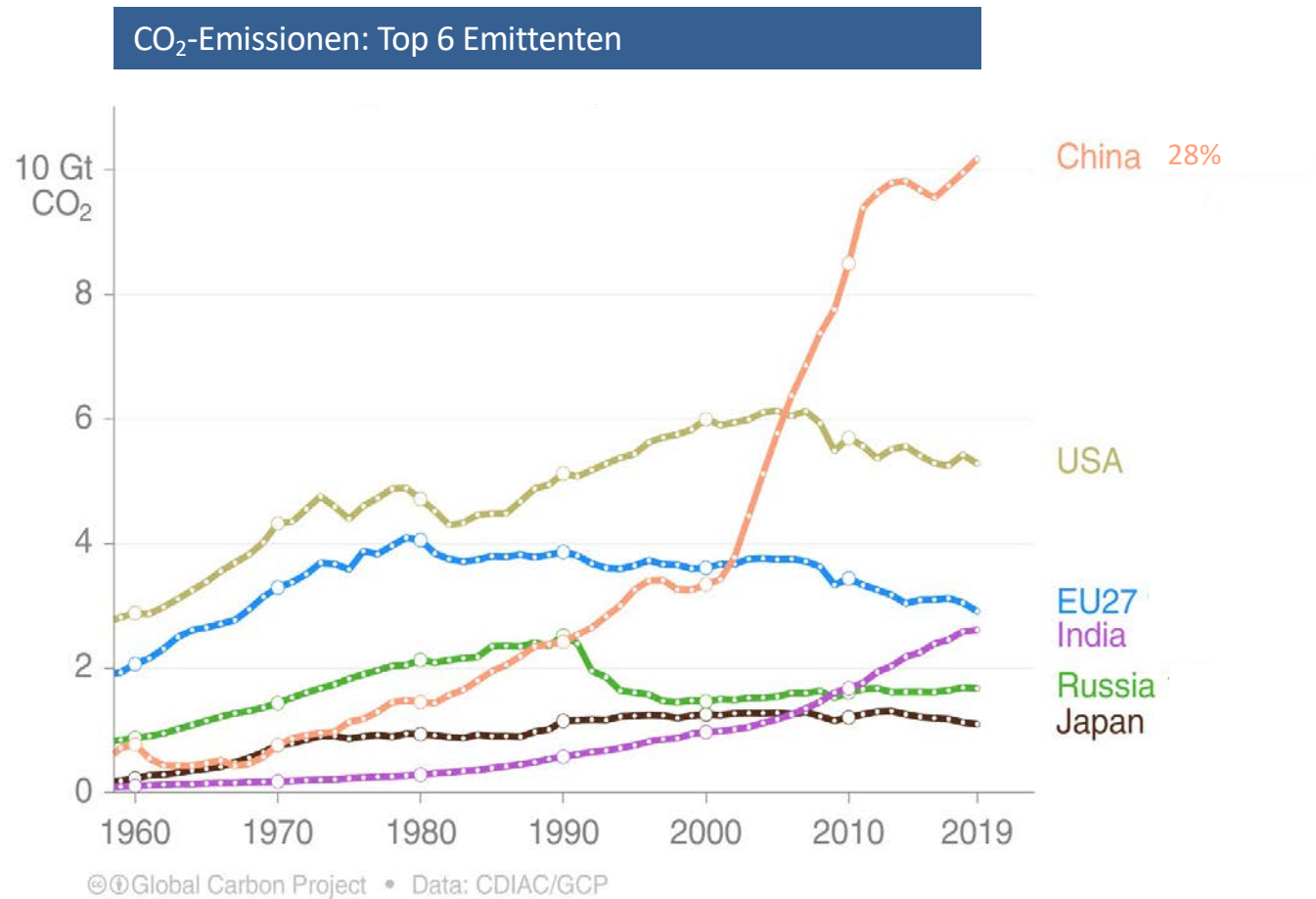
Zu wie viel haben wir uns schon verpflichtet?



→ Existierende Infrastruktur emittiert bis zum Ende ihrer Lebenszeit 850 GtCO₂ !

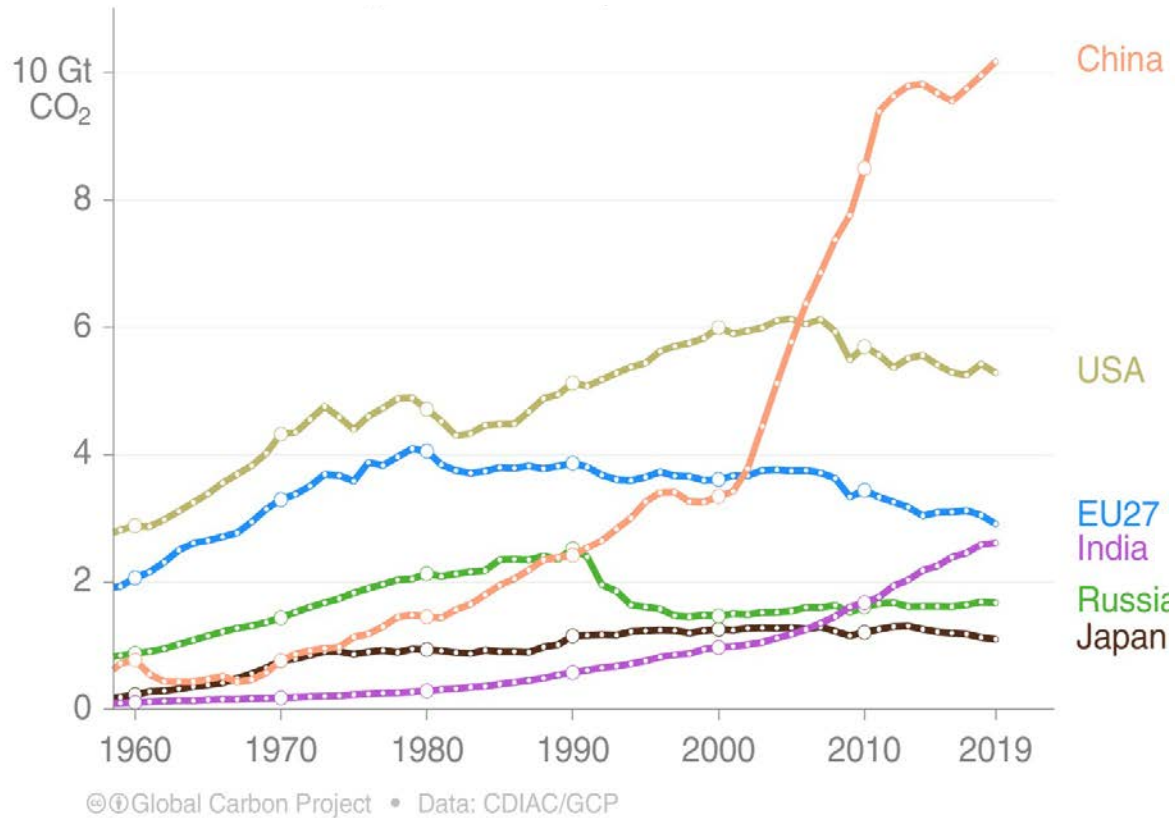
→ Vorzeitiges Abschalten oder "Negativemissions"-technologien nötig

Wer emittiert?

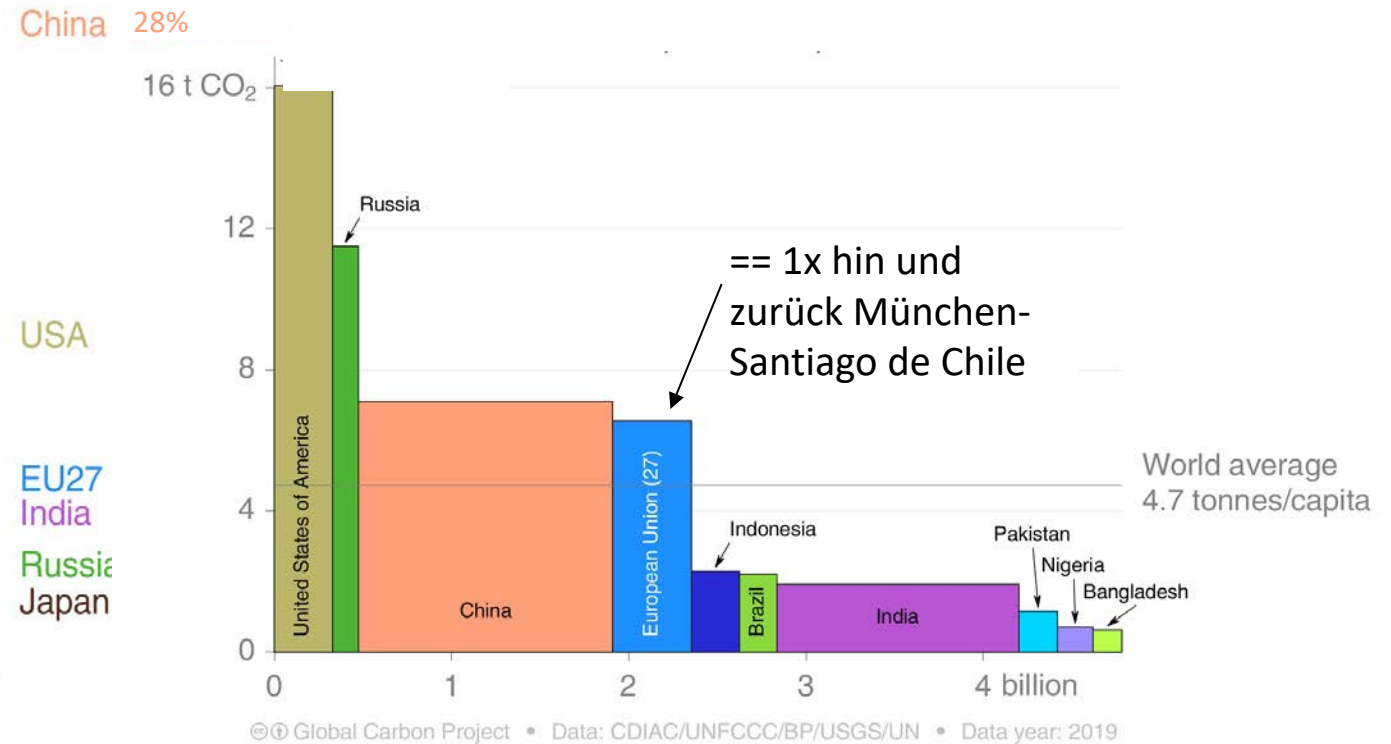


Wer emittiert?

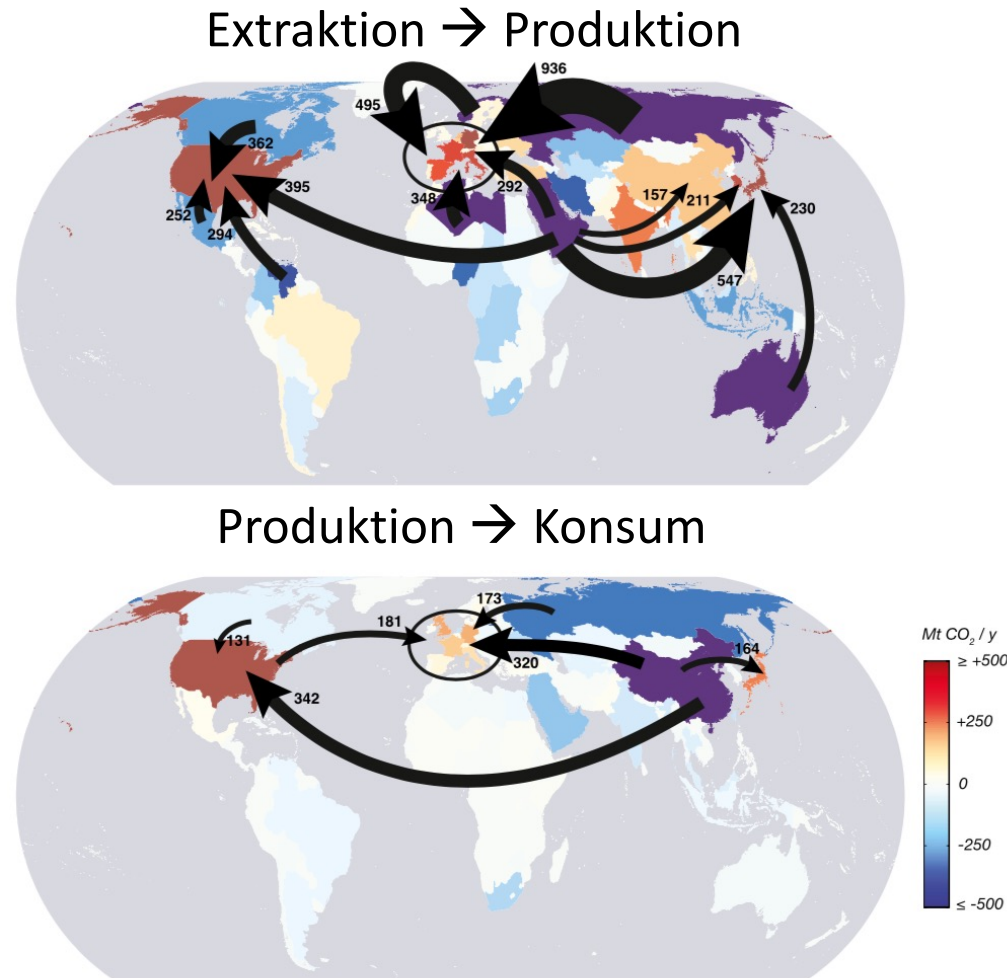
CO₂-Emissionen: Top 6 Emittenten



Pro-Kopf-CO₂-Emissionen: Bevölkerungsreichste Staaten



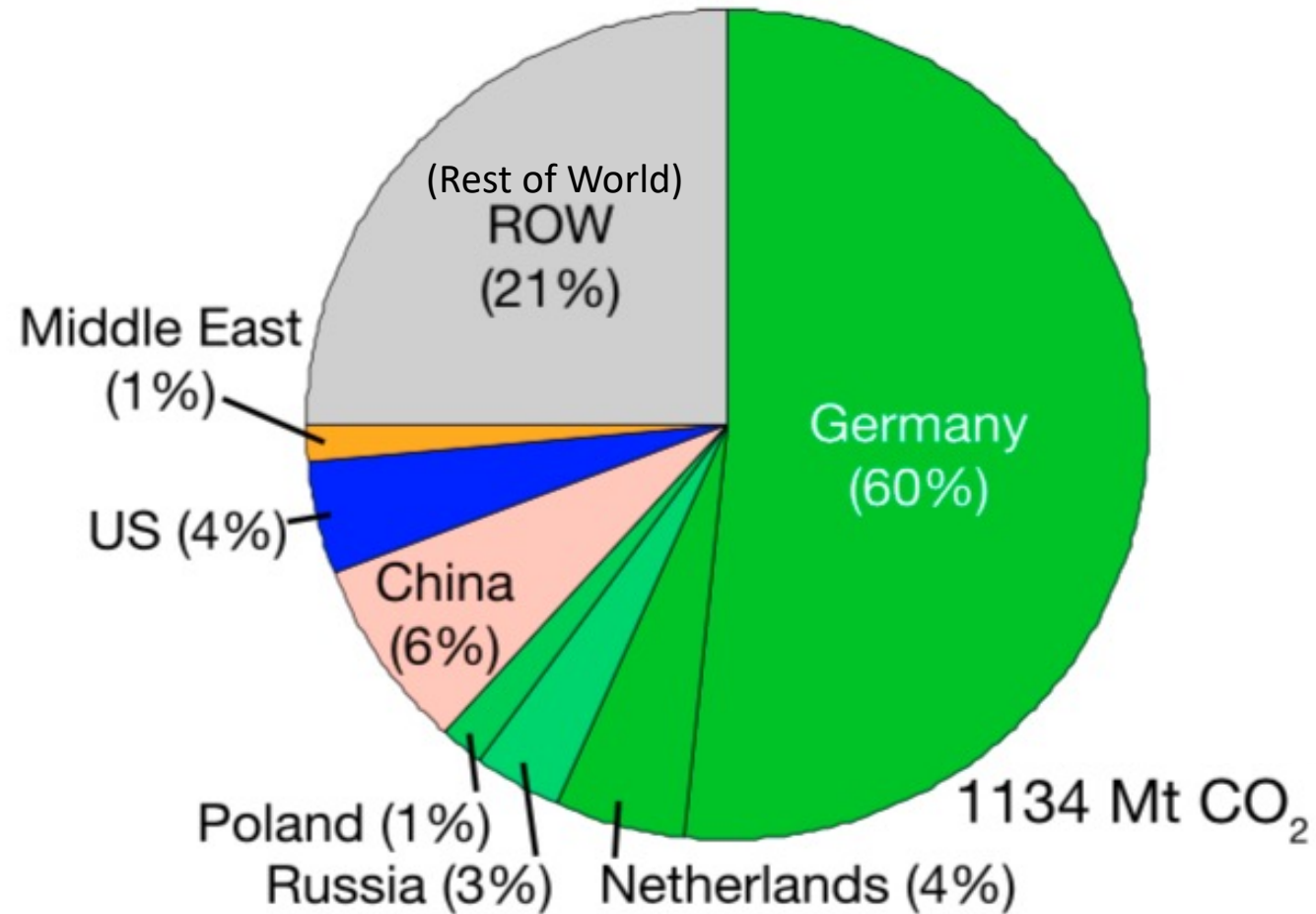
Wer emittiert?



Derzeit: “Production-based accounting”
→ Attribution zu Land, in dem fossile Energieträger verbrannt werden.

Wer emittiert?

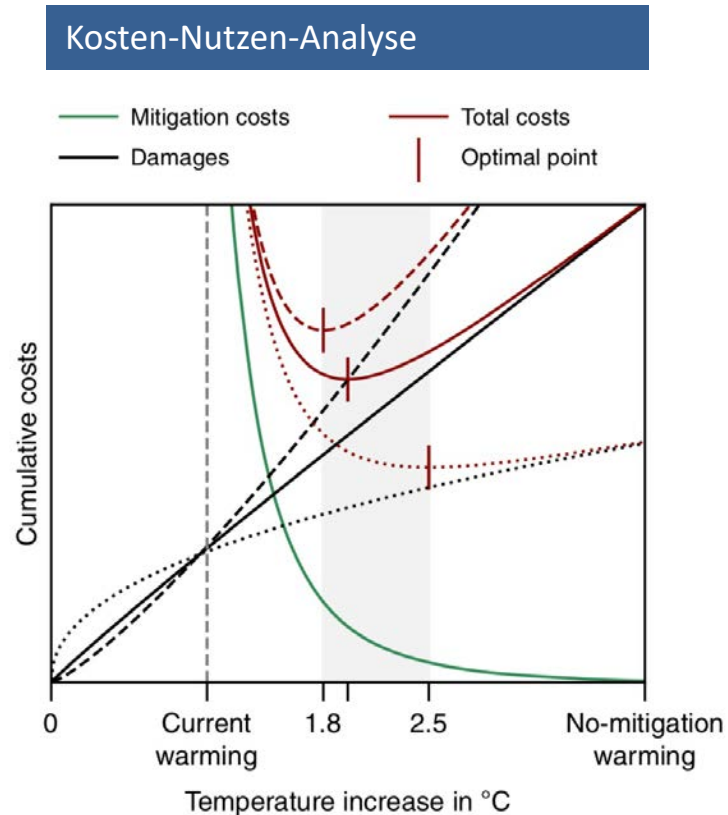
Aufteilung der Emissionen aus Konsum
nach Region der Produktion



Können wir uns die Klimaziele nach Covid-19 noch leisten?

Mitigationskosten
relativ günstig,
solange man nicht
gar keinen weiteren
Klimawandel zulässt

Kosten für Schäden
steigen stark mit
Klimawandel



→ Es gibt einen optimalen Punkt geringster **Gesamtkosten**
→ Er liegt global bei etwa 2°C!

Covid-19 Stimulus in Relation:

- Mehr als \$12 Billionen Covid-19 Stimulus weltweit.
- \$1,4 Bio/Jahr 2020-24 benötigt um Energiesektors für 1,5°C-Ziel umzugestalten

Zusammenfassung

Auch persönlich ansetzen, um CO₂-Emissionen zu senken?

