

# Gliederung

## Einführung & Überblick

- MPG & MPIC, Erdsystemforschung & Anthropozän
- Kritischer Rationalismus & offener Diskurs in der Wissenschaft:  
*Open Access, Open Science, Epistemic Web/Epistemisches Netz*

## Luftqualität & Gesundheitsschutz

- Feinstaub, Ozon, Stickoxide: Lebenserwartung & Allergien
- Masken & Lüften in und jenseits von Pandemien

## Globale Erwärmung & Klimaschutz

- Natürlicher & anthropogener Klimawandel
- Gesellschaftliche & individuelle Beiträge

## Zukunftsperspektiven im Anthropozän

- Herausforderungen & Lösungsansätze

# Klimaforschung: Entwicklung & Diskurs

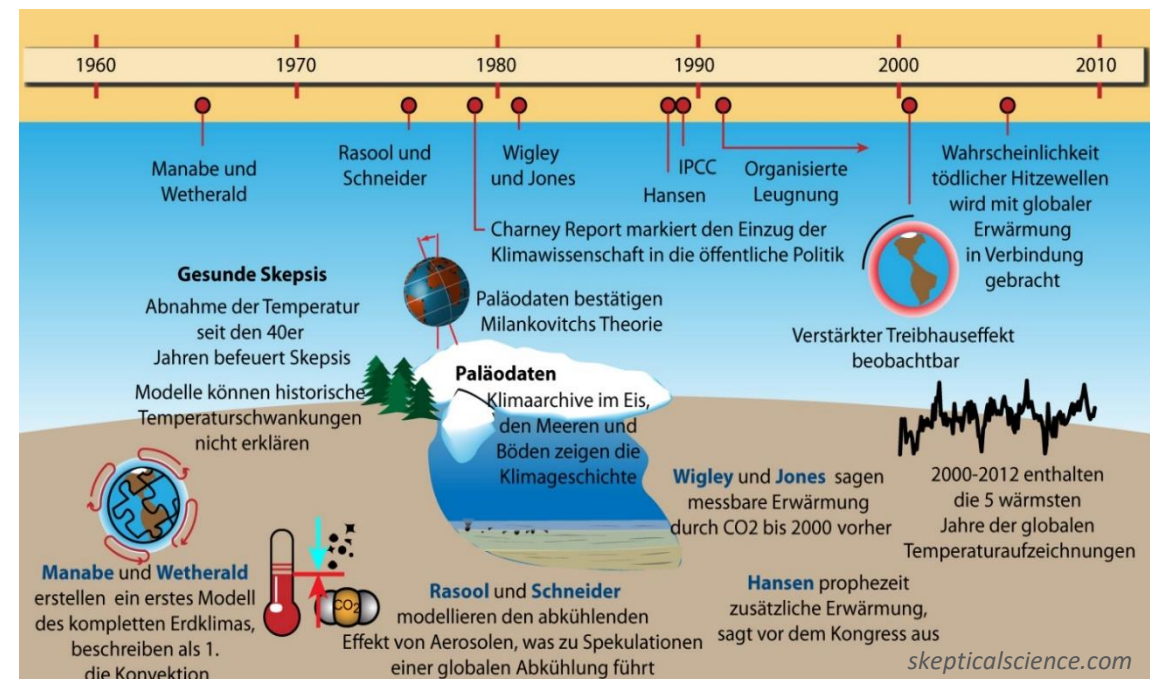
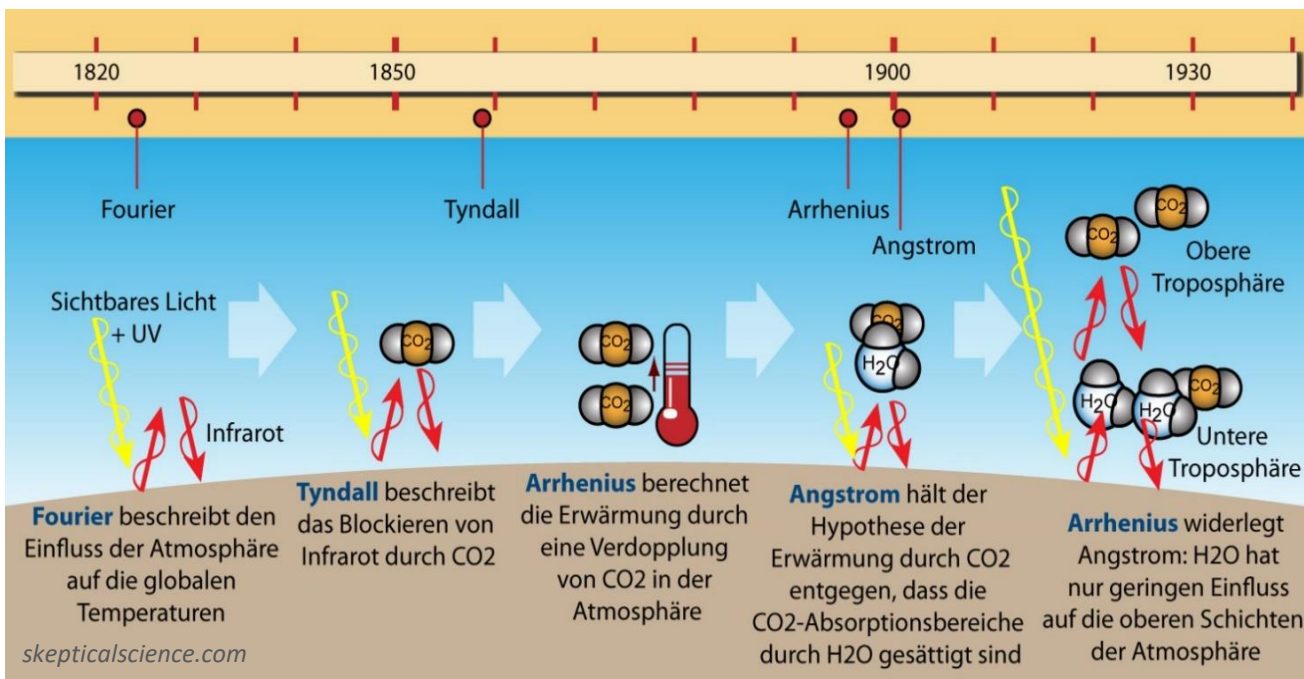
**frühes 19.-20. Jahrhundert: Treibhauseffekt** (*Fourier 1824*) & **Temperaturzunahme mit CO<sub>2</sub>** (*Arrhenius\* 1896: +5 °C/2xCO<sub>2</sub>*), Eiszeitzyklen & Eis-Albedo-Rückkopplung (*Croll 1864*), Solarstrahlung & Erdbahnparameter (*Milankovic 1920*); Strahlung (*Kirchhoff 1859, Stefan-Boltzmann 1885/1879, Wien\* 1893, Planck\* 1900 → Quanten*), Ozon (*Chapman 1930*)

**seit 1950er: globaler Kohlenstoffkreislauf & CO<sub>2</sub>-Anreicherung** (*Revelle, Suess, Bolin, Keeling et al.*)

*\* Nobelpreisträger*

**seit 1960er: Klimamodellentwicklung** (*Manabe\*, Wetherald, Hasselmann\* et al.*)

**seit 1980er: wissenschaftliche Vorhersagen & Bestätigung:** globale Erwärmung/(Paläo)Klimadaten, Ozonloch/FCKW etc. (*Charney, Hansen, Houghton, Crutzen\*, Molina\*, Rowland\* et al.*); **politische Diskussion um Begrenzung & Anpassung:** staatl. Institutionen (*IPCC*); wirtschaftl. Interessengruppen (*Energie, Chemie*); **Lobbying & Desinformation** (*Merchants of Doubt*)

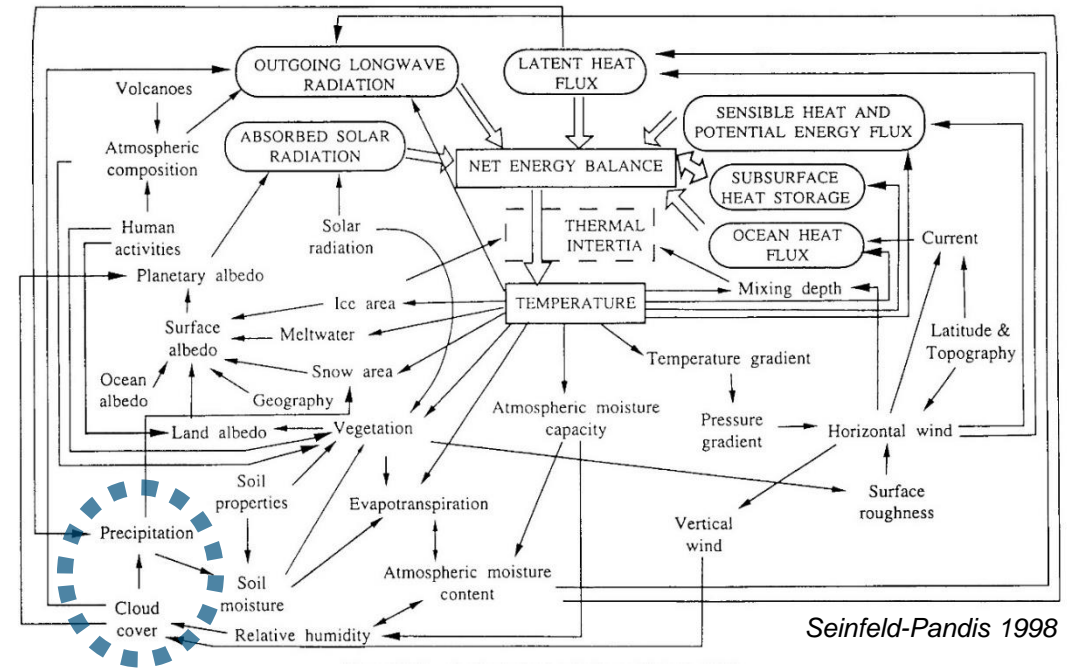
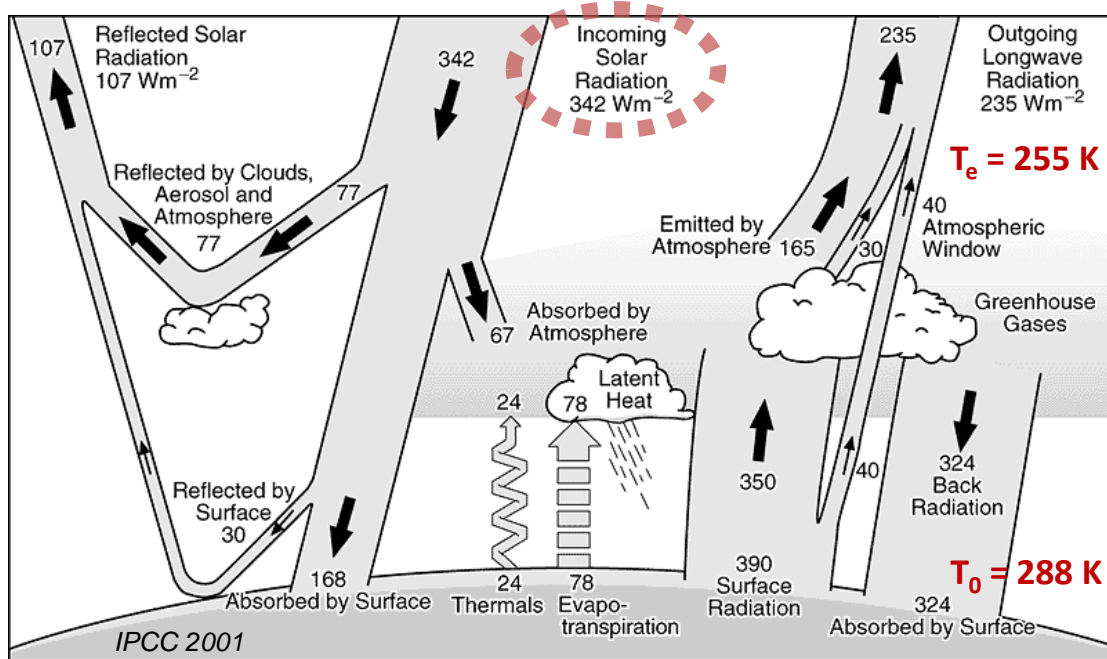


# Klimaforschung: Herausforderungen

**Material:**  $\sim 6 \times 10^{23} \approx 1.000.000.000.000.000.000.000.000$  **Atome/Moleküle** in 1 Mol bzw. wenigen Gramm (z.B. 18 g H<sub>2</sub>O); Labor- & Feldexperimente nur finanziell limitiert

**Gesundheit:** hohe Komplexität (Mensch-Umwelt);  $\sim 8$  Milliarden  $\approx 10^{10} = 10.000.000.000$  **Menschen** (plus Mikroben, Pflanzen, Tiere ...); Laborexperimente, klinische & epidemiologische Studien nur ethisch & finanziell limitiert

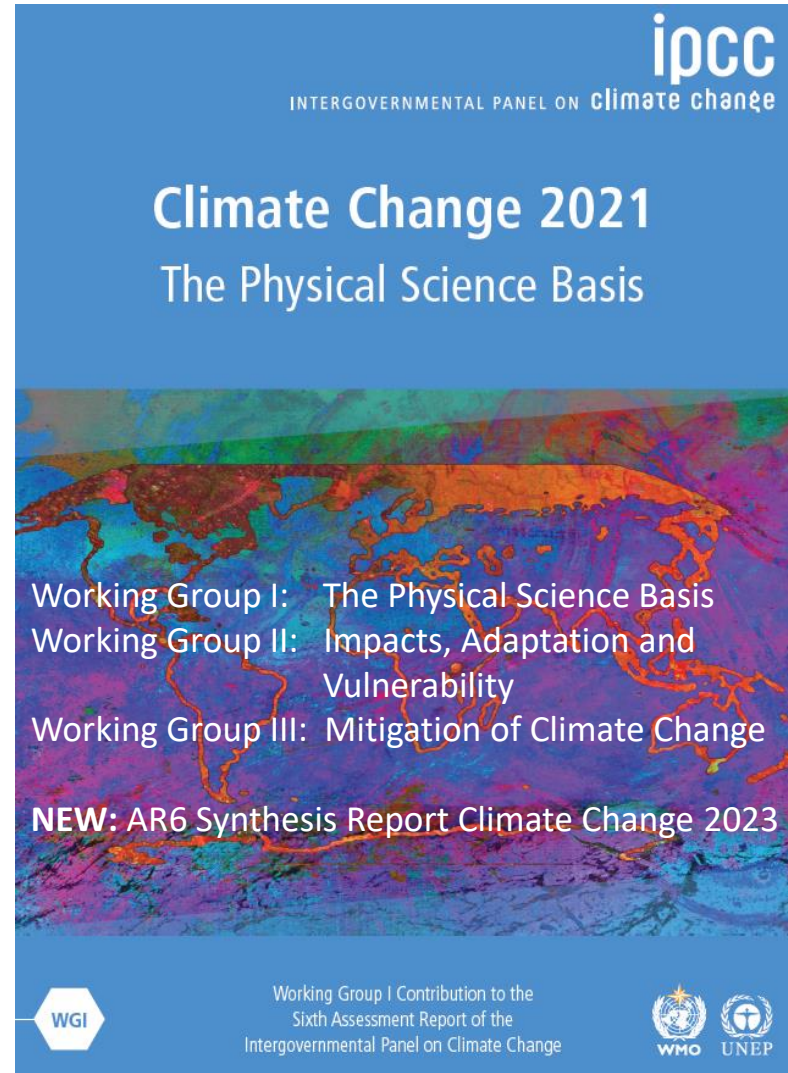
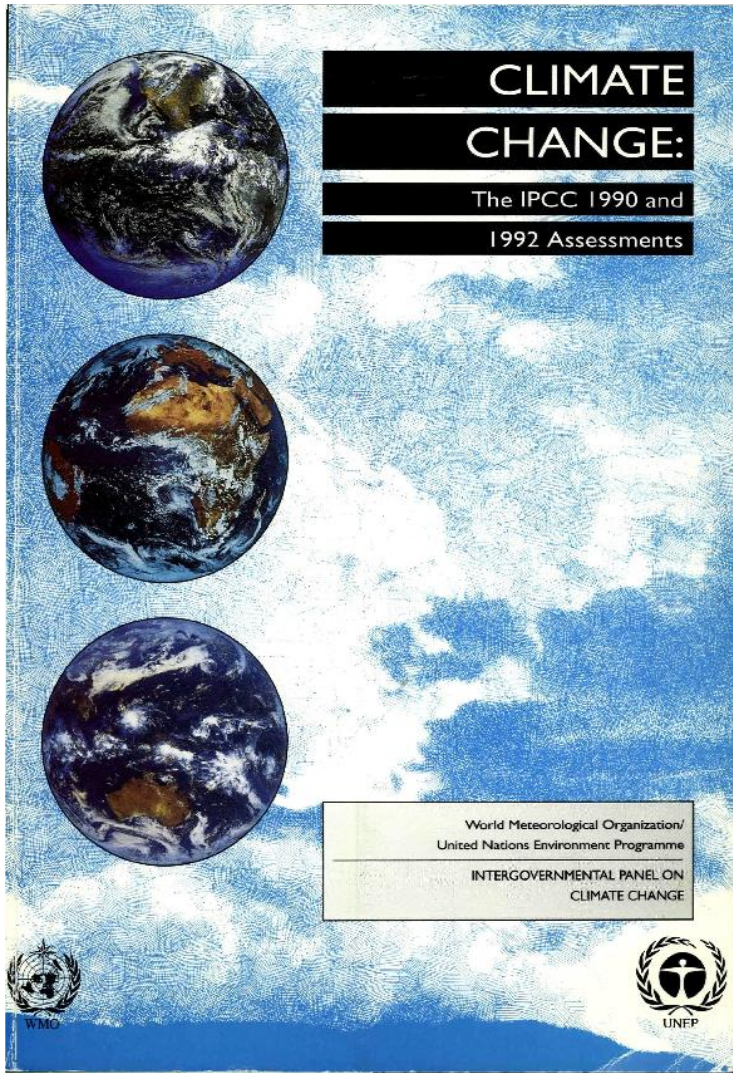
**Klima-/Erdsystem:** hohe Komplexität (Anthropo-/Technosphäre-Atmosphäre-Bios.-Hydros.-Lithos.-Sonne ...); **1 Planet** Erde (plus Mars, Venus ...); **kein Planet B**, Labor- & Feldexperimente nur mit Teilelementen des Systems, dafür umfassende erdhistorische & globale Messdaten & Modellrechnungen (Treibhausgase, Aerosole, C/N-Kreislauf, Zirkulation, Strahlung ...)



**Treibhauseffekt/Strahlungsantrieb:** voll erfasst & quantifiziert

**Rückkopplungen:** manche Details weniger genau erfasst (Wolken)

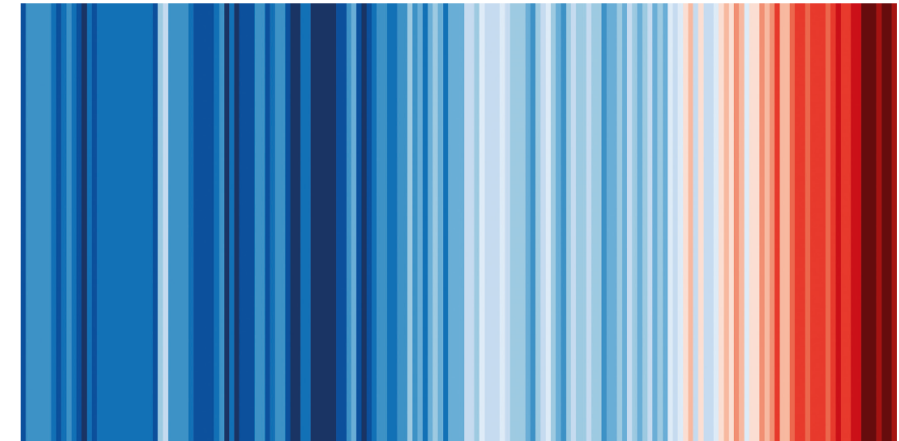
# Klimawandel: Stand des Wissens



## Was wir heute übers Klima wissen

Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft unumstritten sind

Stand: September 2022



herausgegeben von:  
Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst,  
Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative, klimafakten.de

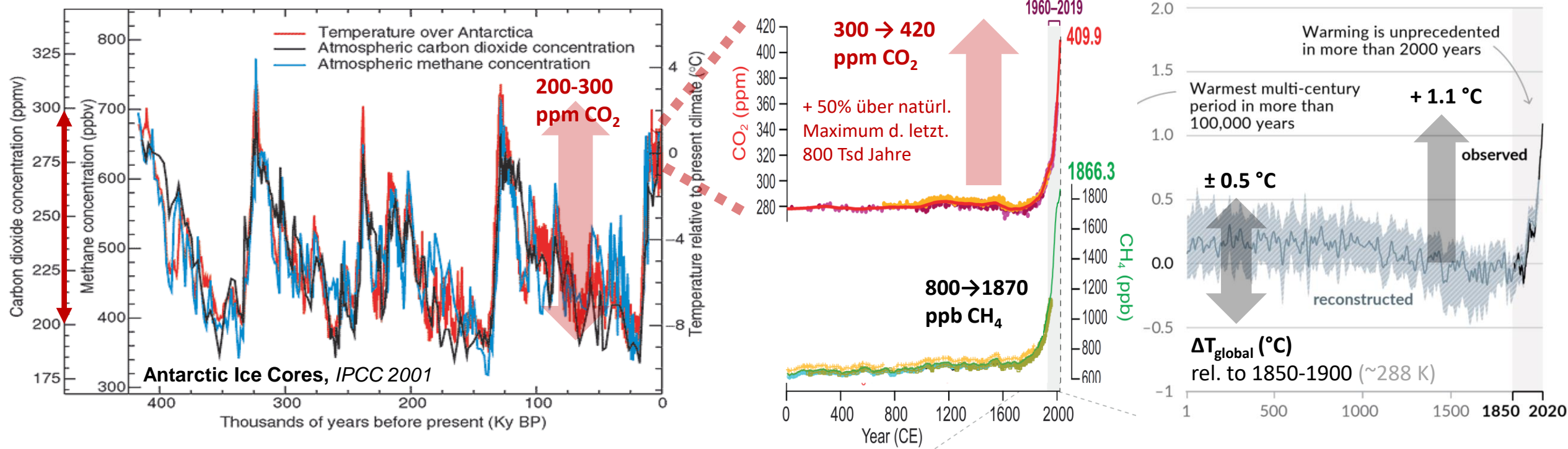


**Weltklimarat/Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), WMO/UNEP,**  
Assessment Reports 1-6, 1990-2023, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch); [unfccc.int](http://unfccc.int)

**Deutsches Klima-Konsortium (DKK),** [www.deutsches-klima-konsortium.de](http://www.deutsches-klima-konsortium.de)

[www.klimafakten.de](http://www.klimafakten.de); [climate.nasa.gov](http://climate.nasa.gov) ...

# Klimawandel & Erdgeschichte



**Eiszeit-Zyklen**, ~800 Tsd Jahre: enge Kopplung  $\Delta T$  & CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>, natürliche Schwankung **200-300 ppm CO<sub>2</sub>**; **300-800 ppb CH<sub>4</sub>**; ausgelöst durch nat. Faktoren: Erdbahnparameter (*Milankovic Zyklen*), Sonnenaktivität, Vulkanismus

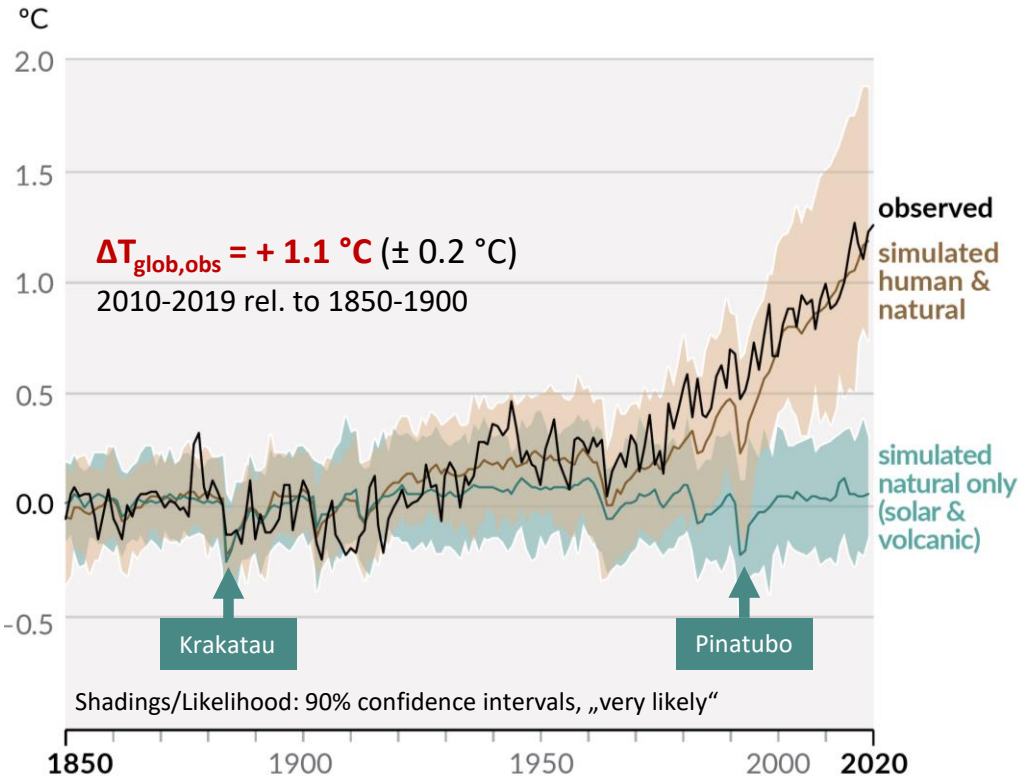
**Holozän**, ~10 Tsd Jahre: Entwicklung menschl. Zivilisation, stabiles Klima:  $\Delta T_{\text{glob}} < 0.5 \text{ °C}$ ; **~300 ppm CO<sub>2</sub>**; **~800 ppb CH<sub>4</sub>**

**Anthropozän**, ~200 Jahre: starke Emissionen von Treibhausgasen (THG) aus fossilen Brennstoffen & Landwirtschaft, rapide Klimaänderung mit THG-Konzentrationen weit außerhalb der natürlichen Schwankungsbreite:

$\Delta T_{\text{glob}} > 1 \text{ °C}$ ; **> 400 ppm CO<sub>2</sub>** (natürlicher Maximalwert + **50%**), **> 1800 ppb CH<sub>4</sub>** (natürlicher Maximalwert + **130%**)

# Anthropogener Klimawandel seit 1850

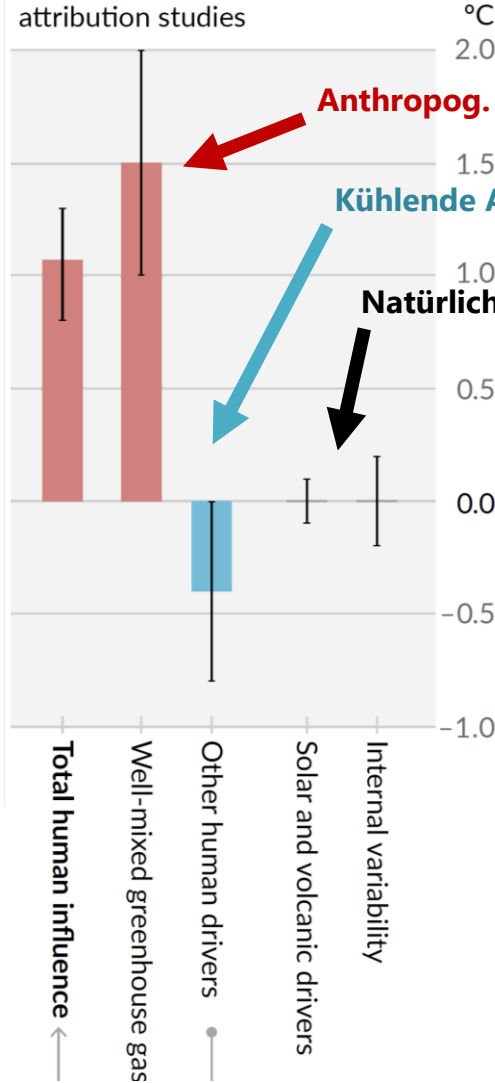
(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)



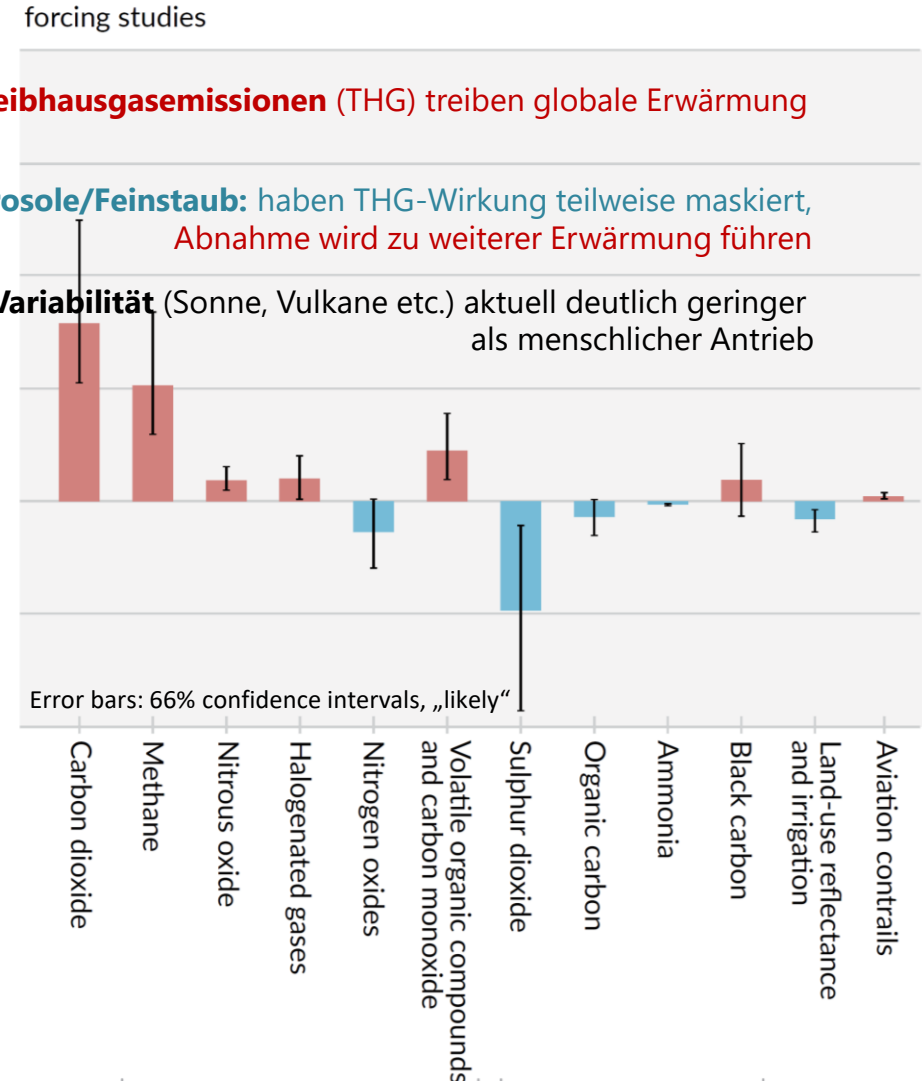
**Beobachteter Temperaturanstieg** durch menschlichen Einfluss erklärbar (THG).

**Natürliche Variabilität** (Sonne, Vulkane) deutlich geringer: *Pinatubo* 1991, *Krakatau* 1883, *Tambora* 1815 („Jahr ohne Sommer“ 1816):  $\sim 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

(b) Aggregated contributions to 2010–2019 warming relative to 1850–1900, assessed from attribution studies

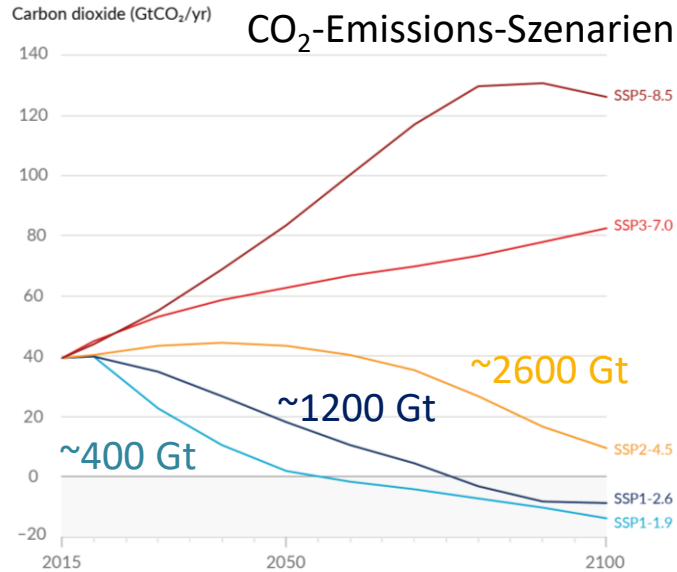


(c) Contributions to 2010–2019 warming relative to 1850–1900, assessed from radiative forcing studies

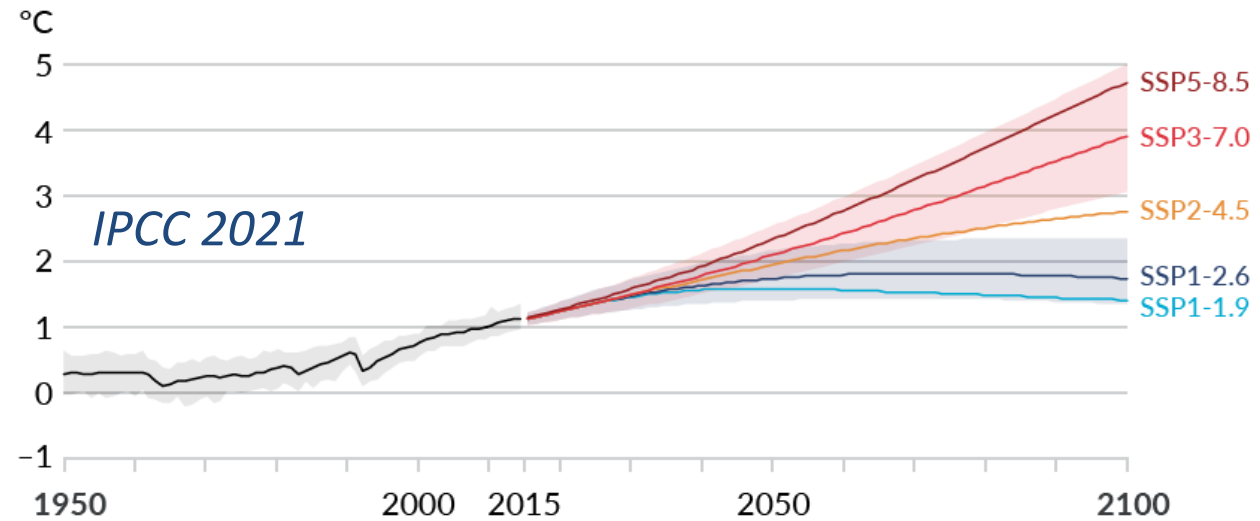


IPCC 2021

# Anthropogener Klimawandel bis 2100



(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900



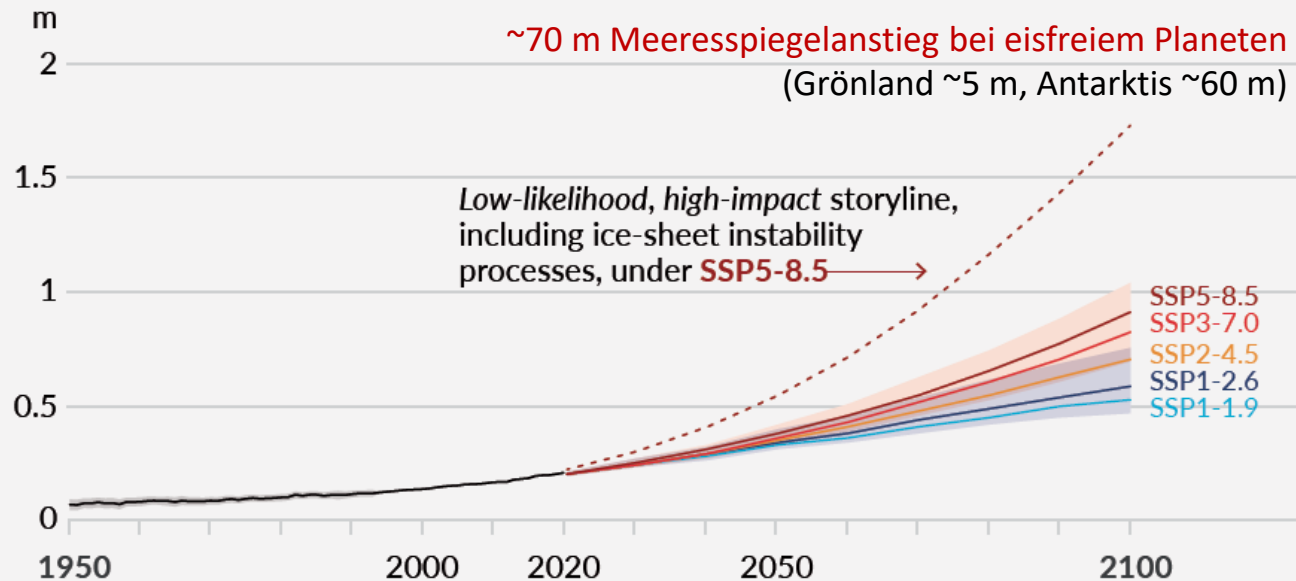
**Temperaturzunahme: 2-5 °C**

**Meeresspiegelanstieg: 0.5-1 m (2 m)**  
(2300: bis ~5 m, evtl. > 15 m)

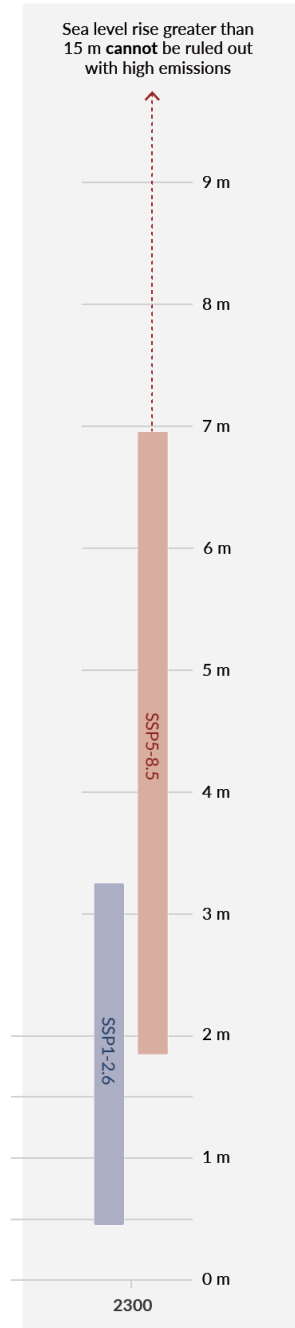
**Nur bei sofortiger Bremsung** der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind Erwärmung & Meeresspiegelanstieg global unter **~2 °C** bzw. **~0.5 m haltbar**

**Höhere Zunahme brächte viel höhere Risiken** (Kippelemente ...)

(d) Global mean sea level change relative to 1900



(e) Global mean sea level change in 2300 relative to 1900



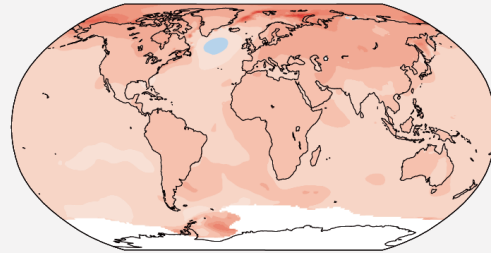
# Klimawandel: Temperaturverteilung

(a) Annual mean temperature change (°C) at 1°C global warming

Warming at 1°C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

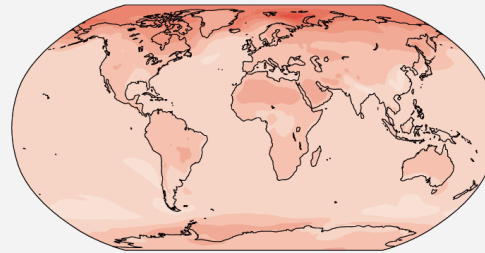
## Beobachtung

Observed change per 1°C global warming



## Simulation

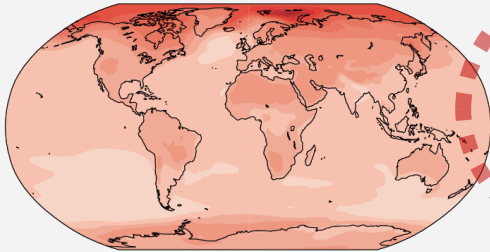
Simulated change at 1°C global warming



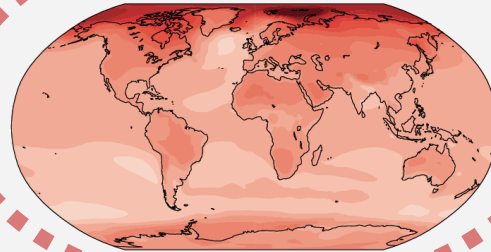
(b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850–1900

Across warming levels, land areas warm more than ocean areas, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

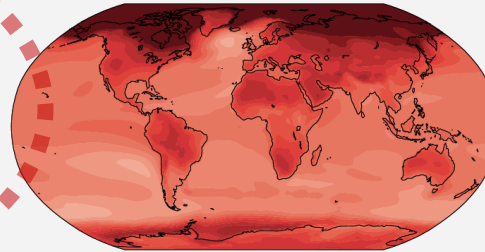
Simulated change at 1.5°C global warming



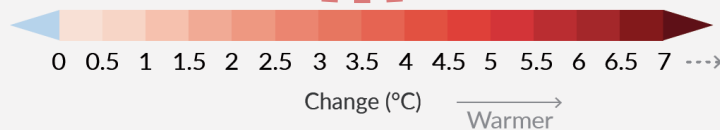
Simulated change at 2°C global warming



Simulated change at 4°C global warming



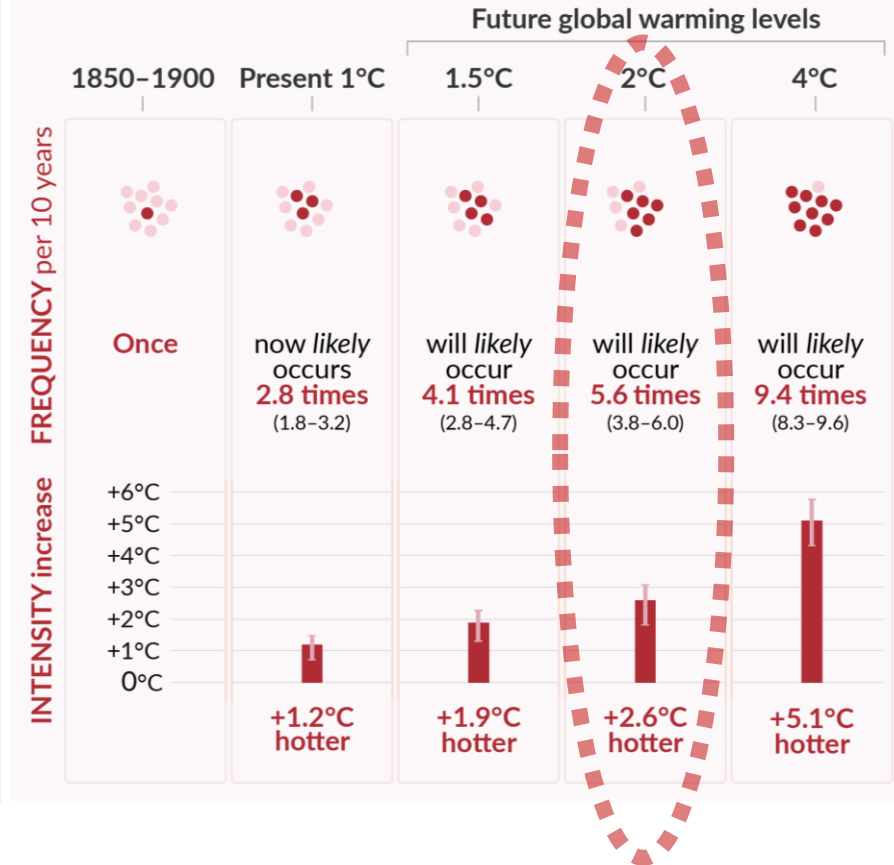
IPCC 2021



→ visualization with movies etc.: [climate.nasa.gov](https://climate.nasa.gov) ...

## 10-year event

Frequency and increase in intensity of extreme temperature event that occurred once in 10 years on average in a climate without human influence



## Regionale Unterschiede

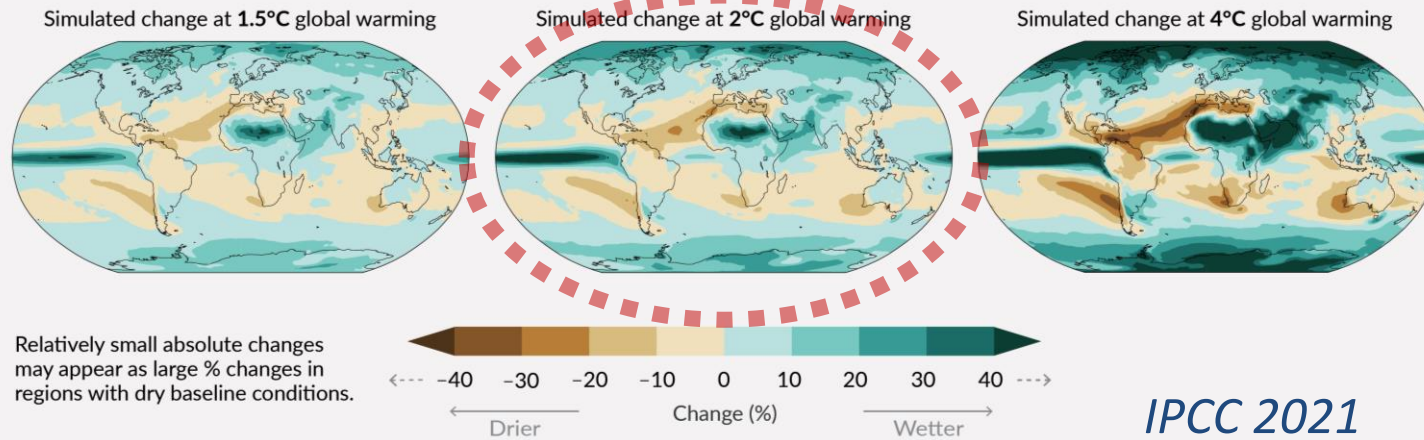
- Simulationen entsprechen Beobachtungen, stärkere Erwärmung über **Land & Polarregionen** → *Biodiversität, Permafrost ...*
- weitere lokale/regionale Erhöhungen durch **Hitzewellen & urbane Hitzeinseln (bis +10°C)** → *Gesundheit, Siedlungsräume, Migration ...*



# Klimawandel: Niederschlag & Bodenfeuchte

(c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850–1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

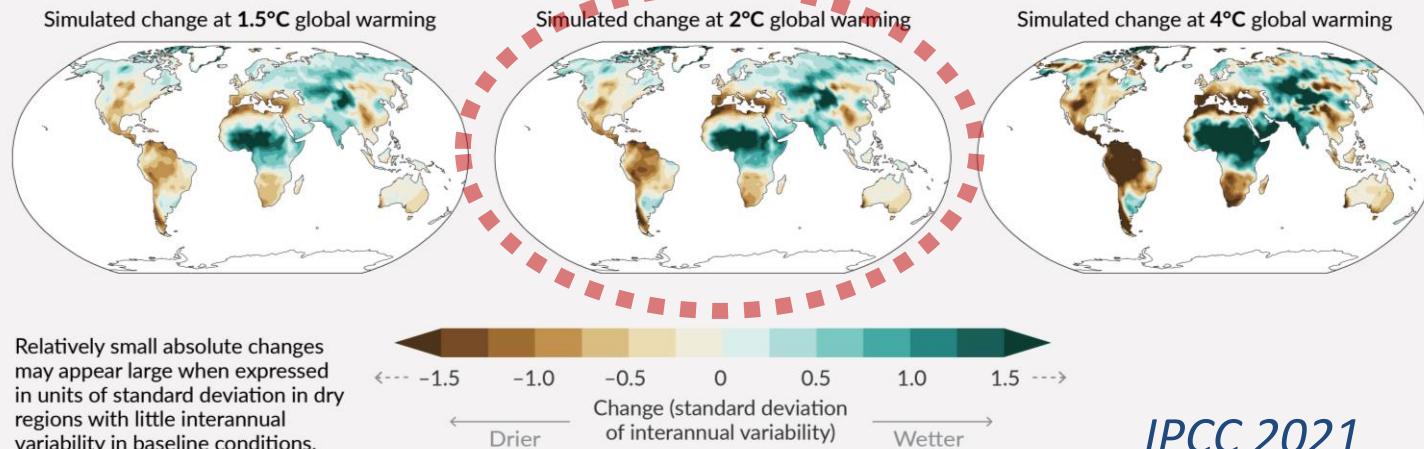


Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions.

IPCC 2021

(d) Annual mean total column soil moisture change (standard deviation)

Across warming levels, changes in soil moisture largely follow changes in precipitation but also show some differences due to the influence of evapotranspiration.

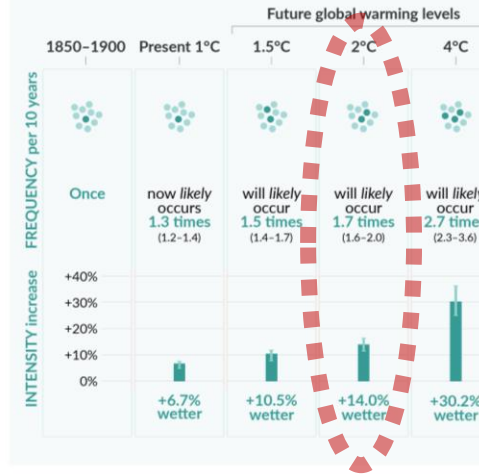


Relatively small absolute changes may appear large when expressed in units of standard deviation in dry regions with little interannual variability in baseline conditions.

IPCC 2021

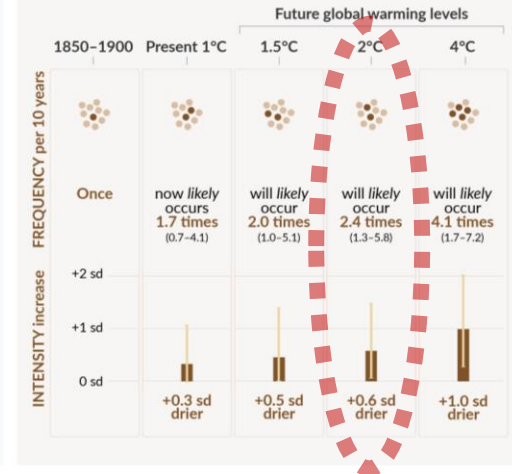
## Heavy precipitation over land 10-year event

Frequency and increase in intensity of heavy 1-day precipitation event that occurred once in 10 years on average in a climate without human influence



## Agricultural & ecological droughts in drying regions 10-year event

Frequency and increase in intensity of an agricultural and ecological drought event that occurred once in 10 years on average across drying regions in a climate without human influence



## Starke regionale Veränderungen & Zunahme von Extremwetter-Ereignissen

Fokus: Mittelmeer, Amazonas, Sahara ...

Simulationen entsprechen Beobachtungen,

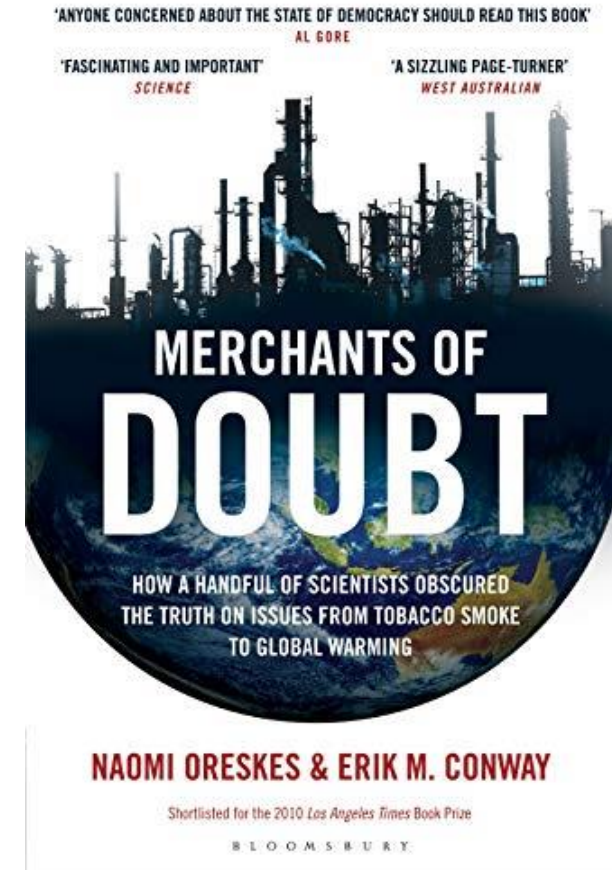
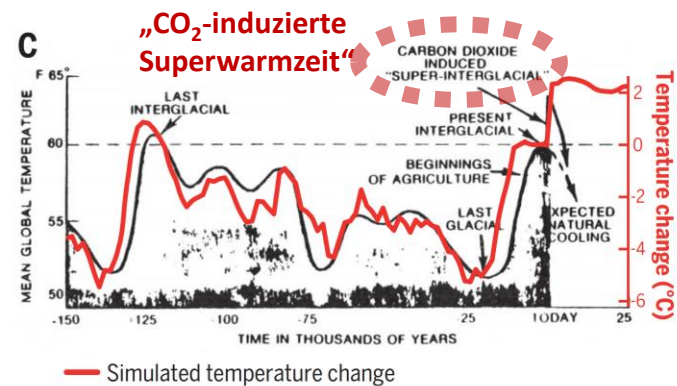
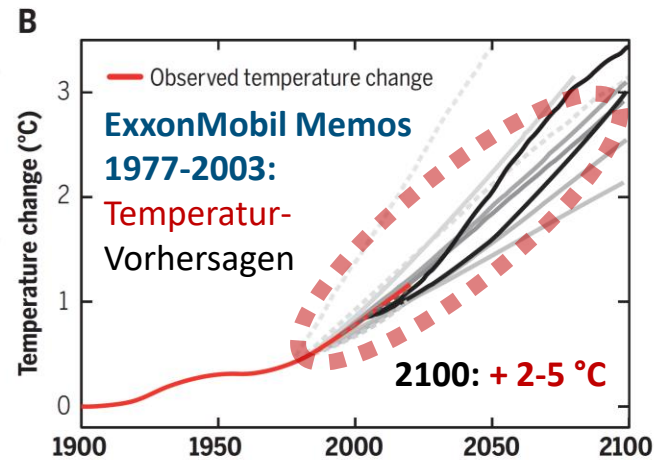
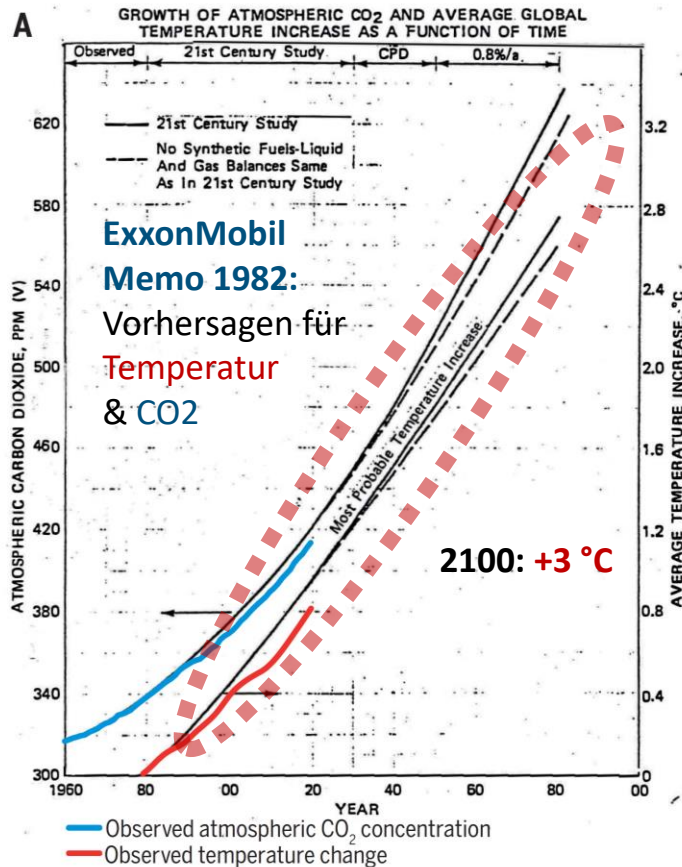
Zunahme von **Überflutungen & Dürren**:

Einfache Begründung (*Clausius-Clapeyron*):

wärmere Luft kann mehr Wasser aufnehmen & abgeben (~7% pro Grad Celsius)

→ existentielle Bedrohungen für Landwirtschaft, Siedlungsräume (Ahrtal, Treffen) ...

# Klimawandel: Leugner & Merchants of Doubt



**ExxonMobil** & andere Energieunternehmen wussten bereits sehr früh wohin die Reise geht (seit 1970er/1980er). Dennoch veröffentlichten sie anderslautende Stellungnahmen und unterstützten pseudo-wissenschaftliche & politische Leugner des Klimawandels bzw. des tatsächlichen Wissensstandes bis in die Gegenwart. **RWE-Rechtsvertreter 2006**: „Ob es Klimaveränderungen geben wird, ist wissenschaftlich nicht bewiesen, Kausalzusammenhänge zwischen den einzelnen menschlichen Einflussnahmen auf die Umwelt und Klimaphänomene sind offen.“ Einige **Pseudo-Wissenschaftler (Merchants of Doubt)** und ihre Lobby-Netzwerke leugneten bzw. vernebelten den Wissenstand und wiss. Konsens sowohl bezüglich Klimawandel als auch bezüglich anderer politisch/regulatorisch wichtiger Zusammenhänge (**Ozonloch/FCKW, Rauchen/Krebs** ...).

# Klimawandel: Kernbotschaften

Die fünf Kerninfos zum [aktuellen] Klimawandel in nur 20 Worten<sup>1</sup>:

1. Er ist real.
2. Wir sind [die] Ursache.
3. Er ist gefährlich.
4. [Die] Fachleute sind sich einig.
5. Wir können noch etwas tun.

klimafakten.de [Anmerkungen UP]

<sup>1</sup>**Originalfassung** (A. Leiserowitz, Yale University):  
**It's real. It's us. Experts agree. It's bad. There's hope.**  
[besser weil kürzer & korrekter ohne bestimmte Artikel]

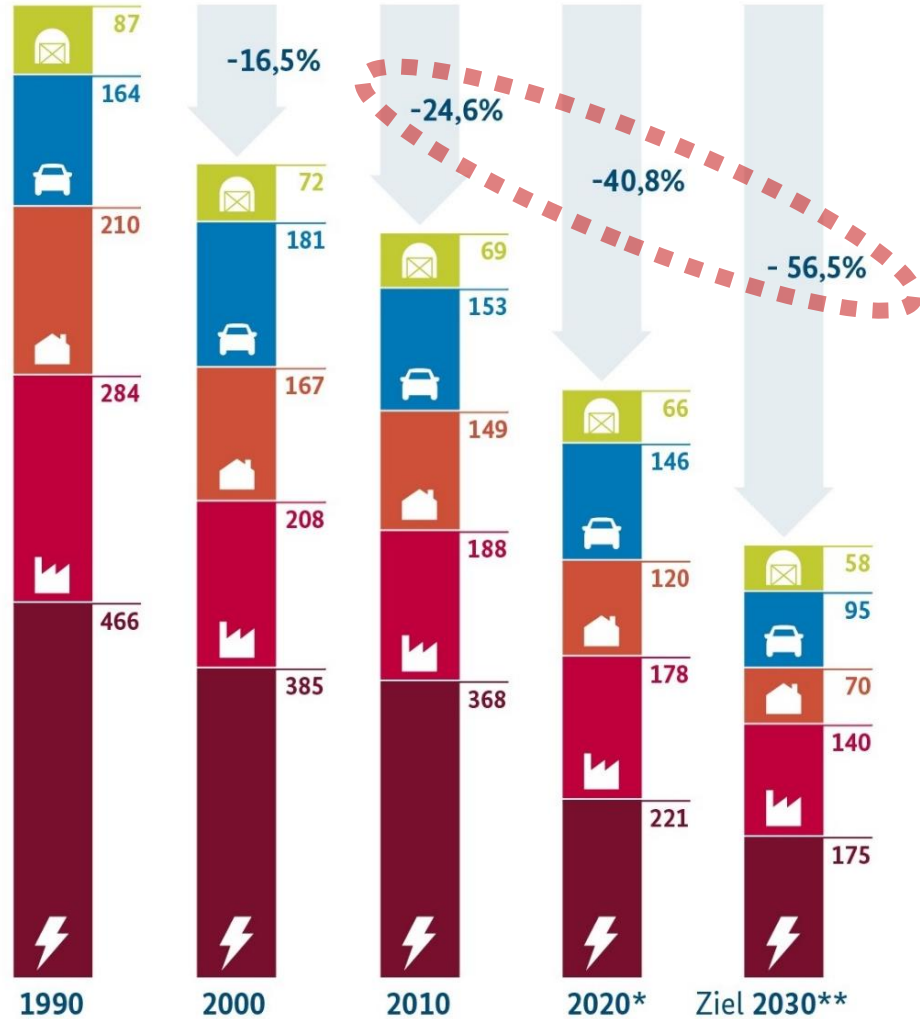
**Kurzfassung Gesellschaft & Politik** (IPCC, DKK, klimafakten.de)  
wissenschaftliche Erläuterung/Kommentierung [UP]:

- 1: aktuell & historisch, **durch Messdaten nachgewiesen:**  
 $\Delta T_{\text{glob}} > 1^\circ\text{C}$ ;  $\text{CO}_2 > 400 \text{ ppm}$  vs. 200-300 ppm über 800 Tsd. Jahre
- 2: aktuell, durch Messdaten & Modelle nachgewiesen,  
**keine plausible alternative Erklärung für Beobachtungen**
- 3: **Extremwetter** (Hitzewellen, Dürren, Sturmfluten) durch erhöhte Energie- & Wasser-Aufnahme/Abgabe der Atmosphäre,  
**Meeresspiegelanstieg** (2100: **0,5-2 m**) → **Migration**
- 4: **Konsens analog sonstige wiss.-techn. Fragen**; Ausreißer statist. normal, wiss. sinnvoll, prakt. irrelevant (Meinungsvielfalt siehe perpet. mobile etc.; [www.klimafakten.de/konsens](http://www.klimafakten.de/konsens); [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))
- 5: **Begrenzung & Anpassung: Mitigation**: THG-Emissionskürzung;  
**Adaptation**: Infrastruktur etc.; **Climate Geoengineering**: aufwend. Notlösungen mit teils unabsehbaren Nebenwirkungen (CDR/CCS, SRM etc.:  $\text{CO}_2$ -Entfernung, Aerosol- & Wolkenmodifikation ...)

Summary for Policymakers, IPCC Climate Change 2021, The Physical Science Basis;  
IPCC AR 1-6, 1990-2023, [ipcc.ch](http://ipcc.ch); DKK & [www.klimafakten.de](http://www.klimafakten.de), [climate.nasa.gov](http://climate.nasa.gov) ...

# Klimaschutz: Reduktion von Treibhausgas-Emissionen

**Deutschland 2021:** 760 Mio t (CO<sub>2</sub> Äq.), **-40%** (1990)



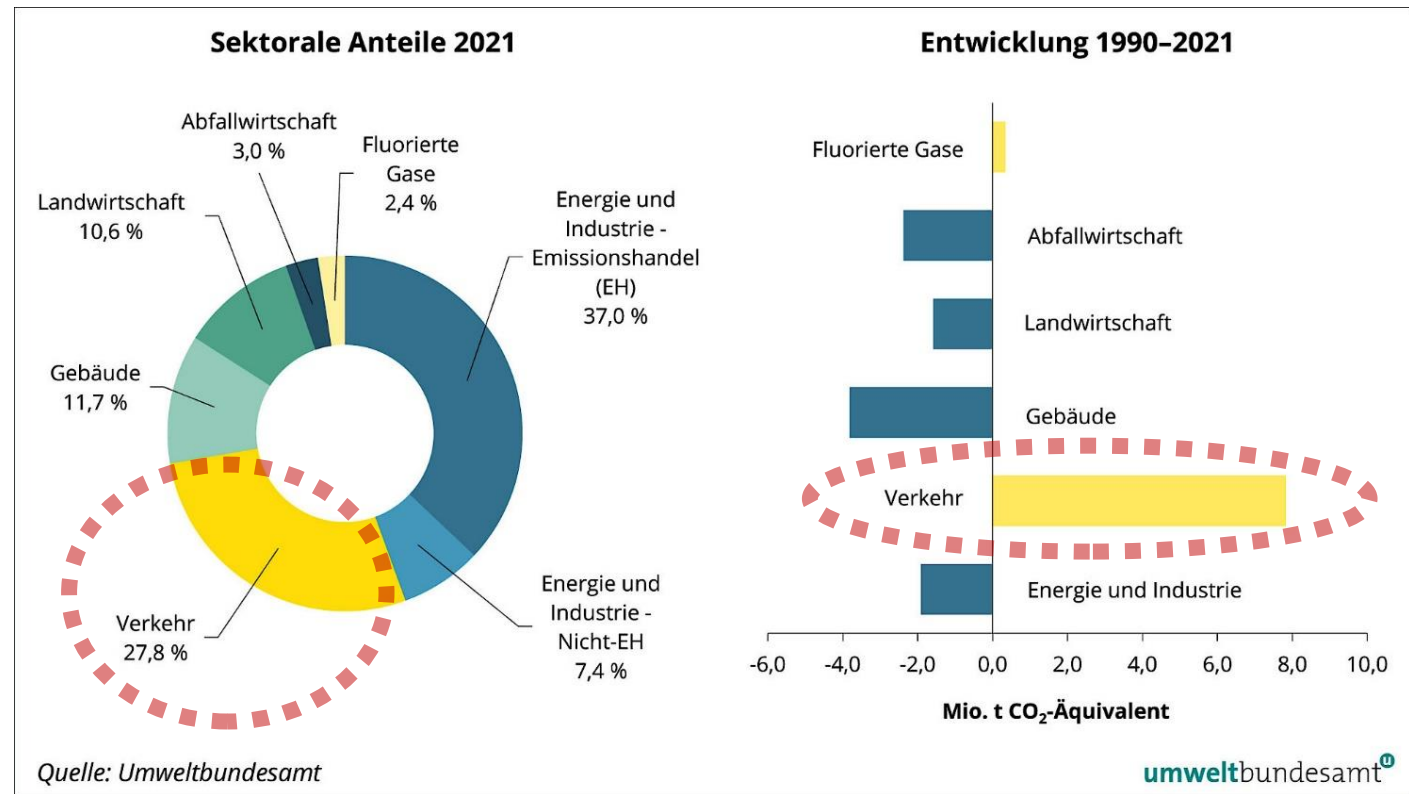
Energiewirtschaft
 Industrie
 Gebäude
 Verkehr
 Landwirtschaft

Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren (in Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

\* Daten für 2020 vorläufige Zahlen

\*\* Jahresemissionsmengen aller Sektoren für 2030 laut Klimaschutzgesetz

**Österreich 2021:** 77,5 Mio t (CO<sub>2</sub> Äq.), **-2%** (1990), Ziel 2030: **-55%**



[www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase](http://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase)

**Deutschland:** substantielle Einsparungen, ~1 kg CO<sub>2</sub> pro kWh Kohlestrom

**Österreich:** verstärkte Anstrengungen nötig, **Verkehrsproblem**

[www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen](http://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen)

[www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen)

# Klimaschutz: Praktische Lösungen

## **Umfassende gemeinsame Anstrengungen erforderlich: individuell & gesellschaftlich („Privat & Staat“)**

- **Kritischer Rationalismus & Popper et al.:** Piecemeal Engineering/Stückwerkstechnik bzw. Politik vieler Schritte (so groß wie möglich, besser klein als gar nicht) wie bei Lösung anderer wichtiger Fragen/Probleme der letzten Jahrzehnte/Jahrhunderte (möglichst schneller)
- **Anthropozän & Crutzen et al.:** Ozonloch/FCKW als Vorbild/Referenz für rasche gemeinschaftliche Lösung globaler Umweltprobleme: stratosph. Ozon-Forschung seit 1930/1970; Ozonloch-Entdeckung 1985; Montreal Protocol 1987/1989; **Fatalismus unangebracht!**
- **individuelle Verantwortung/Maßnahmen & gesellschaftliche Leitlinien/Mindeststandards** (lokal, regional, global): jede Person, jedes Unternehmen, jede Gemeinde, jedes Land zählt; **jede/jeder nach ihren/seinen Möglichkeiten** (Schritt für Schritt)

## **Einsparungen von Energieverbrauch & CO<sub>2</sub>/THG-Emissionen: so weit & so schnell wie sinnvoll möglich**

- **jede kWh & jedes kg CO<sub>2</sub> zählt;** besser heute als morgen; ohne Panik, aber auch ohne unnötige weitere Verzögerungen
- **sinnvoll** = sozial ausgewogen, persönlich & gesellschaftlich tragbar, technisch & wirtschaftlich machbar (Vorsorge-Prinzip)
- **Warten auf die anderen unangebracht:** jeder Beitrag zählt; historische Beiträge & Pro-Kopf-Emissionen in entwickelten/westlichen Ländern höher; Vorbildfunktion angemessen; technolog. Rückstand vermeiden: China trotz wirtschaftl. Nachholbedarf (per capita BIP) zunehmend aktiv in Klimaschutz (analog Umweltschutz: NCP/PRD/YRD vs. London/LA/Ruhrgebiet ...)

## **Sparmaßnahmen & Technologiewechsel: sowohl/als auch, nicht entweder/oder**

- **CO<sub>2</sub>-Bepreisung/Besteuerung** (Verursacher-Prinzip, Innovations- & Marktmechanismen) & soziale Kompensation durch **Klimabonus, Förderungen** für klimafreundliche/CO<sub>2</sub>-neutrale Technologien ... (PIK/Edenhofer et al.)
- **Erneuerbare Energien:** Photovoltaik, Wind, Wasser, Biomasse/Biogas; **Gebäudetechnik:** Wärmedämmung, Wärmepumpen, Sonnenschutz & natürliche Belüftung statt Klimaanlage ...; **Mobilität:** Ausbau ÖPNV; Einsatz, Entwicklung & Evaluierung (learning by doing) aller erfolgversprechenden Antriebstechniken (Batterien, Brennstoffzellen, E/Syn-Fuels, Wasserstoff etc.); **(Wieder-)Aufforstung** (FMNR, ETHZ Crowther Lab etc.); **Nachhaltiger Konsum & reduzierter CO<sub>2</sub>-Fußabdruck:** Verkehr, Ernährung, Kleidung etc. (Reduktion, Kompensation); **Beginn nach Machbarkeit/Verfügbarkeit, Priorisierung/Selektion mit zunehmendem Erkenntnisgewinn/Konsens.**

# Klimaschutz: Individuelle Beiträge

**Persönliche CO<sub>2</sub>-Emissionsbeiträge** (ökologischer Fußabdruck): durchschnittlich **~10 t pro Jahr & Person in D/Ö** (7-17 t, u./o. 10%); USA: ~17 t, Indien ~2 t; klimaneutral global: < 2 t; kurzfrist. individ. **Reduktionspotential ~50%** (D/Ö) und **Kompensationspotential ~100%**: Spenden (**~25 EUR/t**) für Projekte zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch erneuerbare Energien, sparsame Technologien, Aufforstung ... wo Sparpotential am höchsten, meist in Entwicklungsländern, sozial/karitativ orientiert; z.B. [klima-kollekte.at](http://klima-kollekte.at), [www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de); Bestätigung Finanztest/WWF; **Limit:** globale & soziale Skalierung → **langfristig globaler Technologiewechsel erforderlich** (staatl. Umstellung auf erneuerbare Energien)

**Individuelle Reduktionspotentiale (~50%):** „Chance der kleinen Entscheidungen“ (von Elverfeldt; vgl. „Tyranny of small decisions“, Kahn 1966)

Kategorie	Anteil an CO <sub>2</sub> -Emission (in %)	Durchschnittlicher Verbrauch (in t)	Reduktionspotential (in t)	Einsparungsmaßnahmen
Konsum	27,90	2,79	1,50	Weniger Konsum; langlebige, regionale Produkte
Heizung privat	18,20	1,82	0,40	Weniger Heizen; Öl/Gas wenn möglich ersetzen
PKW	14,20	1,42	1,00	Weitgehende Nutzung von ÖPNV statt PKW
Ernährung	14,10	1,41	1,00	Mehr vegetarische Kost; regionale, frische Produkte
Staatsanteil	10,10	1,01	0,00	Kurzfristig kein Einfluss
Flugreisen	7,70	0,77	0,77	Vollständiger Verzicht auf Flugreisen
Stromverbrauch privat	6,80	0,68	0,68	Wechsel zu Anbietern erneuerbarer Energien
ÖPNV und Bahn	1,00	0,10	0,00	Kurzfristig kein Einfluss
<b>Summe</b>	<b>100,00</b>	<b>10,00</b>	<b>5,35</b>	<a href="http://www.klima-kollekte.de">www.klima-kollekte.de</a> , Caritas, Diakonie ...

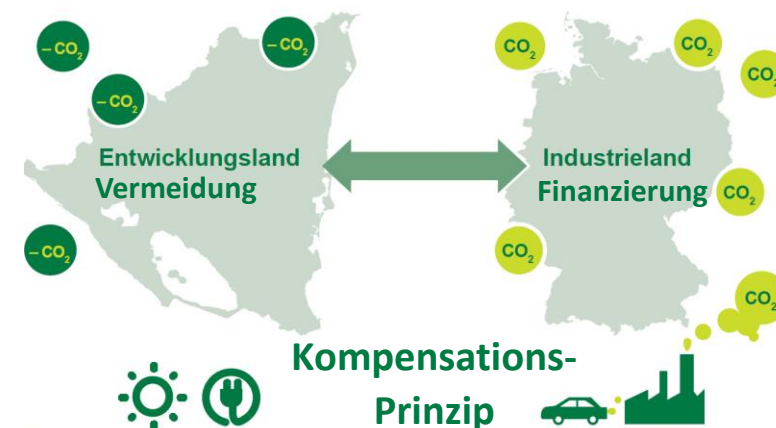
## Größtes Sparpotential: Reisen

**Langstreckenflug:** ~4-20 t CO<sub>2</sub>/Pers.

Kurzstreckenflug: ~1-2 t CO<sub>2</sub>/Pers.

Kreuzfahrt (7 Tage): ~2 t CO<sub>2</sub>/Pers.

*Wer kann, sollte Dienst- & Urlaubs-Reisen reduzieren oder kompensieren (~25 EUR/t)*



**Weitere Orientierung/Information:** [www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person;uba.co2-rechner.de](http://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person;uba.co2-rechner.de); [www.fussabdruck.de](http://www.fussabdruck.de); [www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de); [klima-kollekte.at](http://klima-kollekte.at); [klima-kollekte.de](http://klima-kollekte.de) (mehr Info-Materialien in Fußleiste)

# Gliederung

## Einführung & Überblick

- MPG & MPIC, Erdsystemforschung & Anthropozän
- Kritischer Rationalismus & offener Diskurs in der Wissenschaft:  
*Open Access, Open Science, Epistemic Web/Epistemisches Netz*

## Luftqualität & Gesundheitsschutz

- Feinstaub, Ozon, Stickoxide: Lebenserwartung & Allergien
- Masken & Lüften in und jenseits von Pandemien

## Globale Erwärmung & Klimaschutz

- Natürlicher & anthropogener Klimawandel
- Gesellschaftliche & individuelle Beiträge

## Zukunftsperspektiven im Anthropozän

- Herausforderungen & Lösungsansätze

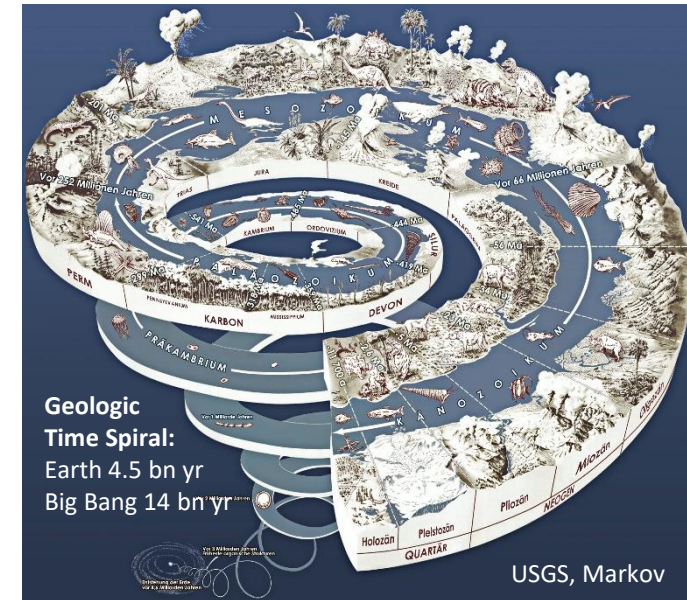
# Herausforderungen im Anthropozän

## Menschheitsgeschichte & (Geo-)Anthropologie:

- **langsame Entwicklung unter wechselnden Klimabedingungen im Pleistozän:** ~2.6 Mio Jahre; Wechsel Warm/Kalt/Eiszeiten; Altsteinzeit (Neandertaler, alte DNA ... Pääbo, Renn et al. 2022)
- **erfolgreiche Entwicklung bei stabilem Klima im Holozän:** ~10 Tsd Jahre, Jungsteinzeit bis Neuzeit
- **Beschleunigung im Anthropozän:** seit 1800/1850 bzw. 1950er/1960er; Bevölkerung, Energie ...
- **beschleunigter & veränderter Klimawandel** gefährdet kontinuierliche Weiterentwicklung & Prosperität menschlicher Zivilisation & demokratischer/offener Gesellschaft (siehe unten)
- **Ende des Anthropozäns** vermutlich gleichbedeutend mit Untergang/Rückentwicklung Zivilisation; Nicht-Beeinflussung des Planeten bei hoher Bevölkerungsdichte & Wohlstand schwer vorstellbar, auch wenn Klima-Stabilisierung gelingt (Einsparungen, Technologiewechsel, Geoengineering)

## Bedrohungen für Zivilisation & Anthropozän:

- **globale Erwärmung & Heißzeit:** Neuland für Menschheit, Trias/Jura/Kreide vor 250-66 Mio J. (Mesozoikum); „Jurassic Park“ 1993, Rockström et al. 2009, Steffen et al. 2018
- **Nuklear-Winter**, Atomwaffen, Brände & Rauch; Crutzen & Birks 1982; oder **Impakt-Winter:** Asteroiden-Einschlag; Dinosaurier/Massen-Artensterben (~75%) vor 66 Mio J.; Chicxulub-Krater, Yucatan; Alvarez et al. 1980, Hildebrand, Penfield et al. 1991
- **künstliche Intelligenz:** KI/AI, „Matrix“ 1999, Hawking, Gates/Musk, Horowitz/Crutzen et al. 2017/18
- **totalitäre Gesellschaft:** moderne Gesellschaft & Demokratie gefährdet durch Auswirkungen obiger Bedrohungen sowie totalitäre Tendenzen & Absolutheitsansprüche; alternative Fakten & postfakt. Behauptungen; Falschinformation in (sozialen) Medien; mangelndes Verständnis für Gesellschaft, Politik, Wissenschaft etc. (Popper, Offene Gesellschaft & ihre Feinde, 1945/1966/2002)





# Problemlösung im Anthropozän

## 1) Anwendung des KR Toleranzprinzips für Abbau/Auflösung gesellschaftlicher Polarisierungen/Blockaden:

- **auf kritische Argumente eingehen** u. diese sachlich widerlegen od. Limitierungen eigener Argumente erkennen: *“Ich kann mich irren, Du magst recht haben, und durch [gemeinsame] Anstrengung können wir der Wahrheit näher kommen”*; **“we can work it out”**

## 2) Vermittlung der Leistungen & Limitierungen von Wissenschaft, Politik & Gesellschaft (Schule, Studien, Medien ...):

- “Verifizierung” → **Validierung**; absolute “Sicherheit” → **Wahrscheinlichkeit**; „Absolutheitsanspruch“ → **mehr oder weniger gut gesichertes Wissen & Handeln** (Piecemeal Engineering/Stückwerkstechnik)
- **Versuch & Irrtum** (trial & error) – iterativ, aber nicht leichtfertig, sondern jeweils **ausgehend vom bestgesicherten Stand des Wissens** (Wissenschaft, Erkenntnistheorie, KR); Berücksichtigung neuer **Gegebenheiten/Erkenntnisse** und möglicher **Endpunkte** (respite finem)
- **Asymmetrie Validierung/Falsifizierung**: Wissenschaft kann nicht absolut sicher nachweisen, was wahr/richtig/zutreffend ist, aber offenlegen, was unwahr/falsch/unzutreffend ist; **Prüfung, Falsifizierung & Eliminierung** „alternativer Fakten“ & invalider Argumente

## 3) Differenzierte Vorgehensweise & Kommunikation bei komplexen Fragen & Themen:

- **alle Perspektiven**, Optionen & Wahrscheinlichkeiten gründlich analysieren, klären & erläutern; Unsicherheiten anerkennen & offenlegen; Leugnung valider Fakten & Erkenntnisse entschieden zurückweisen (confront the Merchants of Doubt)
- Schlussfolgerungen, Entscheidungen & Maßnahmen **ergebnisoffen diskutieren & nachvollziehbar dokumentieren** (siehe IPCC)
- **bei Unklarheit/Mehrdeutigkeit** (Ambiguität/Ambivalenz): verschiedene valide Optionen/Lösungen **testen/erproben** (siehe Klimaschutz) – **sowohl/als auch, nicht entweder/oder** (Inklusivität & Ambiguitätstoleranz, v. Elverfeldt)

## 4) Lernen aus Erfolgen & Fehlern (Ozonloch, saurer Regen/Waldsterben, Klimawandel, Pandemie ...):

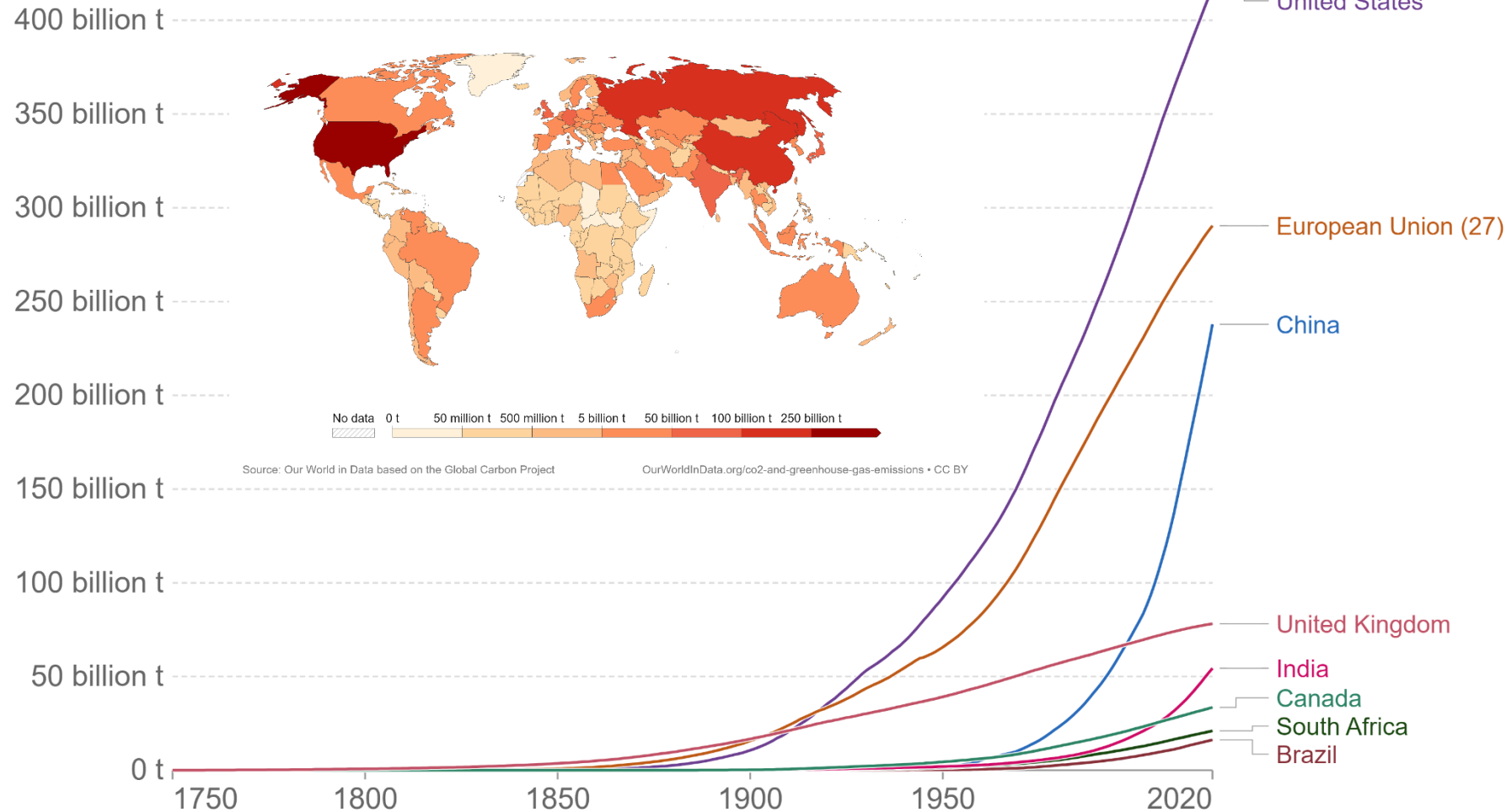
- **mehr Erläuterung** wiss. & gesell. Errungenschaften & Herausforderungen (Vorsorge-Prinzip/Versicherung, Präventions-Paradox ...); **Erklärungen** so einfach wie möglich, aber nicht einfacher; **mehr Klarheit, Offenheit & Präzision** (Wissen/Vermutung; Science/Advocacy ...)
- **Epistemic Web, Open Science & Open Society**: Transparenz & Selbstregelung in Wissenschaft & Gesellschaft



# Anhang & Referenzen

# Cumulative CO<sub>2</sub> emissions

Cumulative emissions are the running sum of CO<sub>2</sub> emissions produced from fossil fuels and industry<sup>1</sup> since 1750. Land use change is not included.



## Kumulativer Beitrag verschiedener Länder & Regionen zu CO<sub>2</sub>-Emissionen & globaler Erwärmung:

- Hauptanteil & Hauptverantwortung: **USA, EU+UK**
- keine Grundlage bzw. Entschuldigung für ein **“Warten auf China”** u.a. bei Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion
- ganz im Gegenteil: bei Pro-Kopf-Skalierung wäre der **Anteil von China u.a. noch kleiner**; zudem werden dort aktuell große Anstrengungen für Klima-Neutralität bis 2060 unternommen (E-Mobilität ...) <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china>

Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project

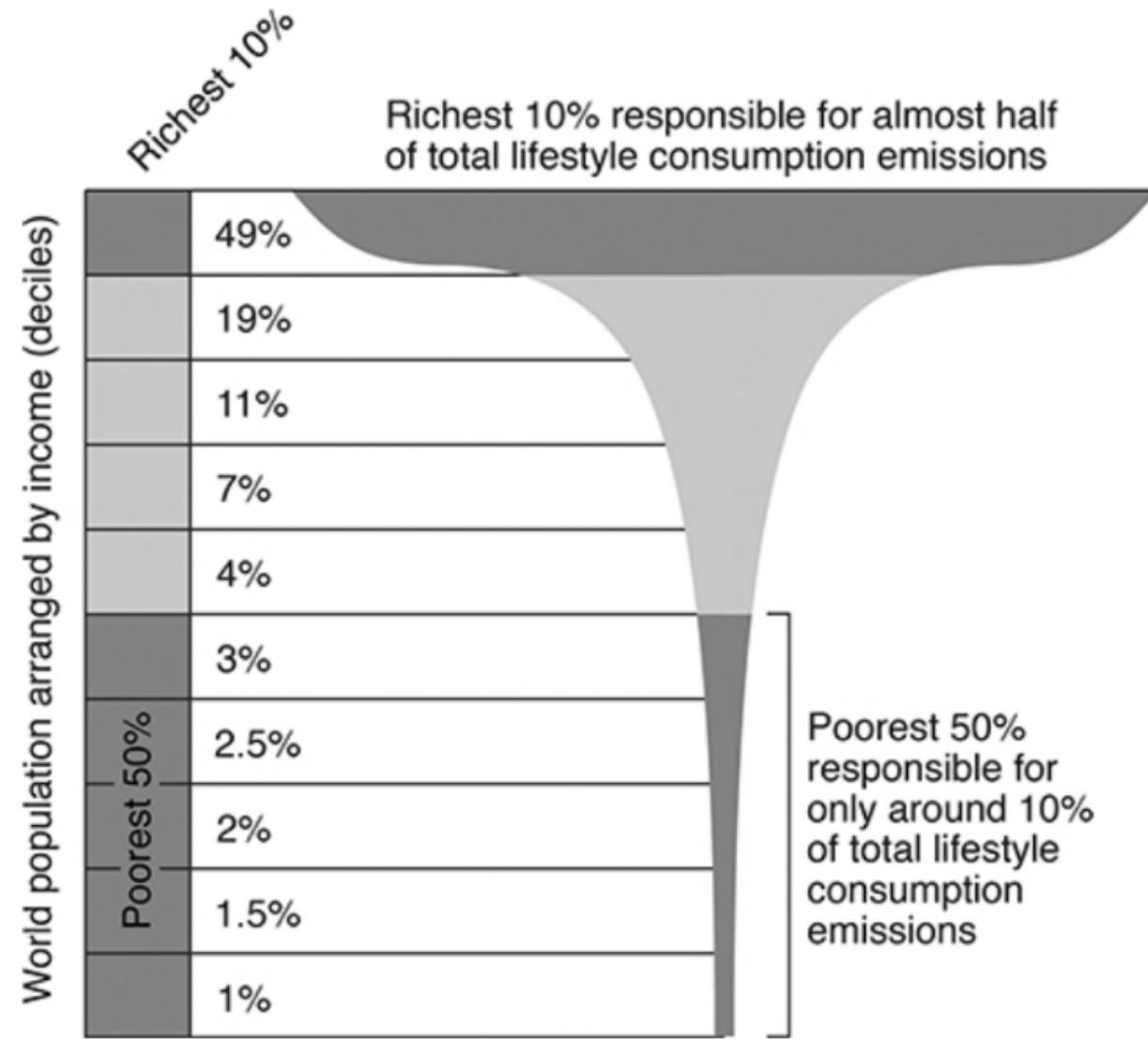
OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions • CC BY

**1. Fossil emissions:** Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO<sub>2</sub> includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

# Bedeutung individueller Beiträge zu Klimawandel & Klimaschutz

and society. The classic, linear economic model, 'take, make, dispose', relies on large quantities of cheap, easily accessible materials and energy. We are reaching the physical limits of this model. New inclusive economic theories are emerging showing the fundamental issues with the throwaway corporate culture. The circular economy is essential if companies are to be part of the climate change solution. The circular economy minimizes the amount of resources that are extracted and maximizes the value of products and materials throughout their lifecycle, through reuse and recycling. Applying a circular economy could unlock up to €1.8 trillion in value for Europe's economy. So companies need to plan and make products that have longevity, upgradability, and recyclability built-in. They need to design out waste and pollution.

Though individual actions will only make a small contribution to carbon reduction, they are extremely important as they send a strong message to both government and corporations that citizens want and support major changes. Individual action has had an impact. The School Climate Strikes and the Extinction Rebellion protests have brought together diverse groups of people across the world, all wanting governments to start taking the protecting of our planet seriously. And change is starting to happen, with over 1,400 local governments and over 35 countries having declared that we are in a climate emergency. But we must also remember that not everyone is equally responsible for the current climate crisis: 50% of carbon emissions directly related to lifestyle are emitted by the richest 10% of the world (Figure 42); the poorest 50% of our global society emit just 10% of the pollution. Individual action undertaken by the very wealthiest in society could have a major impact on global carbon emissions.



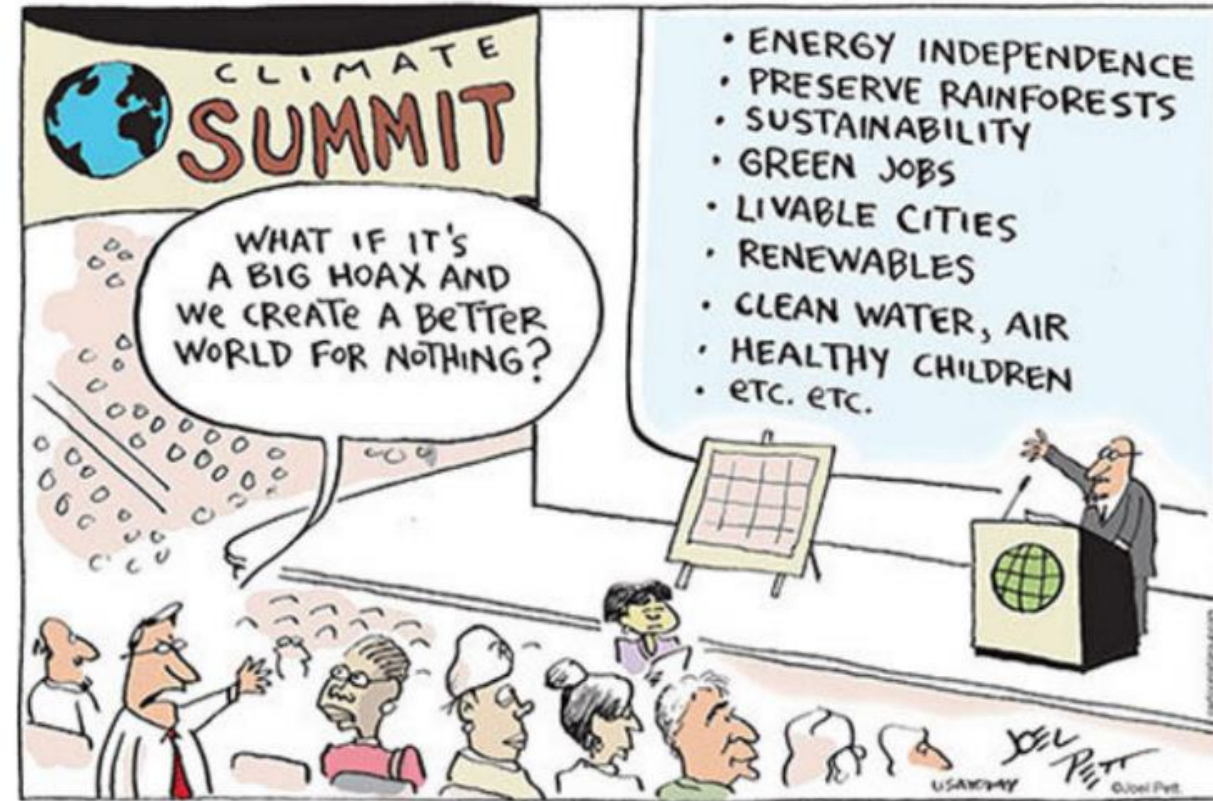
42. Global lifestyle carbon emissions by income group.

# Chancen & Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen

## Conclusion

Climate change is one of the few areas of science that makes us examine the whole basis of modern society. It is a subject that has politicians arguing, sets nations against each other, questions the role of companies in society, queries individual choices of lifestyle, and ultimately asks questions about humanity's relationship with the rest of the planet. Only by working together can we deal with one of the greatest crises that has ever faced humanity. There is very little doubt that climate change will accelerate in this century; our best estimates suggest a global mean surface temperature rise of between 2.1°C and 5.5°C by the end of the 21st century. Sea level is projected to rise by between 50 cm and 130 cm by 2100, with significant changes in weather patterns, and more extreme climate events. World leaders have pledged to keep climate change to less than 2°C and if at all possible below 1.5°C. This book has demonstrated that we have the science to understand the causes, consequences, and potential solutions for climate change. **We have the technology, the resources, and the money to deal with climate change. What we currently lack are the political will and policies to enable all the positive win-win solutions needed to make a better, safer, healthier, and hopefully happier world.** With a growing awareness of the environmental crisis facing the planet, public pressure for change is growing, and new policies and ways of thinking are starting to emerge. The question is whether these changes will be soon enough to get the world to net zero carbon emissions by 2050 (Figure 43).

**„Wir haben die Technologie, die Ressourcen und das Geld, um den Klimawandel zu begrenzen. Was aktuell [noch] fehlt sind der [umfassende] politische Wille & Regelwerke um all die positiven und gewinnbringenden Lösungsansätze zu realisieren, die eine bessere, sicherere, gesündere & hoffentlich glücklichere Welt ermöglichen.“**



43. USA Today cartoon of the Copenhagen climate conference.

„Was wenn das nur ein großer Schwindel ist und wir für nichts eine bessere Welt schaffen?“

# Umstellung auf erneuerbare Energien: Ausgangslage & Zielrichtung

**[1] “The speed of the transition to renewables has been greatly hindered by climate deniers** in positions of influence, notably in the USA. This denial that climate change is caused by the emissions of carbon dioxide has been promoted by vested interests in the status quo, **in particular by the fossil-fuel industry.”**

**[2] “Ways to reduce consumption and the demand for energy are essential as they decrease the rate required for decarbonizing the power supply.**

Since 1970 the global population has doubled and annual carbon dioxide emissions have increased by two and a half times; the world’s wealth (GDP) has also grown by a factor of four. These changes have caused a **massive depletion and deterioration in the world’s resources**. In the last forty years, populations of vertebrates declined by 60 per cent on average, with around one million species of plants and animals now at risk of extinction, and vast areas of forest lost.

Also, **severe pollution in the oceans and the atmosphere**, and a precipitous fall in the number of insects resulting from intensive farming (in particular pesticides) and global warming, threatens a **catastrophic loss in biodiversity**.

Built-in obsolescence, with many products thrown away and not reused, has created massive waste (notably plastics). It is vital that we move away from consumerism to a **more sustainable lifestyle**, encouraging a **circular economy with recycling and reuse.**“

**[3] “Above all, we need to stop the burning of fossil fuels as fast as possible, and effective & fair carbon pricing is needed.** This will be exceedingly difficult politically, because the use of fossil fuels is enmeshed in our societies. Continued fossil-fuel extraction is already being justified by relying on carbon capture for a significant fraction of global emissions. But this would be very unwise, since the **technology for carbon capture is not established at that scale, nor would it generally be as cheap as using more renewables; ...**“

# Umstellung auf erneuerbare Energien: praktische Umsetzung

**“Individuals must discuss with family, friends, and colleagues the importance of supporting renewables, reducing fossil fuels, and the need for urgent action.**

The increase in extreme weather events, such as wildfires and severe flooding, is making people realize that something needs to be done, but governments are not reacting quickly enough.

**We already have the technology to solve the problem of global warming,** but we need to give impetus to its deployment.

Renewables are now affordable as the costs of electricity from wind and solar farms have dropped dramatically, in some places halving within the last few years. **A huge investment will be required, but nothing like the cost of inaction.**

And divesting from fossil fuels to renewables is fast becoming the most economic, as well as sustainable, choice. Box 2 summarizes the key actions needed.”

## **Box 2. Key actions to avoid dangerous climate change.**

- Stop burning fossil fuels—use renewable energy instead
- Decarbonize and increase the electricity supply by investing in wind and solar farms
- Electrify transport and heating
- Reduce energy demand—reuse and recycle
- Promote the expansion of renewables and associated technologies and infrastructure



# Referenzen I

## Max-Planck-Gesellschaft (MPG), Max-Planck-Institut für Chemie (MPIC), Erd- & Sonnensystem-Forschungspartnerschaft (ESRP)

[www.mpg.de/kurzportrait](http://www.mpg.de/kurzportrait); [www.mpic.de/de/scientific-report](http://www.mpic.de/de/scientific-report); [www.mpic.de/3478392/Multiphase Chemistry](http://www.mpic.de/3478392/Multiphase_Chemistry); [www.earthsystem.de](http://www.earthsystem.de)

## Anthropozän

Max-Planck-Institut für Chemie: The Anthropocene, [www.mpic.de/3864697/the-anthropocene](http://www.mpic.de/3864697/the-anthropocene)

Max-Planck-Institut für Geoanthropologie: Strukturwandel der Technosphäre, [www.shh.mpg.de/2267768/strukturwandel-technosphaere-overview](http://www.shh.mpg.de/2267768/strukturwandel-technosphaere-overview)

Haus der Kulturen der Welt, Das Anthropozän-Projekt, [archiv.hkw.de/de/programm/projekte/2014/anthropozaen/anthropozaen\\_2013\\_2014.php](http://archiv.hkw.de/de/programm/projekte/2014/anthropozaen/anthropozaen_2013_2014.php)

Georesearch: Das Kitzsteinhorn im Anthropozän, [www.georesearch.ac.at/de/home-de/open-air-lab-kitzsteinhorn-de](http://www.georesearch.ac.at/de/home-de/open-air-lab-kitzsteinhorn-de)

Crutzen P.J., Geology of Mankind, Nature, 2002. [www.nature.com/articles/415023a](http://www.nature.com/articles/415023a)

Crutzen P.J. (Hrsg. Müller M.): Das Anthropozän - Schlüsseltexte des Nobelpreisträgers für das neue Erdzeitalter, Oekom 2018. [www.oekom.de/buch/das-anthropozaen-9783962381370](http://www.oekom.de/buch/das-anthropozaen-9783962381370)

Benner S. et al.: Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth History, Springer 2021. [link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-82202-6](http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-82202-6)

Pöschl U.: Air Pollution, Oxidative Stress, and Public Health in the Anthropocene, Springer, 2020. [link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31125-4\\_7](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31125-4_7)

Al-Delaimy W.K. et al.: Health of People, Health of Planet, and Our Responsibility, Pontifical Academy of Sciences, Springer, 2021. [link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-31125-4](http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-31125-4)

Pöschl U. & Shiraiwa M. : Multiphase chemistry at the atmosphere–biosphere interface influencing climate and public health in the Anthropocene, Chemical Reviews, 2015. [pubs.acs.org/doi/full/10.1021/cr500487s](http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/cr500487s)

Su H. et al.: New Multiphase Chemical Processes Influencing Atmospheric Aerosols, Air Quality, and Climate in the Anthropocene, Accounts of Chemical Research, 2020. [pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.accounts.0c00246](http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.accounts.0c00246)

## Kritischer Rationalismus & offene Kommunikation: Open Access, Open Peer Review, Open Science, Epistemisches Netz/Epistemic Web

Popper K., Ausgangspunkte, Piper 2004/2018 [& darin enthaltene Referenzen]; Unended Quest: An Intellectual Autobiography, Routledge 1976/2002 [& references therein].

[www.piper.de/buecher/ausgangspunkte-isbn-978-3-492-24188-5](http://www.piper.de/buecher/ausgangspunkte-isbn-978-3-492-24188-5); [www.routledge.com/Unended-Quest-An-Intellectual-Autobiography/Popper/p/book/9780415285902](http://www.routledge.com/Unended-Quest-An-Intellectual-Autobiography/Popper/p/book/9780415285902)

Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities, 2003. [openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration](http://openaccess.mpg.de/Berlin-Declaration)

Open Access 2020 (OA2020) & Open Access at the MPIC: [oa2020.org/be-informed](http://oa2020.org/be-informed); [www.mpic.de/4123205/open-access](http://www.mpic.de/4123205/open-access)

Pöschl U.: Laudatio zur Verleihung der Karl-Preusker-Medaille an die Allianz der Wissenschaftsorganisationen zur Förderung von Open Access, 2018.

[www.mpic.de/4764064/kpm2018\\_laudatioposchl.pdf](http://www.mpic.de/4764064/kpm2018_laudatioposchl.pdf)

Pöschl U. et al.: Es ist schwer zu erklären, warum das so lange braucht, FWF Scilog, 2020. [scilog.fwf.ac.at/kultur-gesellschaft/12471/es-ist-schwer-zu-erklaeren-warum-das-lange-braucht](http://scilog.fwf.ac.at/kultur-gesellschaft/12471/es-ist-schwer-zu-erklaeren-warum-das-lange-braucht)

Pöschl U.: Multi-stage open peer review: scientific evaluation integrating the strengths of traditional peer review with the virtues of transparency and self-regulation, Frontiers of Computational Neuroscience, 2012. [www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncom.2012.00033/full](http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncom.2012.00033/full)

# Referenzen II

## Luftqualität & Gesundheit: Lebenserwartung & Allergien

Nationale Akademie Leopoldina: Saubere Luft – Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen, 2019. [www.leopoldina.org/publikationen/detailansicht/publication/saubere-luft-stickstoffoxide-und-feinstaub-in-der-atemluft-grundlagen-und-empfehlungen-2019-1/](http://www.leopoldina.org/publikationen/detailansicht/publication/saubere-luft-stickstoffoxide-und-feinstaub-in-der-atemluft-grundlagen-und-empfehlungen-2019-1/)

World Health Organization (WHO): [www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](http://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)

European Environment Agency (EEA): [www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution](http://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution); [www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution](http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/health-impacts-of-air-pollution)

Global Burden of Disease (GBD): [www.healthdata.org/gbd/data-visualizations](http://www.healthdata.org/gbd/data-visualizations)

Pöschl U.: Atmosphärische Aerosole: Zusammensetzung, Transformation, Klima- und Gesundheitseffekte, Angewandte Chemie, 2005. [onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ange.200501122](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ange.200501122)

Lelieveld J. et al.: Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: a worldwide perspective, Cardiovascular Research, 2020. [academic.oup.com/circres/article/116/11/1910/5770885](http://academic.oup.com/circres/article/116/11/1910/5770885)

Lelieveld S. et al.: Hydroxyl radical production by air pollutants in epithelial lining fluid governed by interconversion and scavenging of reactive oxygen species, Environmental Science & Technology, 2021. [pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.1c03875](https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.1c03875)

Reinmuth-Selzle K. et al.: Air Pollution and Climate Change Effects on Allergies in the Anthropocene: Abundance, Interaction, and Modification of Allergens and Adjuvants, Environmental Science & Technology, 2017. [pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.6b04908](https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.6b04908)

## Luftqualität & Gesundheit: Infektionsschutz & Pandemiebekämpfung

Max-Planck-Institut für Chemie: Überblick zu Aerosol- bzw. Tröpfchen-Übertragung, Infektionsrisiken & Infektionsschutzmaßnahmen, [www.mpic.de/5081943/studien-fls?c=3477744](http://www.mpic.de/5081943/studien-fls?c=3477744); Su et al. 2021: Synergetic measures to contain highly transmissible variants of SARS-CoV-2, [www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.11.24.21266824v3](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.11.24.21266824v3); Pöhlker et al., Respiratory aerosols and droplets, arXiv 2021 [arxiv.org/abs/2103.01188](https://arxiv.org/abs/2103.01188), Rev Mod Phys 2023 [journals.aps.org/rmp/accepted/5a07cEa0N4e12c01b1e83ac431c08d5120410a75a](https://journals.aps.org/rmp/accepted/5a07cEa0N4e12c01b1e83ac431c08d5120410a75a).

Masken: Pöschl & Witt, Stellungnahme zur Wirksamkeit und Nutzung von Gesichtsmasken gegen COVID-19, 2021, [www.mpic.de/4972415/stellungnahme](http://www.mpic.de/4972415/stellungnahme); [www.mpic.de/4972236/statement-poeschl-witt](http://www.mpic.de/4972236/statement-poeschl-witt); Cheng et al., Face masks effectively limit the probability of SARS-CoV-2 transmission, Science 2021, [www.science.org/doi/10.1126/science.abg6296](https://www.science.org/doi/10.1126/science.abg6296).

Lüften: Pöschl et al. 2021: Wissenschaftliche Stellungnahme und Empfehlung für Ventilator-Fensterlüften zum Infektionsschutz gegen die Aerosolübertragung von COVID-19 und für erhöhte Luftqualität in Klassenräumen, [www.mpic.de/5043150/ventilator-fensterlueften-gegen-covid-19](http://www.mpic.de/5043150/ventilator-fensterlueften-gegen-covid-19); [www.mpic.de/5098135/empfehlung\\_ventilatorfensterlueften\\_2021-09-30.pdf](http://www.mpic.de/5098135/empfehlung_ventilatorfensterlueften_2021-09-30.pdf);

Klimach et al. 2022: The Max Planck Institute for Chemistry mechanical extract ventilation (MPIC-MEV) system against aerosol transmission of COVID-19, [zenodo.org/record/6545276#.ZEaBLHZByUk](https://zenodo.org/record/6545276#.ZEaBLHZByUk); Helleis et al. 2023: Wirksamkeit, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit verschiedener Lüftungsmethoden hinsichtlich Luftqualität und Infektionsschutz in Innenräumen: Fensterlüften, Abluftventilatoren, Raumlufttechnik und Luftreiniger, [zenodo.org/record/7586167#.ZEaAz3ZByUk](https://zenodo.org/record/7586167#.ZEaAz3ZByUk); [www.ventilation-mainz.de/comments.html](http://www.ventilation-mainz.de/comments.html).

Schul-Empfehlungen (Masken, Abstand, Lüften/Luftreiniger etc.): Pöschl et al. 2021, [www.mpic.de/5040628/statement-empfehlung-fensterlueften?c=3477744](http://www.mpic.de/5040628/statement-empfehlung-fensterlueften?c=3477744); Moriske et al. 2021, [www.mpic.de/5099304/infektionsschutz-schule](http://www.mpic.de/5099304/infektionsschutz-schule); McLeod et al. 2022, [onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.13142](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.13142); Exner et al. 2022, [www.krankenhaushygiene.de/pdfdata/2022\\_07\\_11\\_Stellungnahme-Luftreinigung-COVID-V2.pdf](http://www.krankenhaushygiene.de/pdfdata/2022_07_11_Stellungnahme-Luftreinigung-COVID-V2.pdf); Foitik et al. 2022, [futureoperations.at/fileadmin/user\\_upload/k\\_future\\_operations/FOP\\_GrundregelnSchule\\_2022\\_06\\_01.pdf](https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/FOP_GrundregelnSchule_2022_06_01.pdf); Hopfe et al. 2022, [futureoperations.at/fileadmin/user\\_upload/k\\_future\\_operations/Leitfaden-CO2-Sensoren\\_2022-11-02\\_Final.pdf](https://futureoperations.at/fileadmin/user_upload/k_future_operations/Leitfaden-CO2-Sensoren_2022-11-02_Final.pdf); [www.igoe.at/saubere-luft/](http://www.igoe.at/saubere-luft/).

# Referenzen III

## Klimawandel & Klimaschutz

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) / "Weltklimarat", Working Groups I-III, Assessment Reports 1-6, 1990-2023, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

IPCC 2021, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report, Cambridge University Press, doi:10.1017/9781009157896 (2391 pages). [www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/](http://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/)

IPCC 2023, Climate Change 2023: Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6), Summary for Policymakers (36 pages), [www.ipcc.ch/report/ar6/syr/](http://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/)

Deutsches Klima-Konsortium (DKK): [www.deutsches-klima-konsortium.de/de/basisfakten.html](http://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/basisfakten.html) ; Klimafakten.de, Basiswissen. [www.klimafakten.de/fakten-statt-behauptungen/basiswissen](http://www.klimafakten.de/fakten-statt-behauptungen/basiswissen)

Our World in Data: Greenhouse Gas Emissions, [ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions](http://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions); [ourworldindata.org/contributed-most-global-co2](http://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2)

Umweltbundesamt, D/Ö: [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen); [.../energiebedingte-emissionen](http://.../energiebedingte-emissionen); [www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase](http://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase)

Munich Re (Rückversicherung): [www.munichre.com/de/risiken/klimawandel-eine-herausforderung-fuer-die-menschheit.html](http://www.munichre.com/de/risiken/klimawandel-eine-herausforderung-fuer-die-menschheit.html); [www.munichre.com/de/risiken/naturkatastrophen-schaeden-nehmen-tendenziell-zu.html](http://www.munichre.com/de/risiken/naturkatastrophen-schaeden-nehmen-tendenziell-zu.html) ;

Hansen J. et al. 2015: Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous, Atmospheric Chemistry and Physics, [acp.copernicus.org/articles/16/3761/2016/acp-16-3761-2016-discussion.html](http://acp.copernicus.org/articles/16/3761/2016/acp-16-3761-2016-discussion.html) (Open Peer Review & Interactive Discussion: 110 Comment)

Oreskes N. & Conway E. 2010: Merchants of Doubt - How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming, [de.wikipedia.org/wiki/Merchants\\_of\\_Doubt](http://de.wikipedia.org/wiki/Merchants_of_Doubt); Rich N. 2019: Losing Earth, [https://de.wikipedia.org/wiki/Losing\\_Earth](https://de.wikipedia.org/wiki/Losing_Earth)

Supran J. et al.: Assessing ExxonMobil's global warming projections, Science 2023, [www.science.org/doi/10.1126/science.abk0063](http://www.science.org/doi/10.1126/science.abk0063)

Stöcker C., SPIEGEL Kolumnen vom 15.1.2023, 16.4.2023 etc., [www.spiegel.de/impressum/autor-0ab8a756-0001-0003-0000-000000001562](http://www.spiegel.de/impressum/autor-0ab8a756-0001-0003-0000-000000001562)

Maslin M. (U College London): Climate Change – A Very Short Introduction, Oxford 2021, [global.oup.com/academic/product/climate-change-a-very-short-introduction-9780198867869](http://global.oup.com/academic/product/climate-change-a-very-short-introduction-9780198867869);

Jelley N. (Oxford U): Renewable Energy – A Very Short Introduction, Oxford 2020, [global.oup.com/academic/product/renewable-energy-a-very-short-introduction-9780198825401](http://global.oup.com/academic/product/renewable-energy-a-very-short-introduction-9780198825401)

Nelles D. & Serrer C.: (1) Kleine Gase – Große Wirkung, Der Klimawandel; (2) Die Klimalösung; [www.klimawandel-buch.de](http://www.klimawandel-buch.de); <https://www.politische-bildung-brandenburg.de/publikation/kleine-gase-grosse-wirkung>; [www.aee.at/zeitschrift-erneuerbare-energie/99-zeitschrift/zeitschriften/2019-01-dv/1178-kleine-gase-grosse-wirkung](http://www.aee.at/zeitschrift-erneuerbare-energie/99-zeitschrift/zeitschriften/2019-01-dv/1178-kleine-gase-grosse-wirkung)

Pontifical Academy of Sciences, Declaration of the Health of People, Health of Planet and Our Responsibility - Climate Change, Air Pollution and Health Workshop; Enzyklika Laudato Si: [www.pas.va/en/events/2017/health/final\\_statement.html](http://www.pas.va/en/events/2017/health/final_statement.html); [www.vatican.va/content/francesco/de/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://www.vatican.va/content/francesco/de/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html); [www.sternsinger.de/bildungsmaterial/fuer-schulen/laudato-si/](http://www.sternsinger.de/bildungsmaterial/fuer-schulen/laudato-si/)

Individuelle CO<sub>2</sub>-Emissionen, Vermeidung, Kompensation: [www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person](http://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-hoch-sind-die-treibhausgasemissionen-pro-person); [uba.co2-rechner.de](http://uba.co2-rechner.de); [www.fussabdruck.de](http://www.fussabdruck.de); [klima-kollekte.at](http://klima-kollekte.at); [klima-kollekte.de](http://klima-kollekte.de); [www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de)