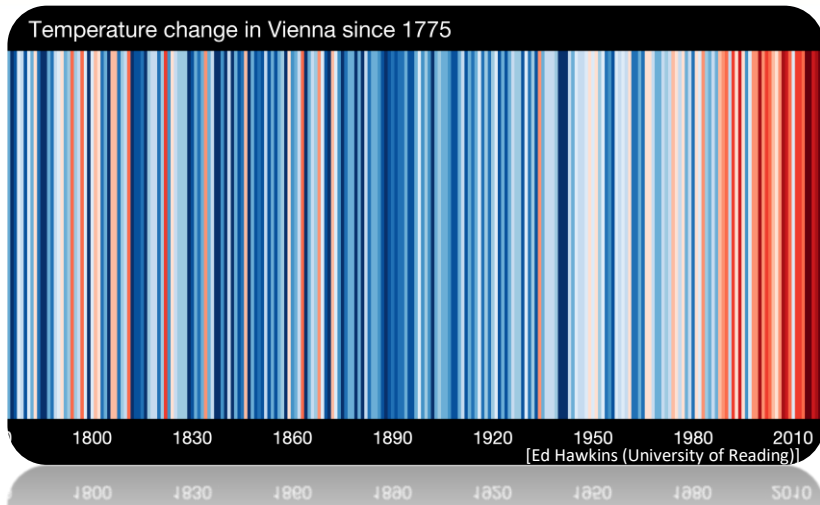


Herausforderung Klimawandel

Fakten mit Fokus auf Österreich und globale Zusammenhänge



Österreichische Gesellschaft für
Vermessung und Geoinformation

Austrian Society for Surveying and Geoinformation



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

Überblick

Diagnose

- ✓ Der Treibhauseffekt
- ✓ Änderungen und Antriebe
- ✓ Attribution
- ✓ Klimasensitivität und Klimaszenarien
- ✓ Auswirkungen - Global und in Österreich

Therapie

- ✓ Emissionen global und in Österreich
- ✓ Das CO₂ Vermächtnis
- ✓ Therapievorschlüsse

Klimamythen und andere Fragen

- ✓ „Das Klima hat sich schon immer verändert“
- ✓ „0.04% CO₂ können nicht das Weltklima beeinflussen“
- ✓ „...“
- ✓ „Ist der Klimawandel spürbar?“

Take-home points



Grundlegende Begriffe

Wetter

- Kurzfristig, lokaler und aktueller Zustand der Atmosphäre

Klima

- mittlerer Zustand der Atmosphäre über 30 Jahre oder länger

“If you don’t like the weather in New England, just wait a few minutes.”

- Mark Twain

*„Wetter entscheidet was mir heute anziehen - Klima
was wir im Kleiderschrank haben“*

Grundlegende Begriffe

Klimawandel

- Veränderung des (Erd)klimas

„Klimawandel“ ≠ „globale Erwärmung“

- Klimawandel = natürliche und menschengemachte Klimaänderung (Verharmlosung, nur teilweise beeinflussbar)
- Globale Erwärmung = menschengemachte Erderwärmung seit ca. 1900 (stellt besser das Problem dar, voll beeinflussbar)

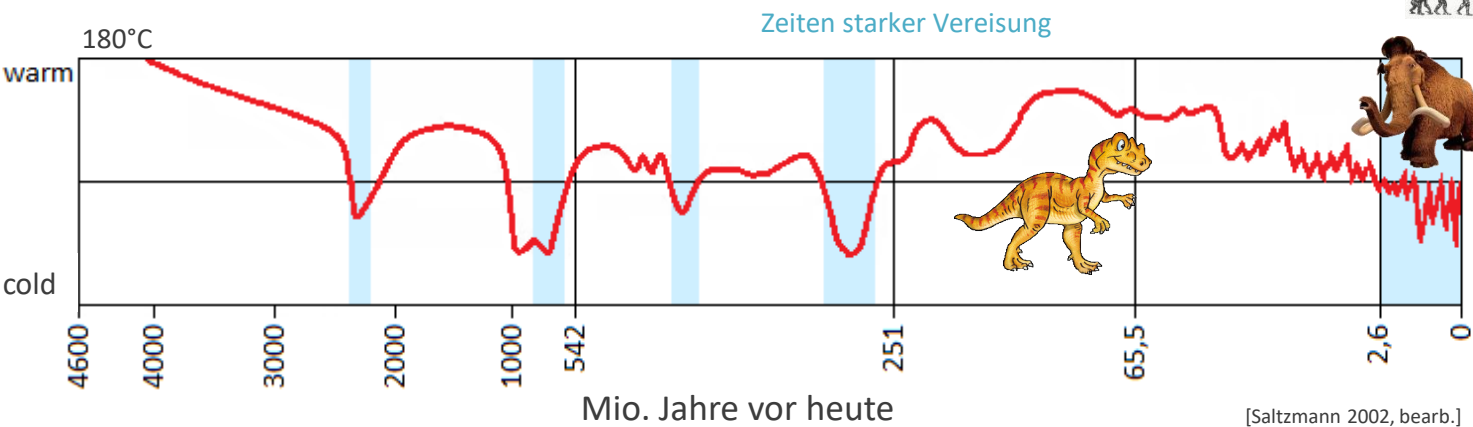
Klimaschutz

- Sammelbegriff für Maßnahmen, die der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung entgegenwirken und mögliche Folgen der globalen Erwärmung abmildern oder verhindern sollen

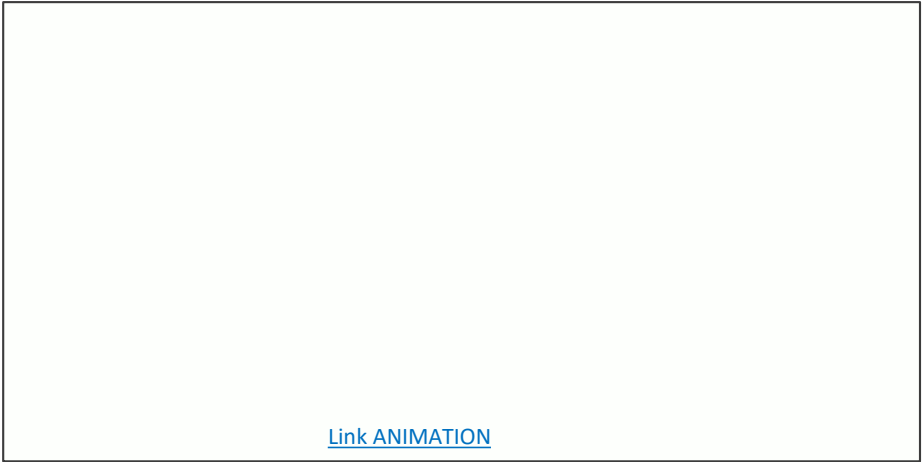
Antriebe und Prozesse

Klimaantriebe und Wirkungszeitskalen

Klimaentwicklung in der Erdgeschichte

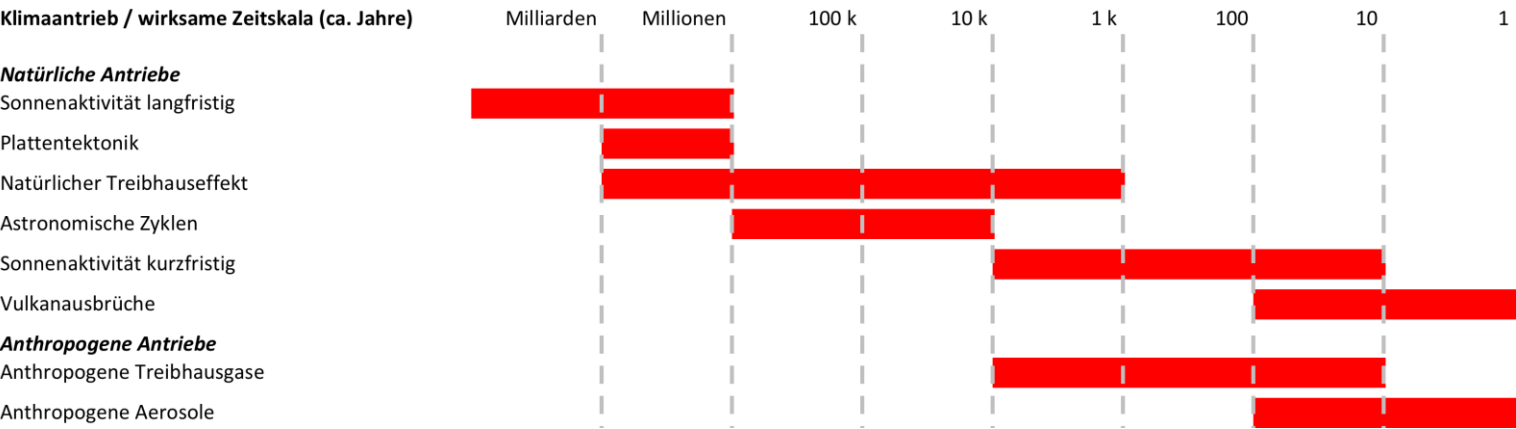


Kontinentaldrift

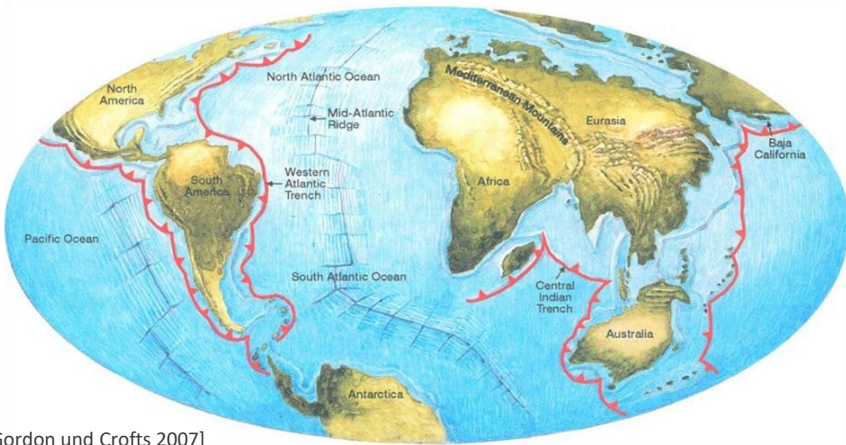


[Blakey, 2011]

Welcher Klimaantrieb wirkt auf welcher Zeitskala ?



[Olefs, 2020]

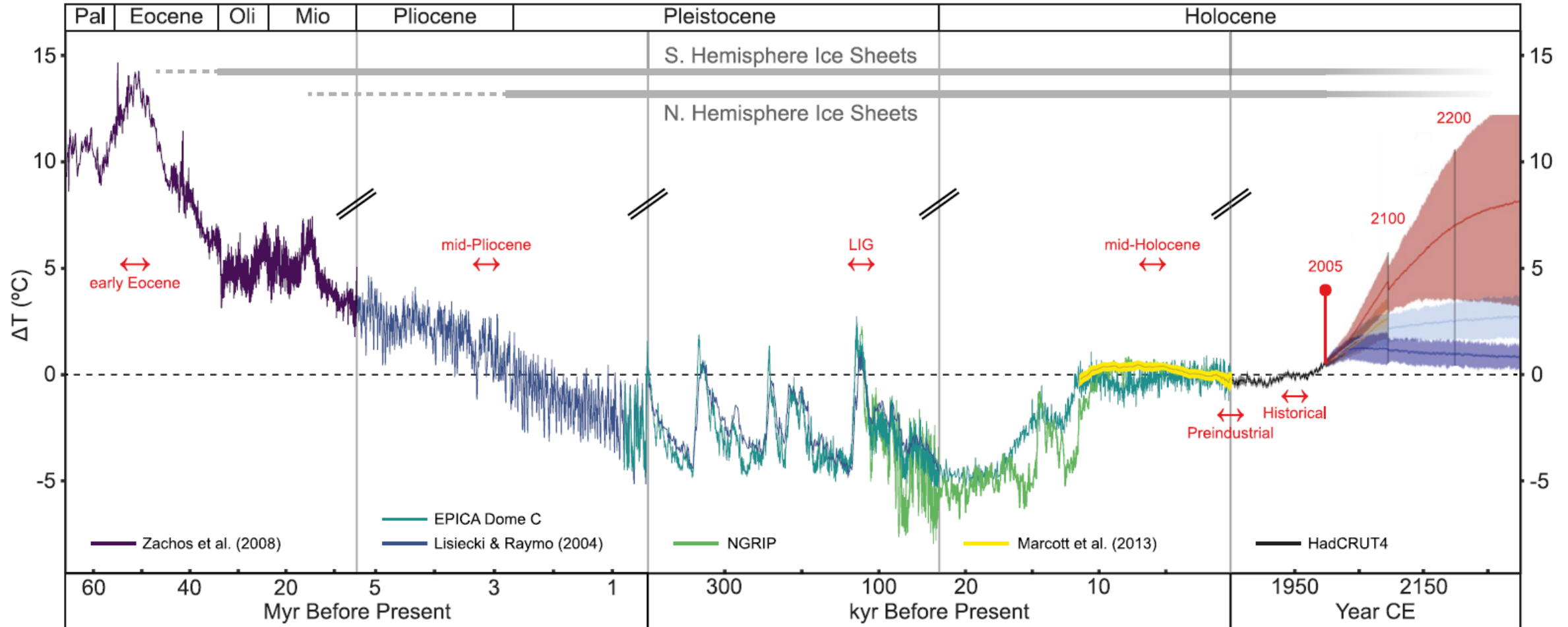


[McKirdy, Gordon und Crofts 2007]

Meteorologie und Geodynamik

Position and size of continents and oceans 50 Million years AFTER present

Der Mensch ist zu DEM Klimaantrieb geworden und wird es noch lange bleiben



[Burke et al., 2018, PNAS]

Eine neue geochronologische Epoche: Das Anthropozän

CHANGING OUR ATMOSPHERE

800,000 Years of Carbon Dioxide



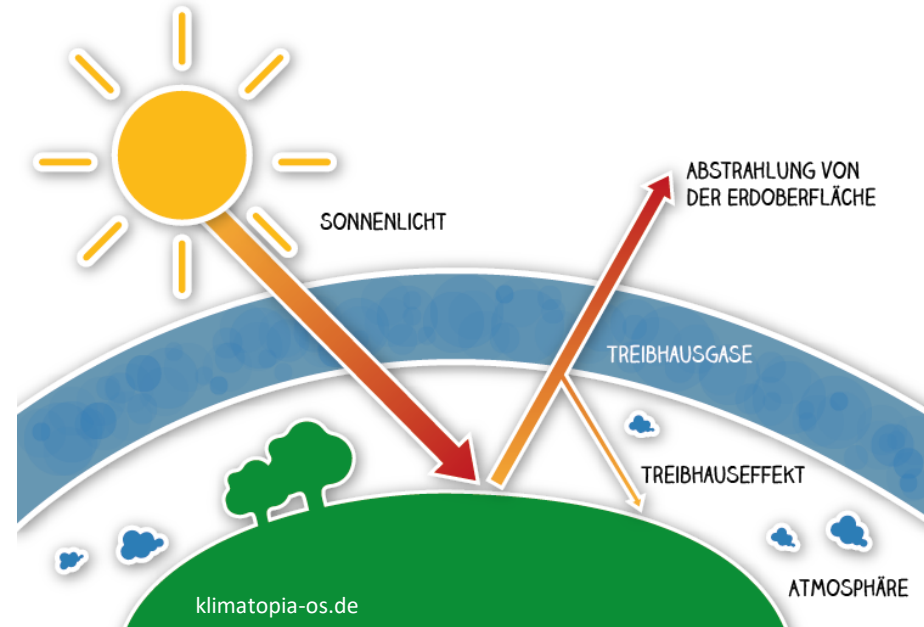
Source: Luthi et al (2008) (cdiac.ornl.gov) & NOAA ESRL (esrl.noaa.gov)

CLIMATE CO CENTRAL

Der CO₂ Gehalt der Luft hat schwindelerregende Höhen erreicht

- Noch nie so hoch seit ca. 3 Mio. Jahren (Pliozän - aus Isotopenverhältnis Meeressedimente)
- Frühere Warm- und Kaltzeiten durch Änderungen Erdbahnparameter
- Vor 1850: Temperatur steuert CO₂ (wärmere Zeiten = höherer CO₂ Gehalt Luft (Ozeane nehmen weniger CO₂ auf))
- Ab 1850: CO₂ steuert Temperatur
- Der Mensch hat keinen Spürsinn für CO₂

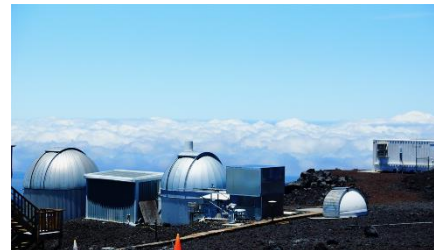
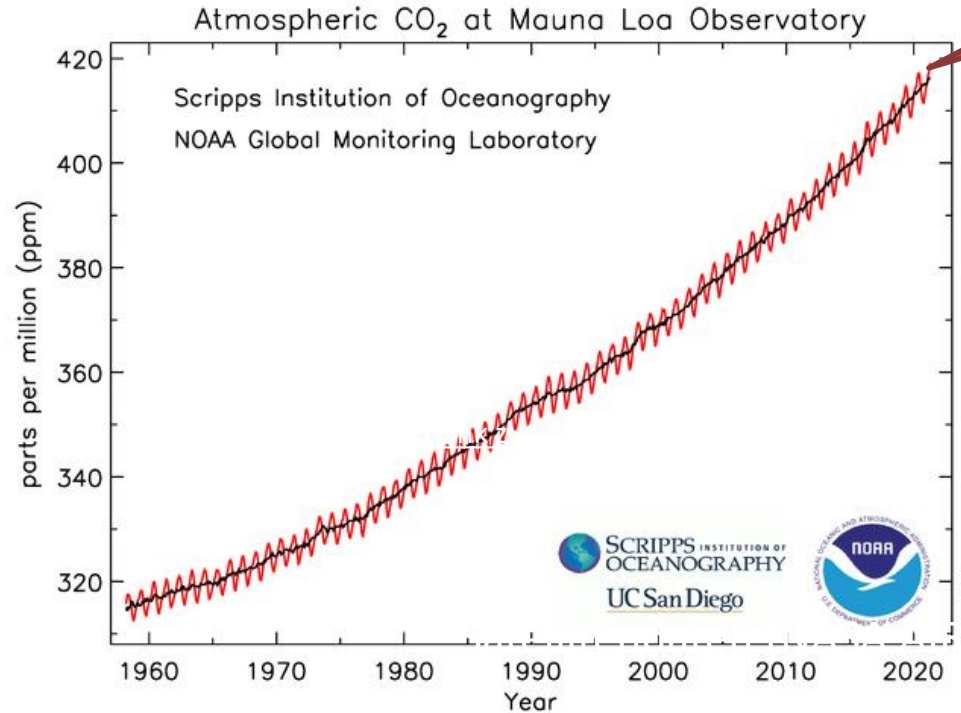
Der Treibhauseffekt – was ist das?



- Treibhausgase (Wasserdampf, CO₂, Methan,...) lassen Sonnenstrahlung durch aber halten Wärmestrahlung d. Erde zurück -> Wie in einem Gewächshaus
- **Natürlicher Treibhauseffekt:** Wasserdampf, CO₂ & Co. machen Leben auf der Erde erst möglich (+15°C anstatt -18°C)
- **Anthropogener Treibhauseffekt:** durch den Menschen (fossile Verbrennung) zusätzlich emittiertes CO₂ und Methan verstärkt den Treibhauseffekt → Enger Zusammenhang CO₂-Lufttemperatur

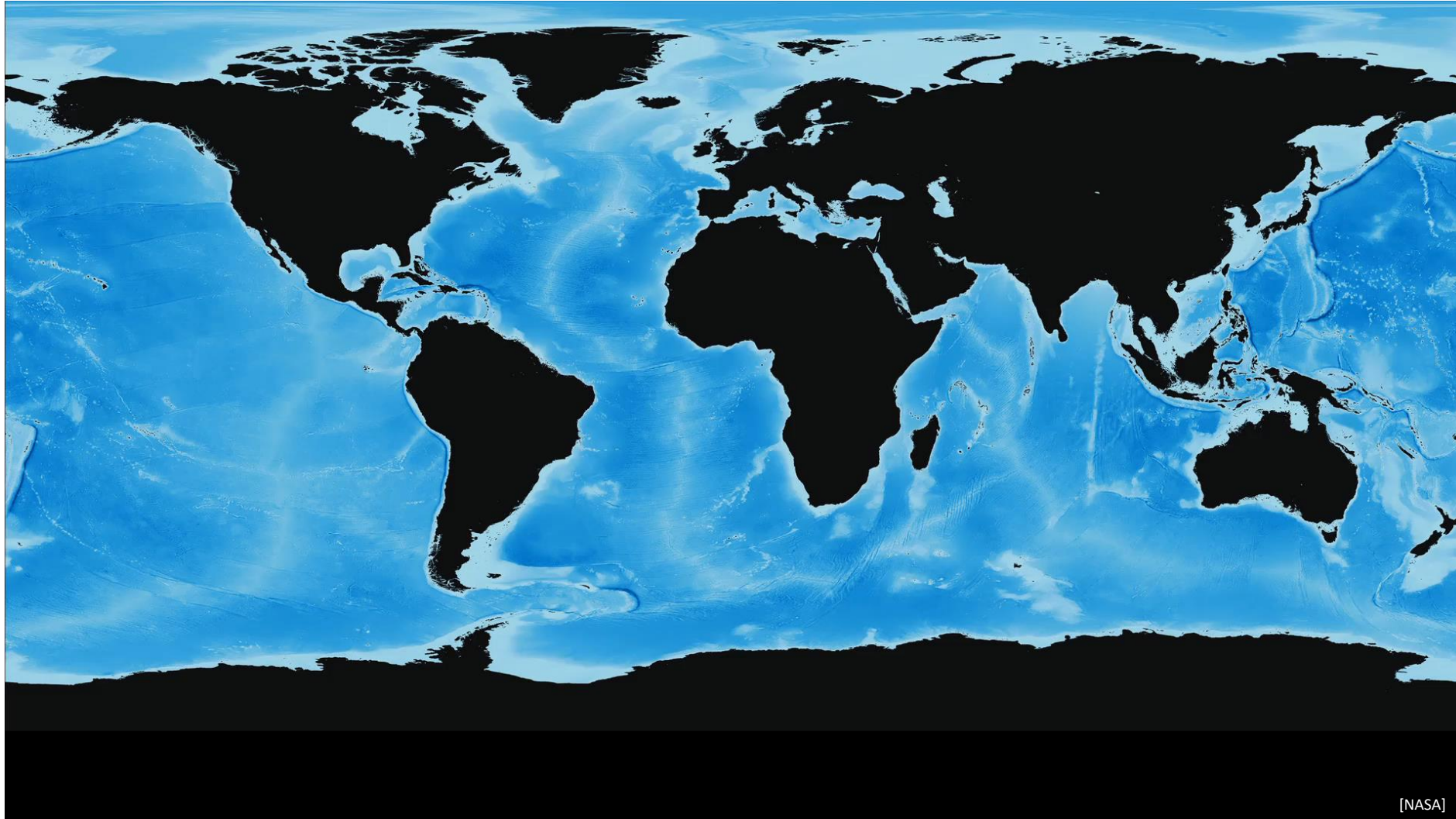
Klimawirksame Treibhausgase

April 2021: 419 PPM



Längste direkte Messreihe CO₂: Mauna Loa (Hawaii) seit 1958
CO₂ Konzentration Apr 2021: 419 PPM (parts per million) = 0,04%

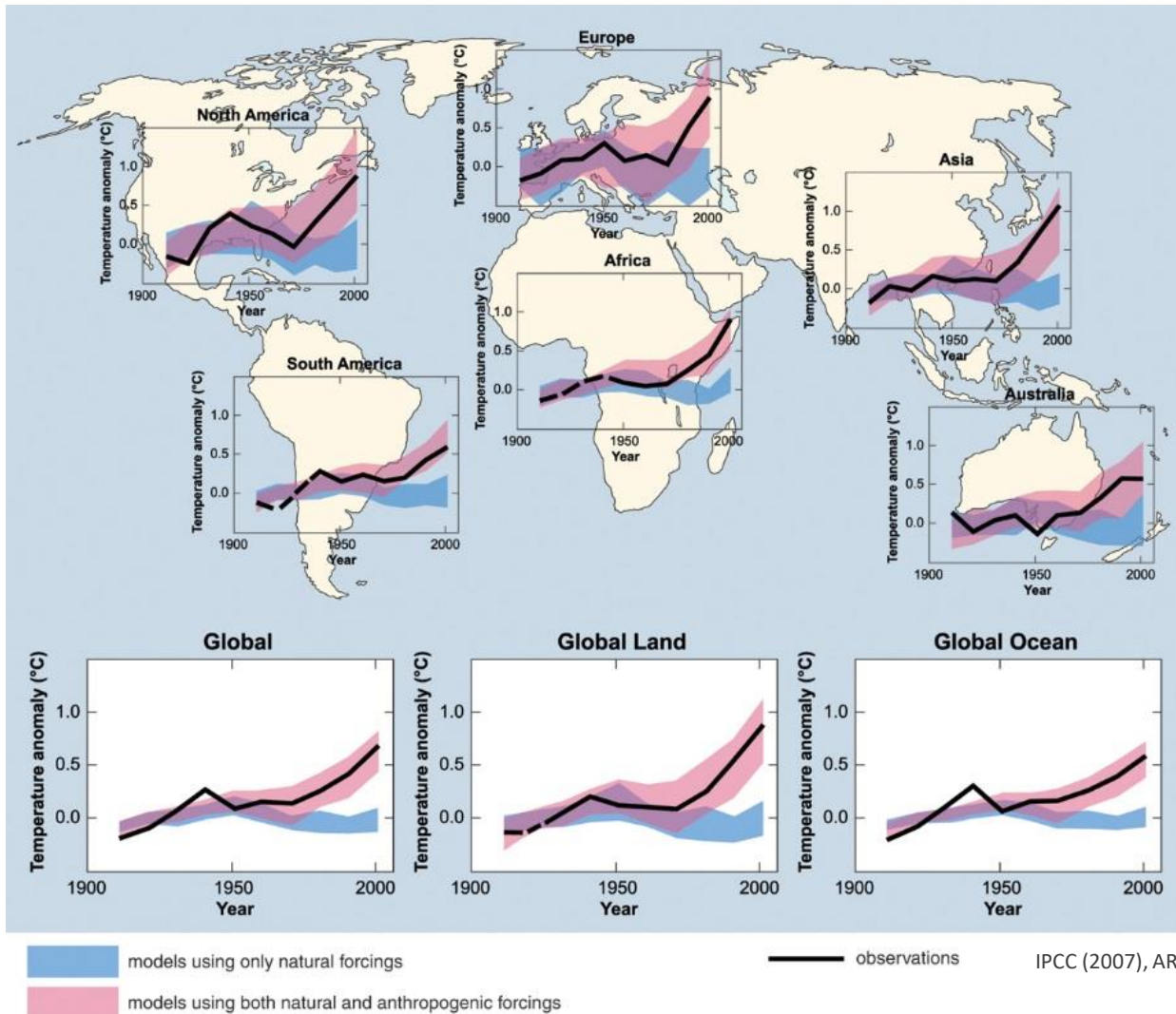
Jahreszyklus CO₂



- Atm. Zirkulation verteilt CO2 Emissionen global
- Egal wo und wann Emissionen passieren
- Saisonaler Zyklus (Vegetation als Senke)
- Starke Emissionsquellen (NO USA, EU, China)

<https://youtu.be/1rZDJrVcie4>

Attribution: Zuordnung der Klimaantriebe



„...extremely probable that more than half of the warming 1950 - 2010 is human Induced (anthropogenic drivers such as GHG's)“
IPCC, 2014 (5th Assessment report)

Beobachtete Erwärmung (schwarz) nur mit menschlichem Einfluss (rot) erklärbar.

Auswirkungen

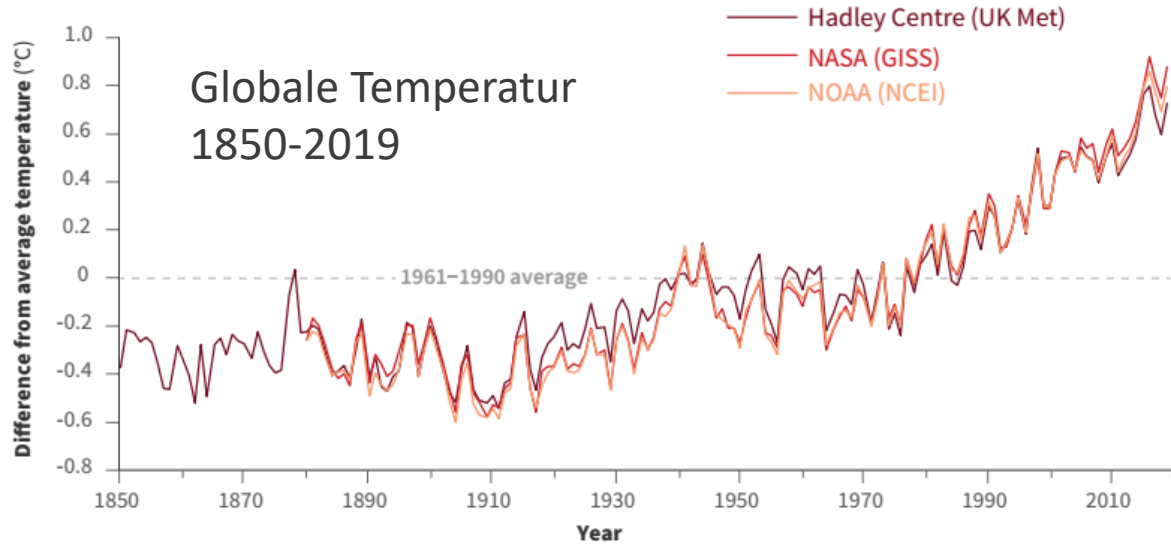
Eine neue geologische Epoche: Das Anthropozän



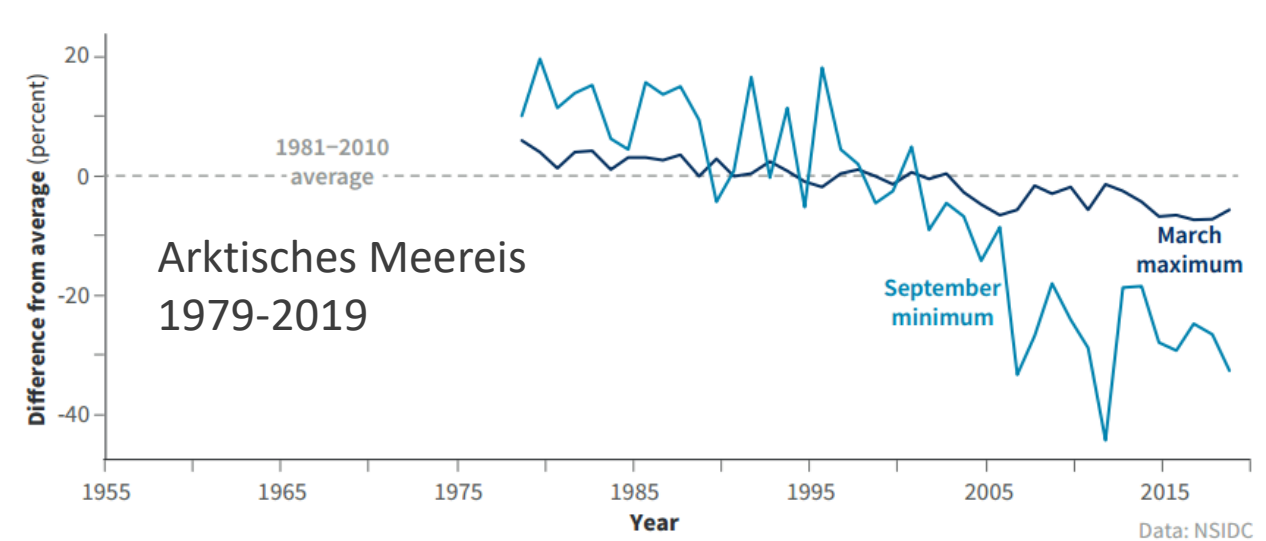
Beobachtete Auswirkungen der Klimaänderung global



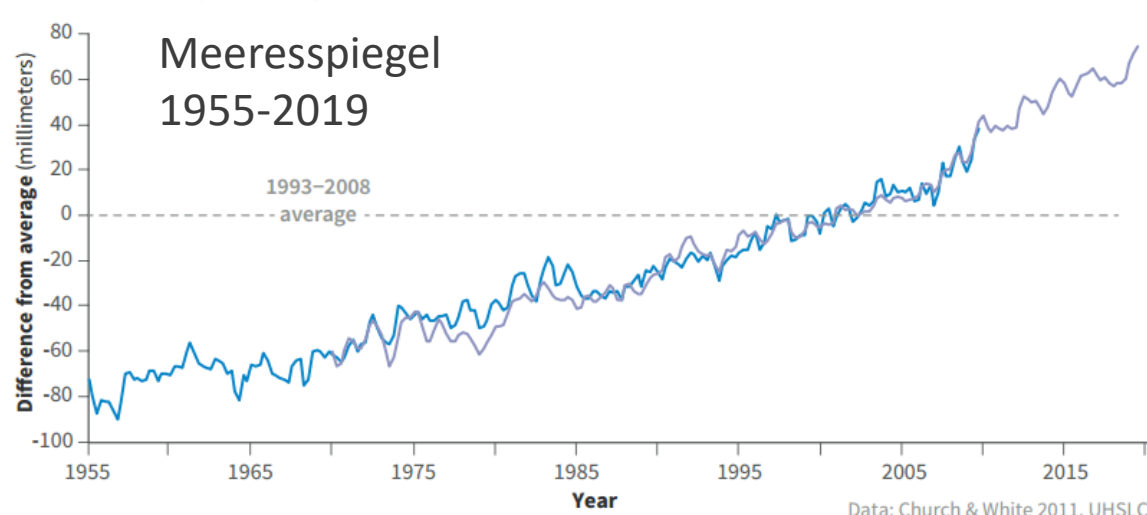
Annual global surface temperature (1850–2019)



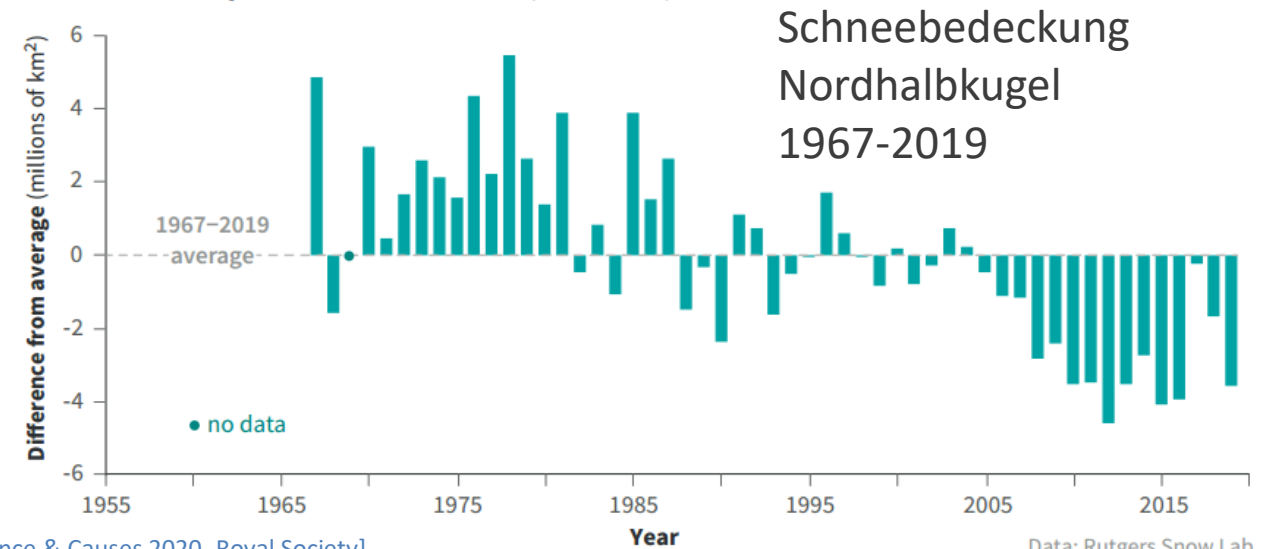
Arctic sea ice extent in winter and summer (1979–2019)



Global sea level (1955–2019)

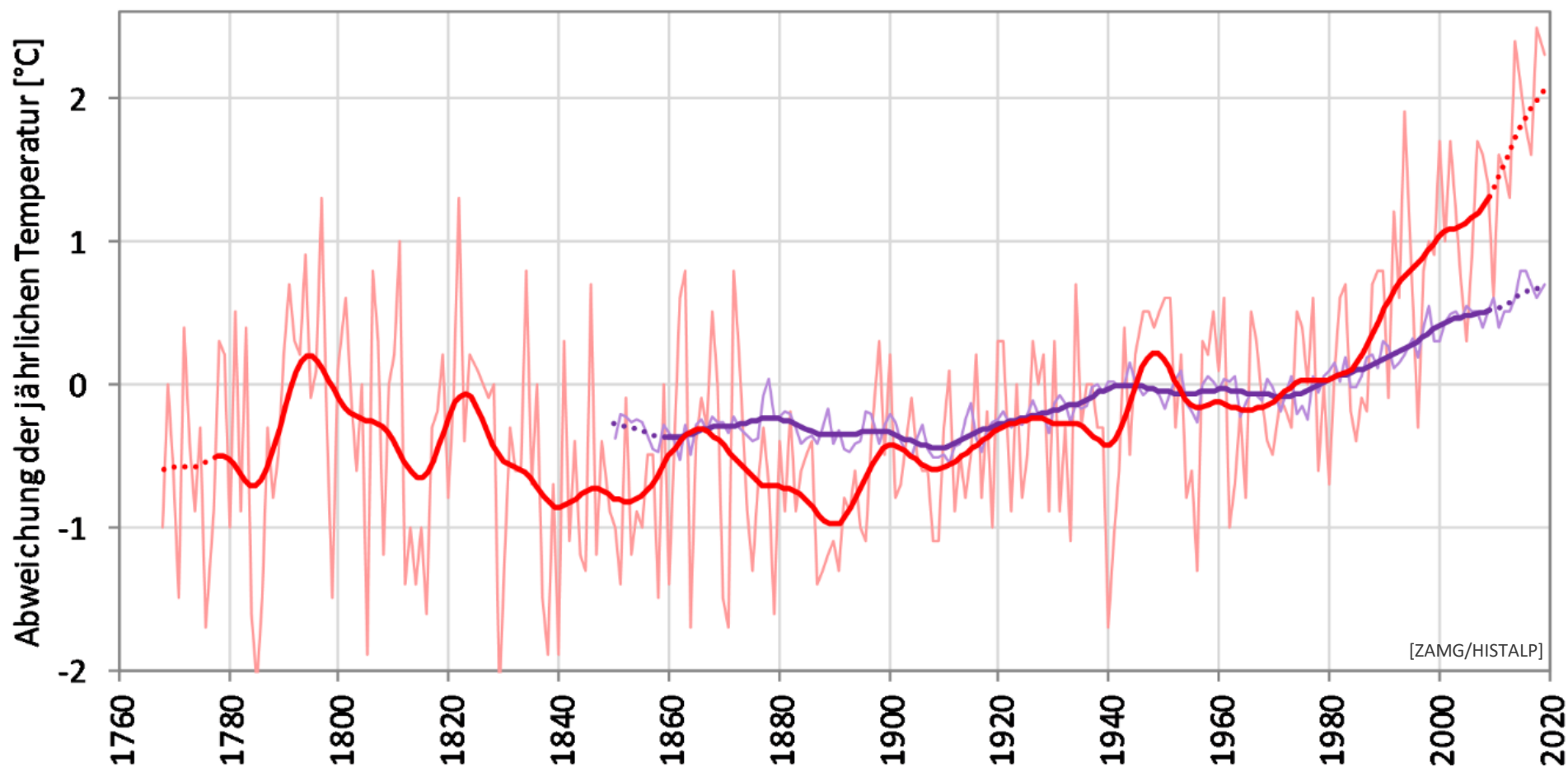


Northern Hemisphere June snow cover (1967–2019)



Direkt gemessene Änderung der Lufttemperatur

Lufttemperatur Österreich und Global 1767-2019 (direkte Messungen)



Österreich
+1.8°C *

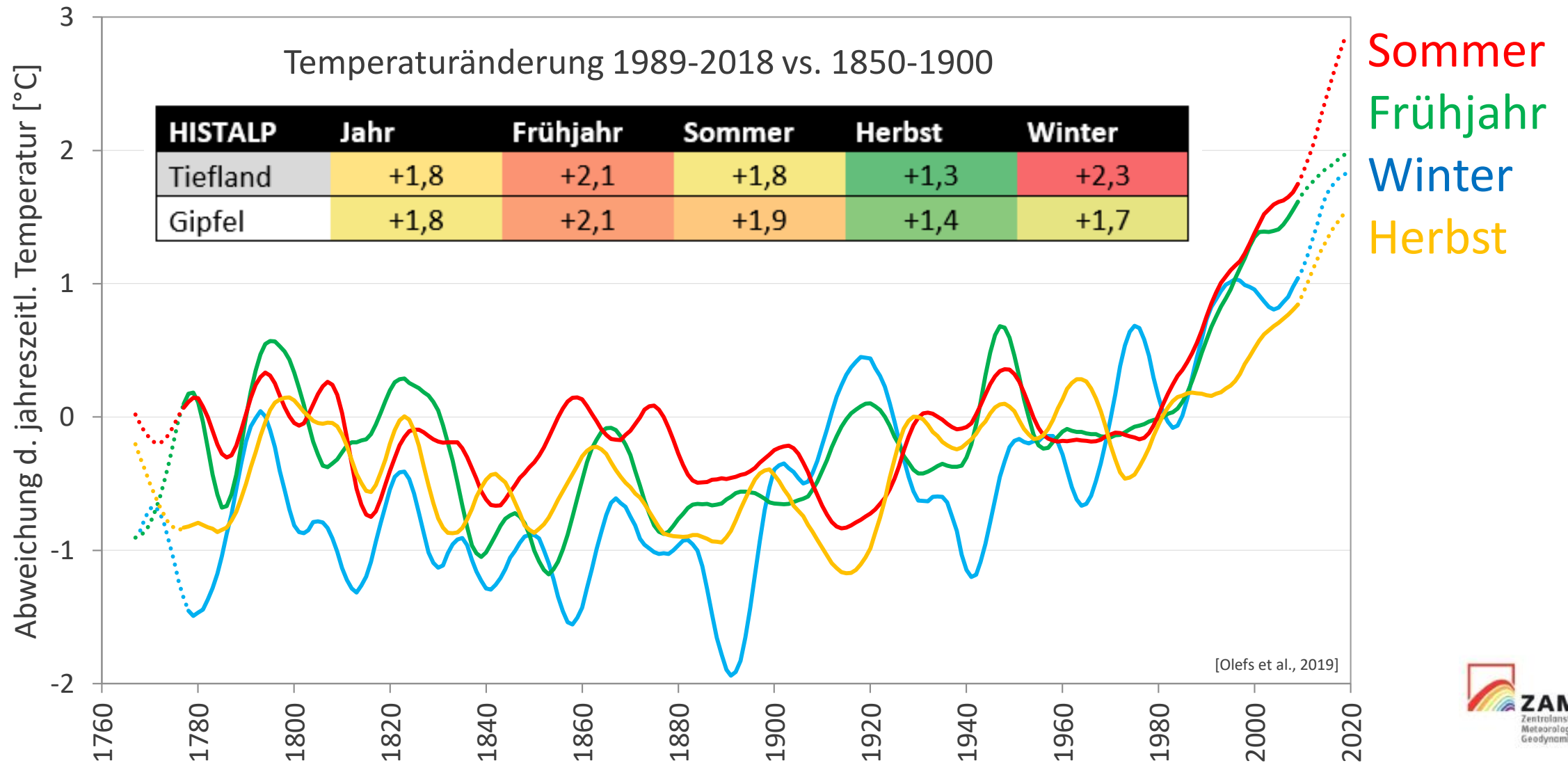
Global
+0.9°C *

*: 1989-2018 vs. 1850-1900



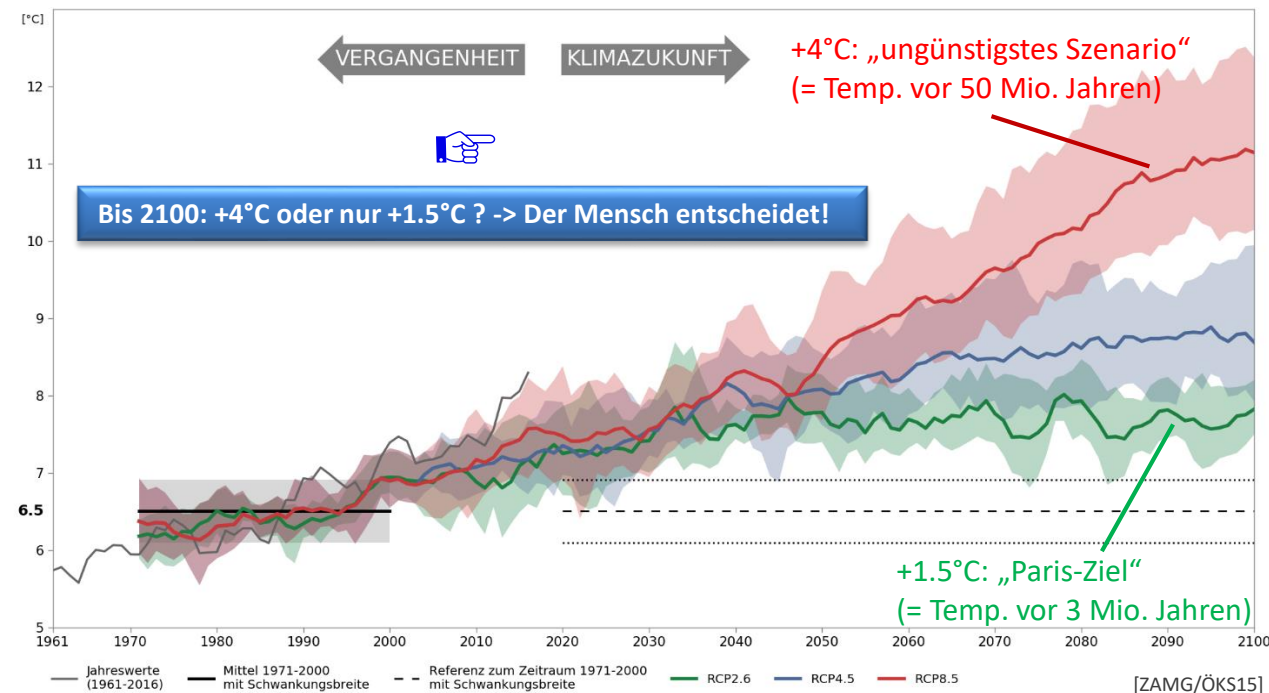
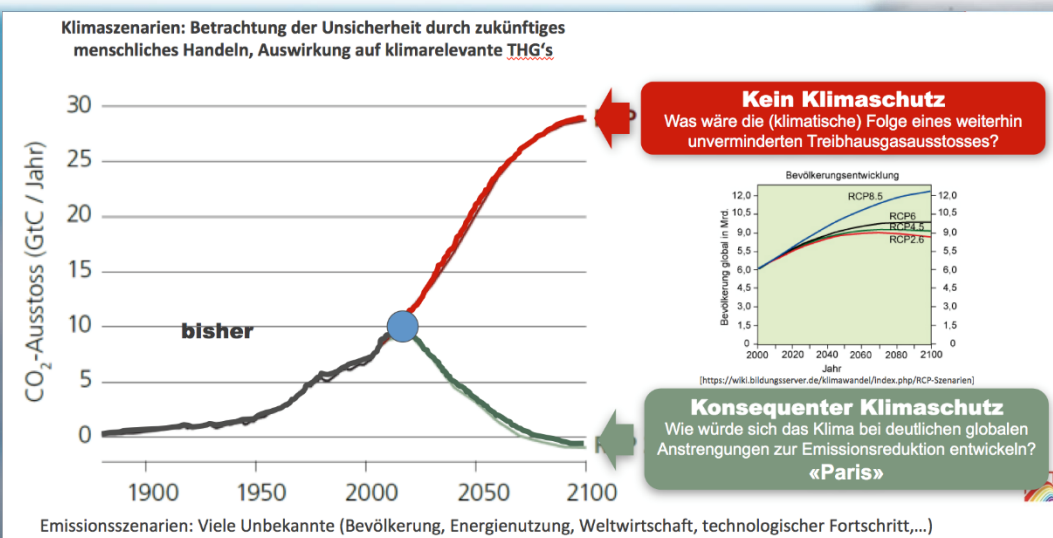
Doppelt so starker Anstieg in Österreich vs. Global
(Hauptgrund: Landflächen erwärmen sich schneller als Ozeane)

Saisonale Änderung der Lufttemperatur



Zukünftig erwartete Klimaänderung Österreich

- Wichtigstes Werkzeug zur Abschätzung d. zukünftigen Klimaentwicklung: Klimamodelle
- -> keine Prognosen sondern Beantwortung realistischer „Was wäre wenn“ Fragen

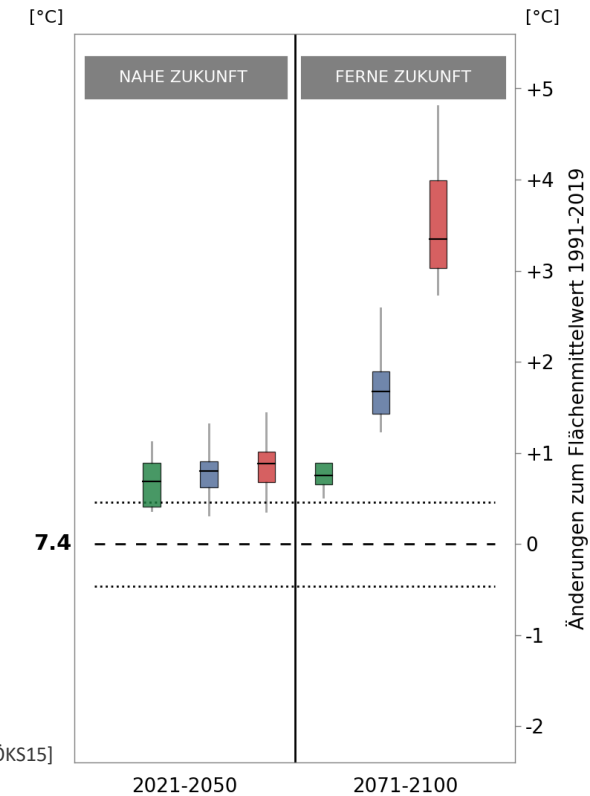
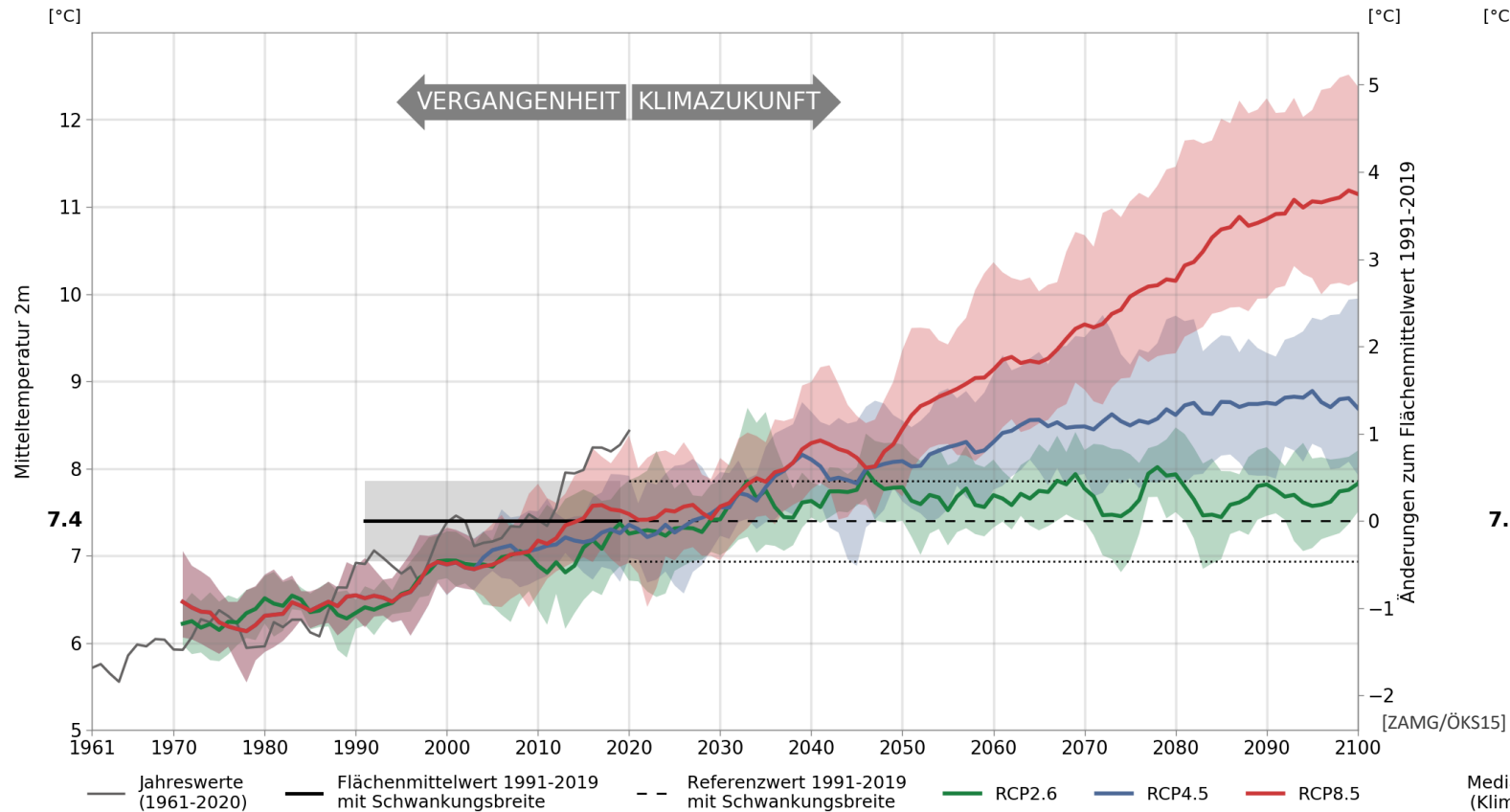


Emissionen

Klimaänderung

Klimafolgen

Temperaturentwicklung Österreich – Vergangenheit und Zukunft



Median und Bandbreite basierend auf RCP2.6 (Paris-Ziel), RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario) und RCP8.5 (Business-as-usual-Szenario).

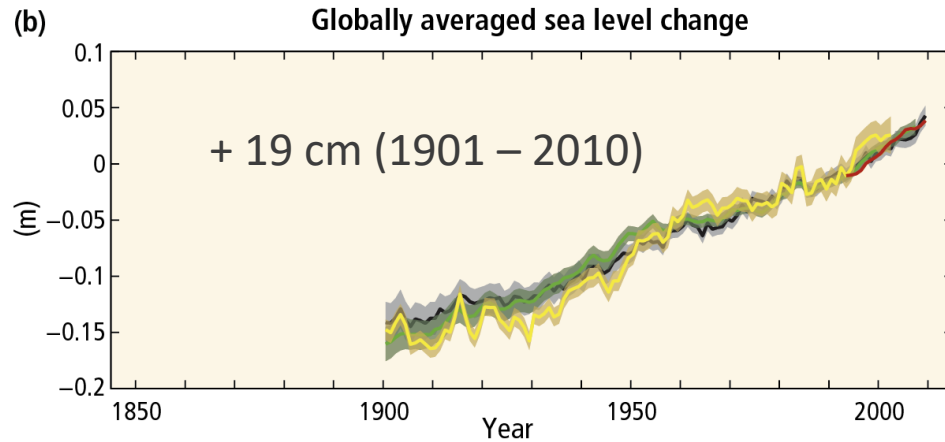


Bis 2100: +4°C oder nur +1.5°C ? -> Der Mensch entscheidet!

Auswirkungen der Erderwärmung Global

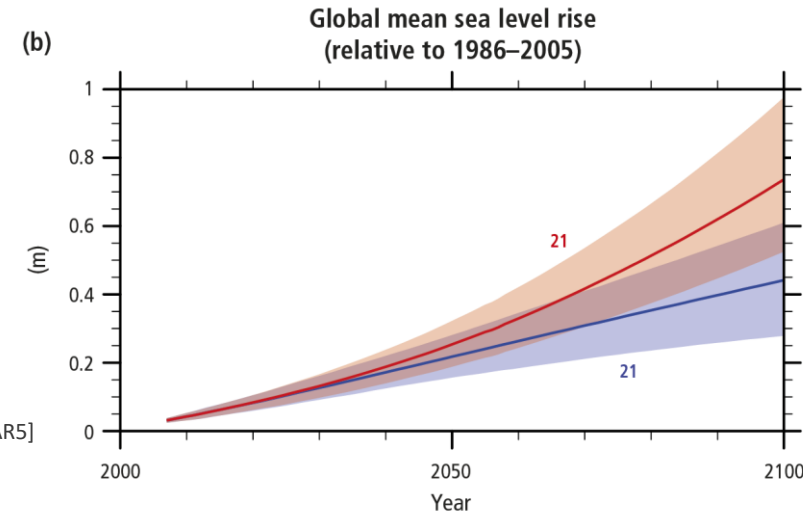
globaler Meeresspiegelanstieg

Vergangenheit (beobachtet)

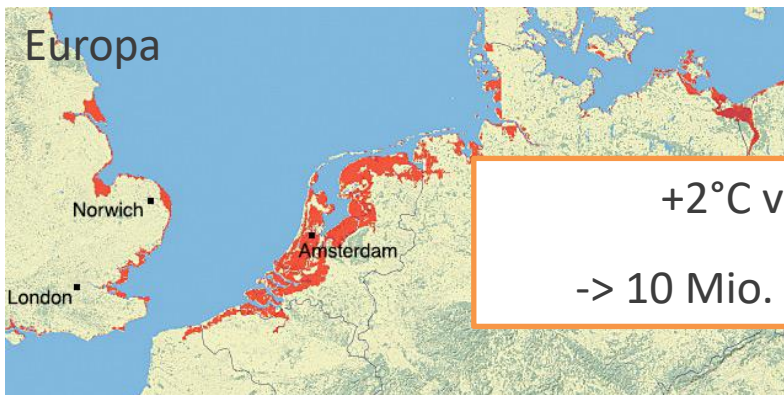


[IPCC (2014), AR5]

Zukunft (erwartet)



Überflutete Landflächen (rot) bei 1 m Anstieg d. Meeresspiegel



+2°C vs. +1.5°C bis 2100: Meeresspiegel um 10 cm niedriger
-> 10 Mio. Menschen weniger betroffen (z.B. Ernährungssicherheit)

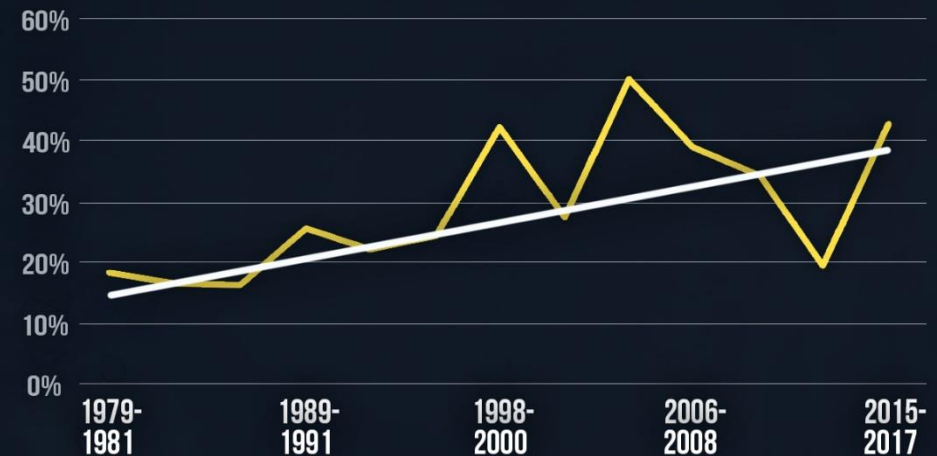
[climate.nasa.gov]

Past observed and future expected impacts of global warming: Hurricanes



ATLANTIC HURRICANES GETTING STRONGER

PERCENT OF ALL HURRICANES AS MAJOR STORMS



Based on 6-hour observations for major tropical cyclones (Cat 3-5 compared to all Cat 1+ tropical cyclones). Data collected into 3-year periods. Source: Kossin et al. (2020)

CLIMATE  CENTRAL

[climate.nasa.gov]

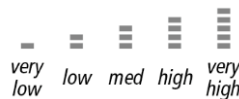
[@elroce - stock.adobe.com]



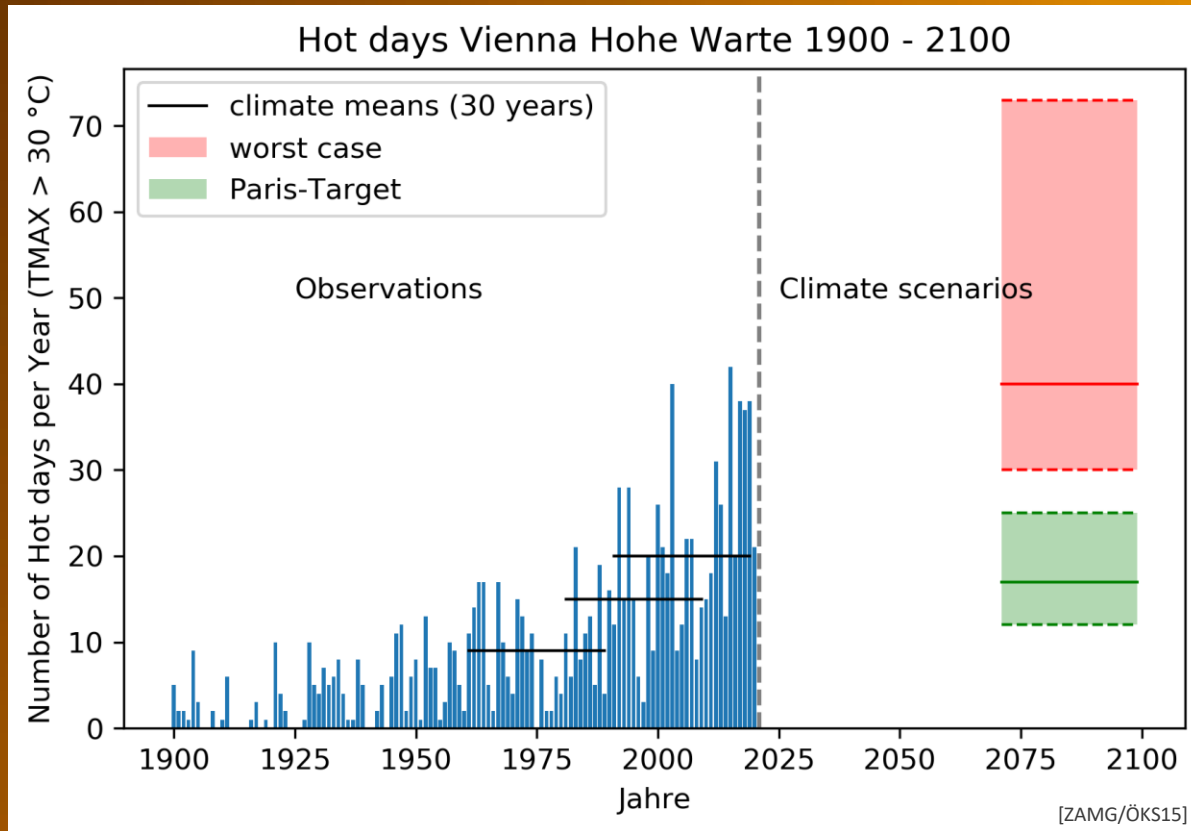
Wichtigste Klimafolgen in Österreich und betroffene Gebiete/Sektoren:

- **Hitze-/Kältebelastung für Menschen nimmt zu/ab** (mehr Heiße Tage und Tropennächte, weniger Frostage): Flachland, Städte (Hitze), alle Höhenlagen (Frost), Forstwirtschaft (Borkenkäfer, Baumarten), Gesundheit (Hitze, Stechmücken)
- **Kryosphäre nimmt langfristig ab** (Schnee, Permafrost, Gletscher): Tourismus, Alpinismus
- **Trockenheit/Dürre nimmt zu** (hauptsächlich durch erhöhte Verdunstung im Sommer): ins Besondere Flachland, Land- und Forstwirtschaft/Energieerzeugung/Transportwesen
- **Höheres Potential für lokale Starkniederschläge/Gewitter/Hagel/Sturmböen** (Transportwesen, Infrastruktur)
- **Naturgefahren:** höhere Waldbrandgefahr, höheres Potential Hangrutschungen/Muren
- Anzeichen für **erhöhte Persistenz** (Andauer) von Wetterlagen im Sommer (extremere Ereignisse)

level of confidence
„Belastbarkeit“



Auswirkungen: Hitze



Hitze-Mortalitätsmonitoring der AGES

Schätzung der Hitze-assoziierten Übersterblichkeit inklusive 95% Konfidenzintervall, Österreich, Sommerperioden, 2013-2019

Sommer	Hitze-assoziierte Übersterblichkeit	95% Konfidenzintervall (KI)
2013*	895	773; 1017
2014*	134	33; 234
2015*	1122	961; 1283
2016*	0	-46; 46
2017*	586	343; 830
2018*	766	583; 949
2019**	198	-41; 438

* Temperaturdaten von 32 Messstationen, die den 40 größten Ortschaften zugeordnet wurden

** Temperaturdaten von 181 Messstationen im gesamten Bundesgebiet

[www.ages.at]

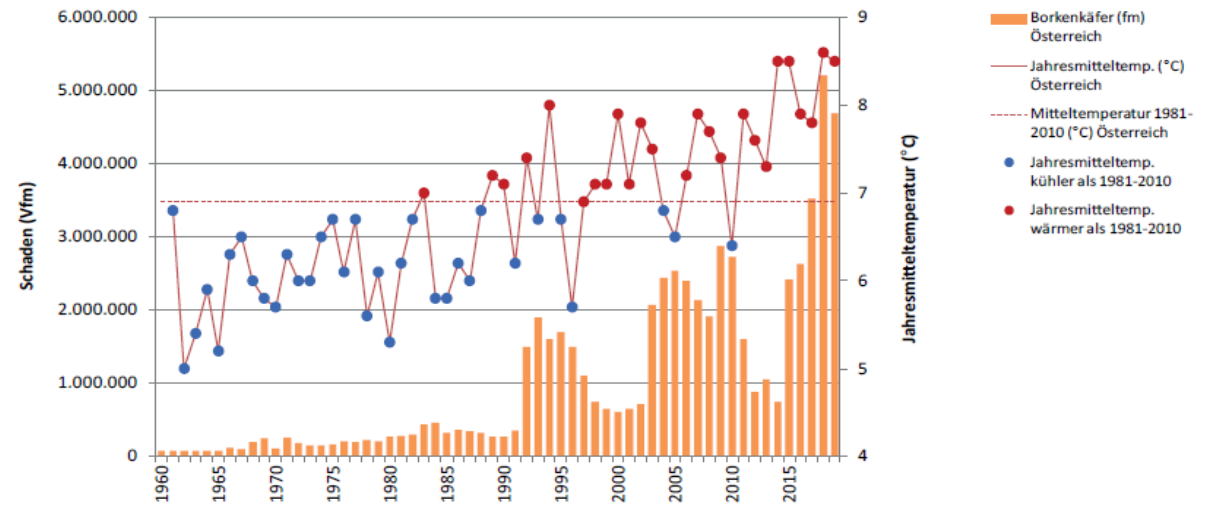
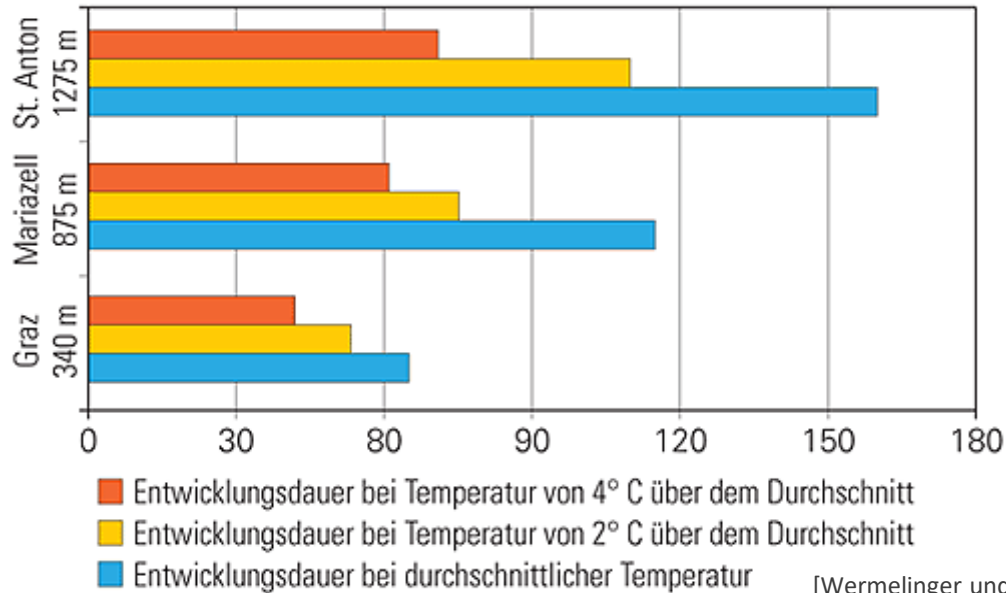
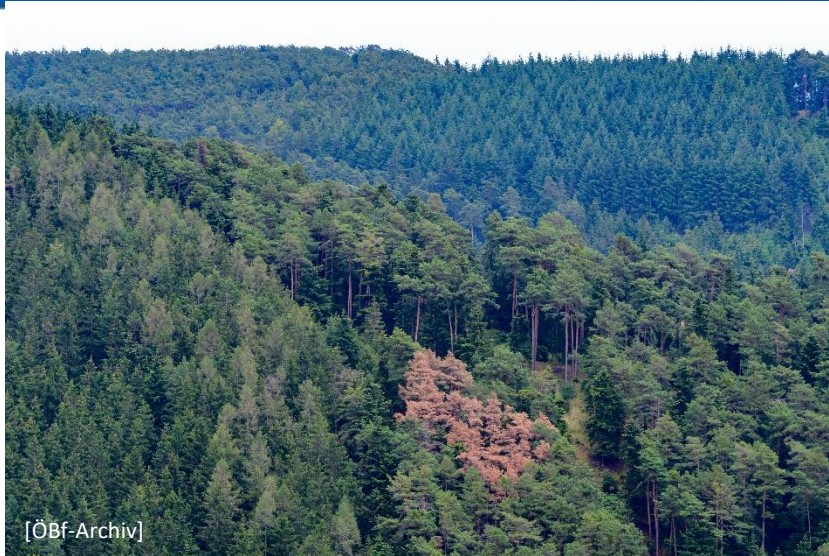
- Mehr, längere und heißere Hitzewellen
- Wärmere Nächte

Klimarisiko mit größter Gesundheitsauswirkung (Sterblichkeit, Produktivität, Wohlbefinden) [SR Health, Haas et al., 2018]

Ohne Klimaschutz wird ein Sommer wie 2018/19 am Ende des Jahrhunderts zu einem mittleren Sommer.



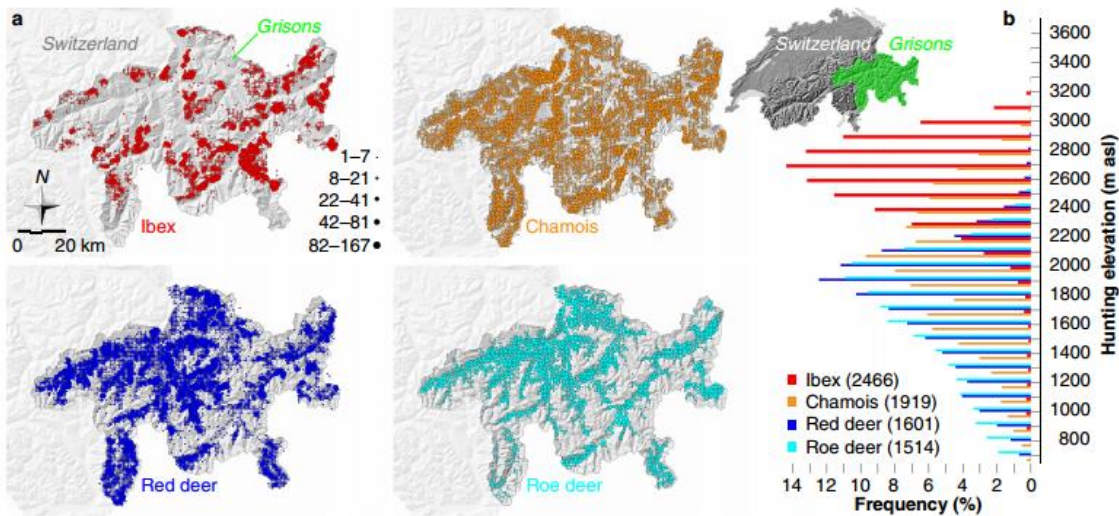
Auswirkungen: Wald / Forstwirtschaft



Zunehmende Schäden durch Borkenkäfer in Österreich und steigende Mitteltemperaturen (Hoch & Steyrer 2020: CCCA Fact Sheet #31)

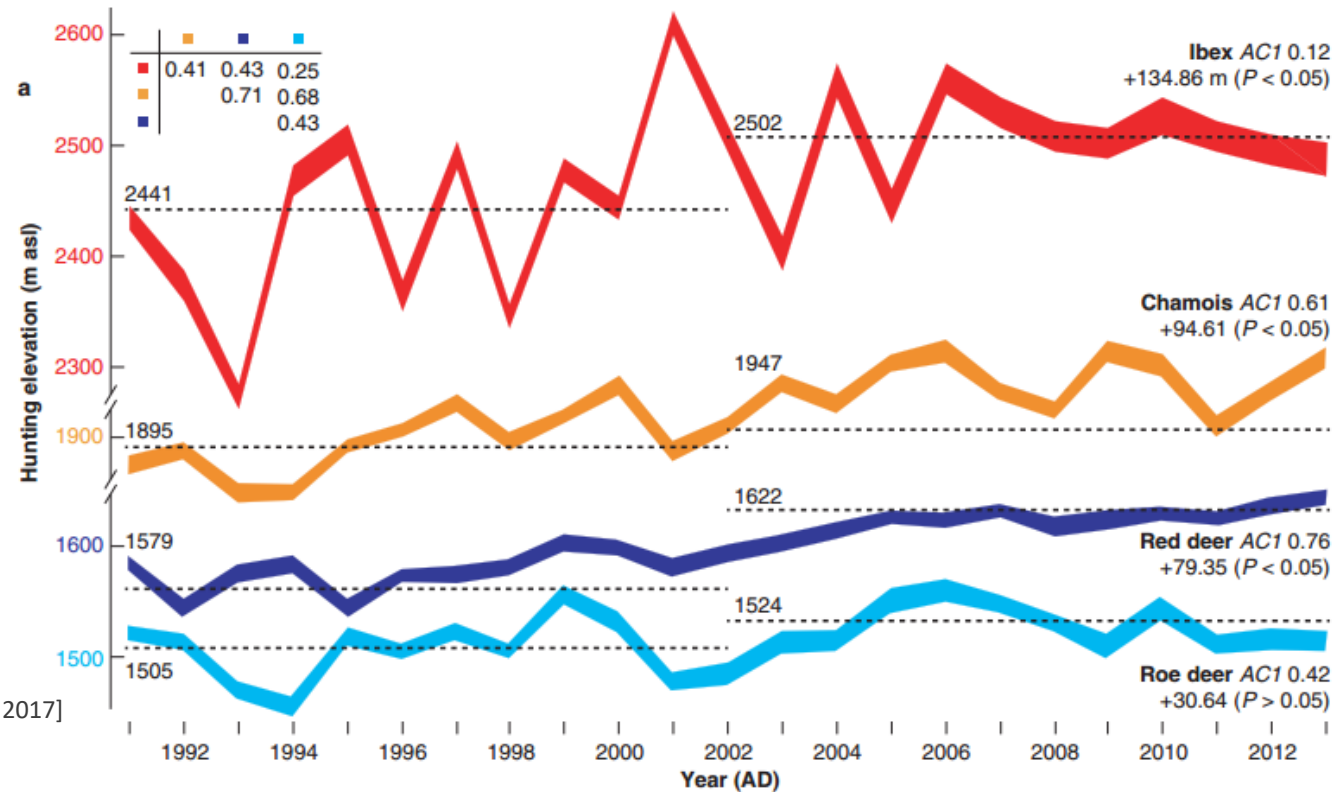
„Höhenwanderung“ der Berghufterarten

Kanton Grisons (CH), 230 000 Abschüsse, 1991-2013



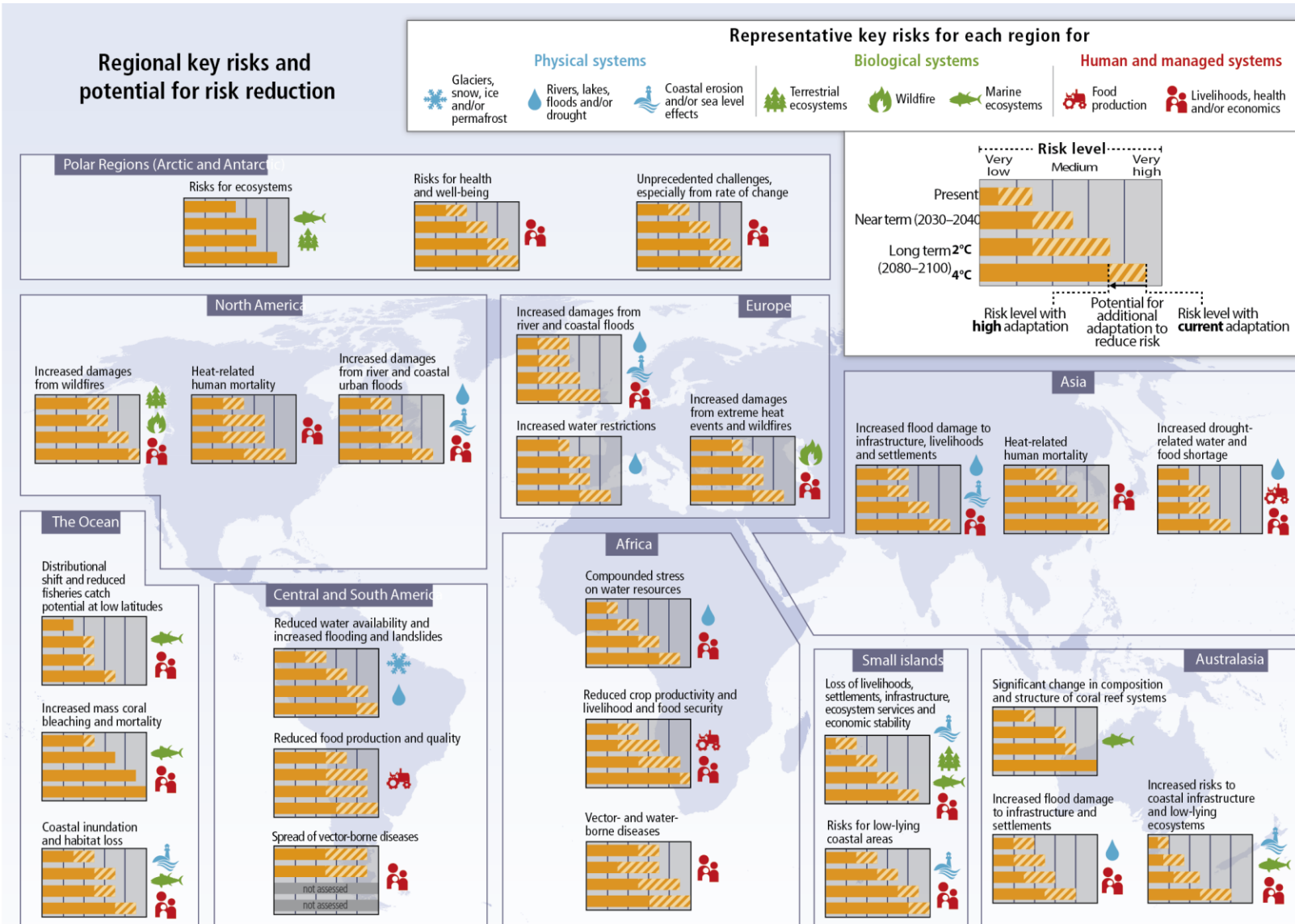
[Büntgen et al., 2017]

Entwicklung Jagdhöhe



Klimaerwärmung -> weniger Schnee -> Mehr Vegetation und Futter -> Vorkommen in höheren Lagen -> höherer Abschussort

Past observed and future expected impacts of global warming

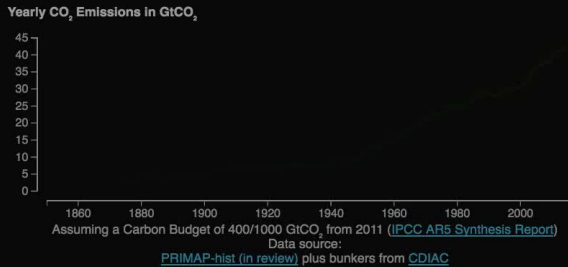
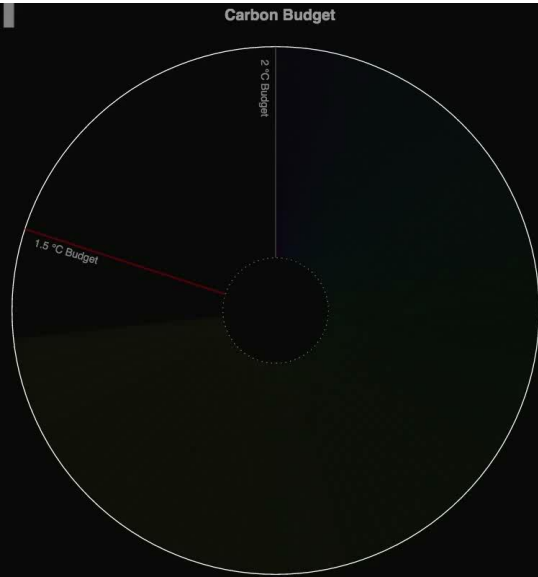


- Higher and new climate risks with increasing warming
- Larger warming needs higher adaptation efforts to reduce the risks

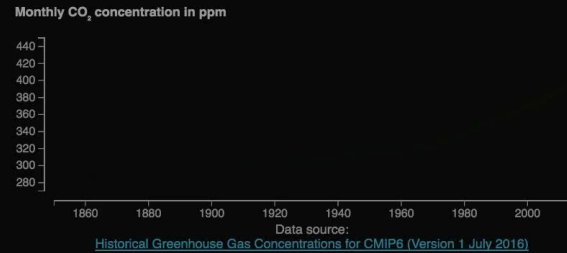
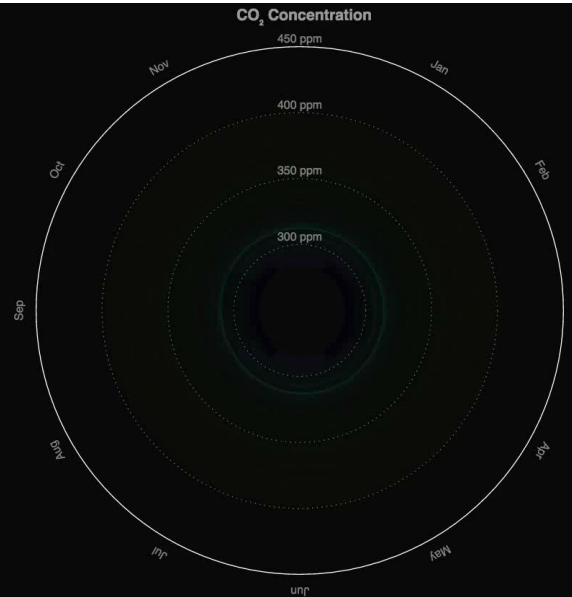
Emissionen

CO2 Emissionen und Temperatur: Wie viel Zeit haben wir noch?

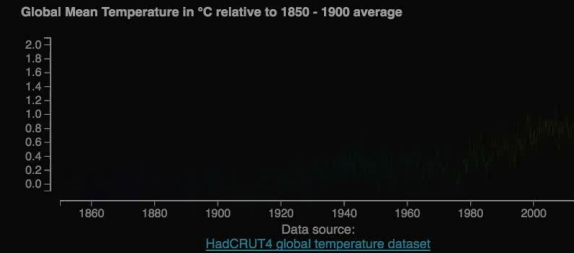
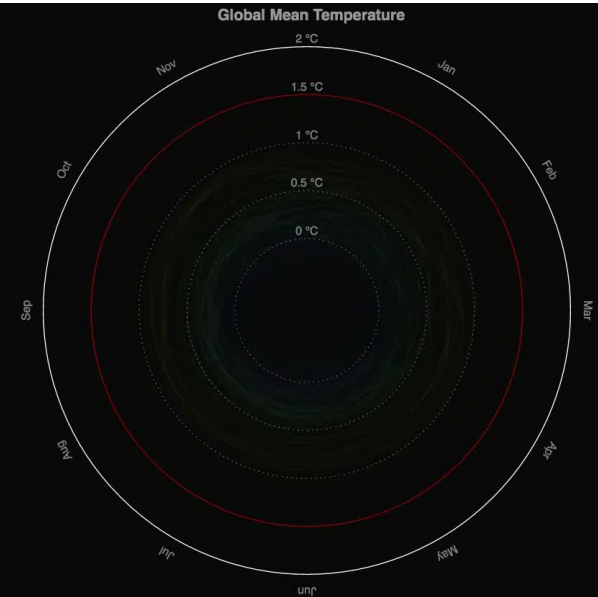
CO2 Budget



CO2 Konzentration



Temperatur global



Original Climate Spiral by Ed Hawkins (Climate Lab Book),
extended with Carbon Budget and Concentration Spiral by
Robert Gieseke and Malte Meinshausen
(PRIMAP Group, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany &
Australian-German Climate & Energy College, The University of Melbourne, Australia)
Data Processing · Source Code

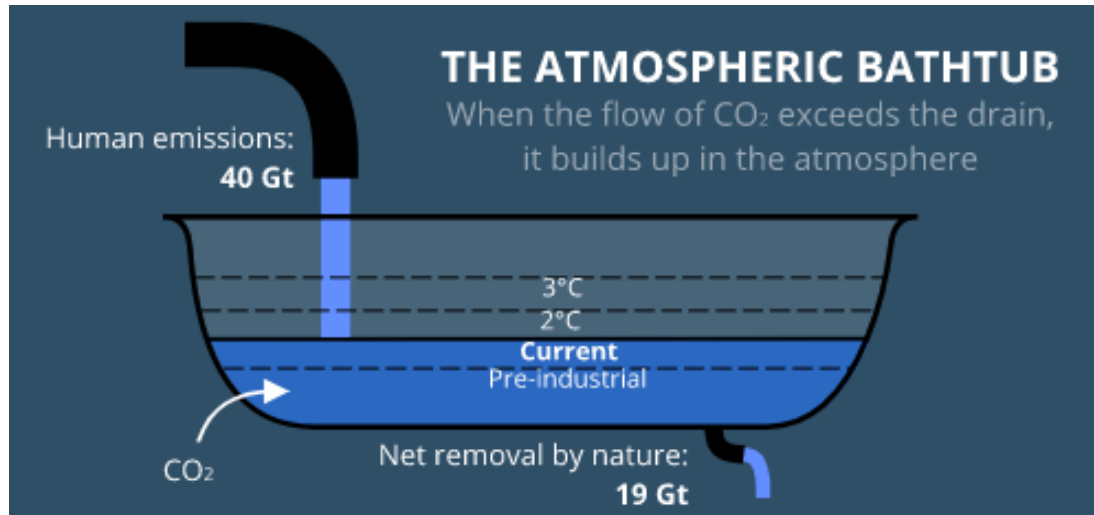
<http://openclimatedata.net/climate-spirals/from-emissions-to-global-warming-line-chart/>



1.5°C Ziel: Globales Restbudget von 570 GtCO₂, 14 Jahre Zeit (bei derzeitigen Emissionen)

Das CO₂ Vermächtnis – Verantwortung für die nächsten Generationen

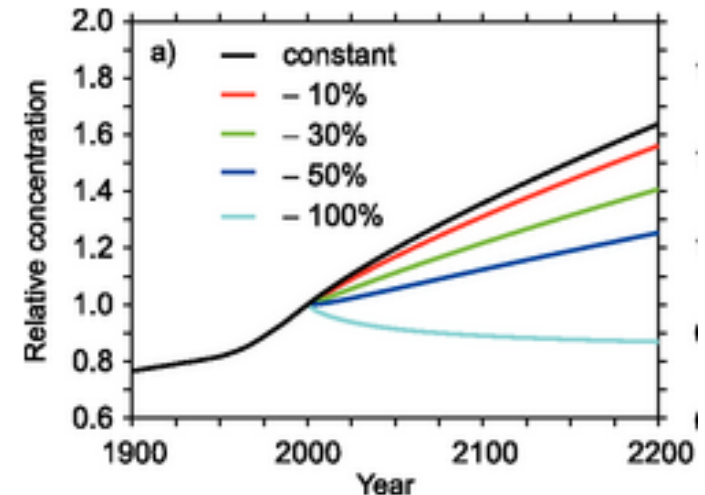
Starkes Ungleichgewicht im Kohlenstoffkreislaufs
...viel Wasser fließt in die Badewanne rein...
...aber nur durch ein kleines Loch wieder raus...



[<https://egede-nissen.com/blog/climate-change/2018/the-carbon-budget-living-beyond-our-means/>], CC BY-NC-ND 4.0



Drastische Reduktion der Emissionen erforderlich um Klimarisiken zu stabilisieren/reduzieren



Grafik: Relative Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre unter Annahme einer konstanten Emission bzw. einer Emissionsminderung von -10%, -30%, -50% bzw. -100% im Jahr 2000.

https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-10-3.html

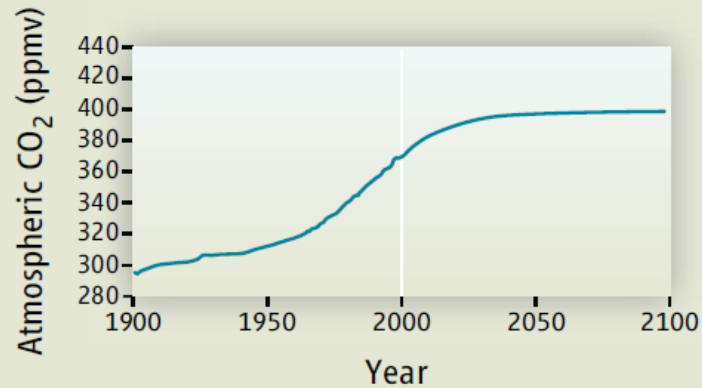
Sofortiger Stopp globaler CO₂ Emissionen:

- CO₂ Konzentration nur -10% nach 200 Jahren
- Fast konstante Temperatur für Jahrhunderte
- Meeresspiegelanstieg für tausende von Jahren!

Das mentale Modell der globalen Erwärmung – „The climate stabilization task“

1

Consider a scenario in which the concentration of CO₂ in the atmosphere gradually rises to 400 ppm, about 8% higher than the level in 2000, then stabilizes by the year 2100, as shown here:

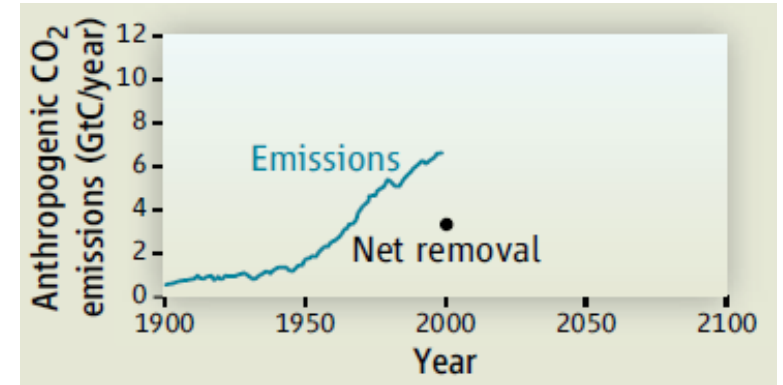


2

The graph below shows anthropogenic CO₂ emissions from 1900–2000, and current net removal of CO₂ from the atmosphere by natural processes. Sketch:

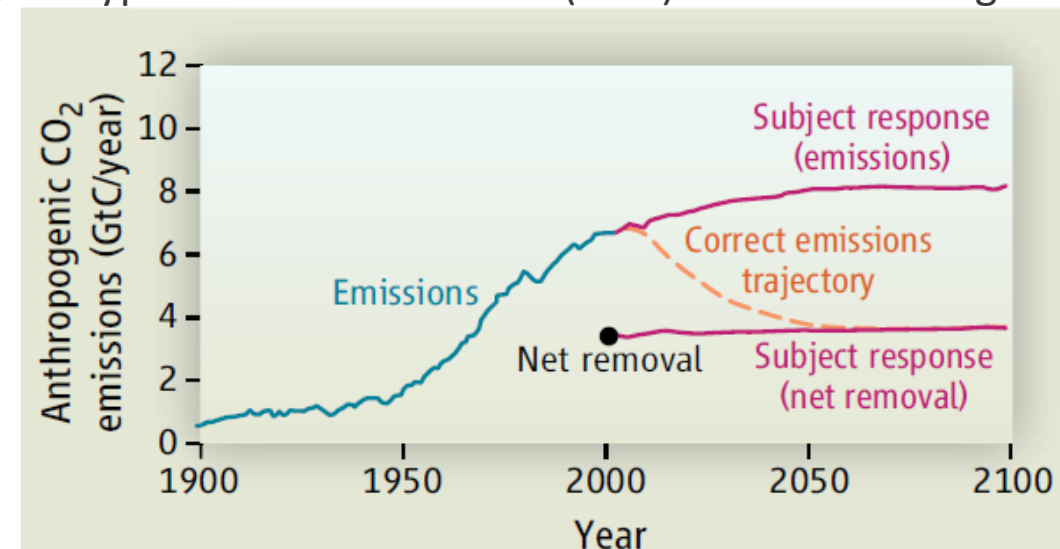
- Your estimate of likely future net CO₂ removal, given the scenario above.
- Your estimate of likely future anthropogenic CO₂ emissions, given the scenario above.

„Reicht eine Stabilisierung der Emissionen um die CO₂ Konzentration zu stabilisieren?“



3

Typische Antworten und (eine) korrekte Lösung



- korrektes Verständnis für Einnahmen-/Ausgabenrechnung oft nicht vorhanden
- breites öffentliches Bewusstsein essentiell für politischen und sozialen Wandel

Atmosphärische Effekte des Shutdowns:

Klimarelevante Treibhausgase (CO_2 , CH_4 , N_2O) – Langlebig (10 bis $\gg$ 100 Jahre)

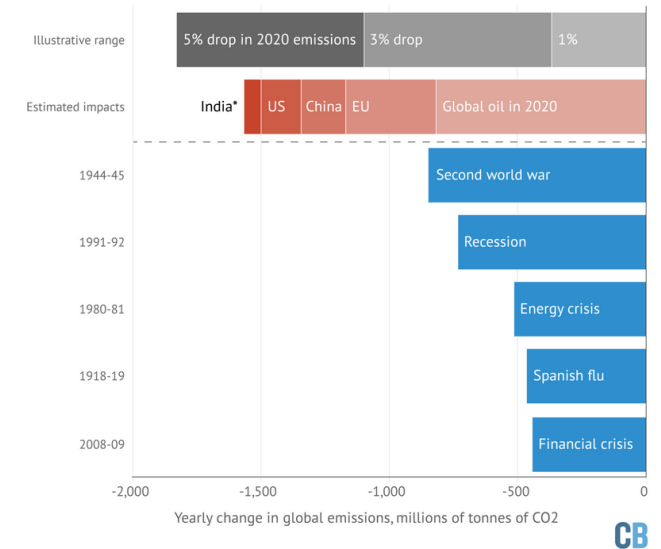
- Best guess CO_2 Emissionen 2020: -5% (-1.6 Gt CO_2) (noch keine belastbaren Daten!)
- Erreichen des 1.5°C Ziels (Pariser Klimaabkommen): -6% **pro Jahr(!)** notwendig
- Unterschied Folgen globale Erwärmung vs. Pandemie: langsamer aber intensiver und weitreichender.



Globale Erwärmung ist irreversibel (auf Zeitskala der Menschheit) aber weitere Erwärmung ist vor allem durch weitere zukünftige Emissionen bestimmt

Coronavirus could trigger the **largest ever annual fall** in CO_2 emissions

Pre-crisis GDP estimates suggested CO_2 would rise by more than 1% in 2020 (470Mt CO_2)

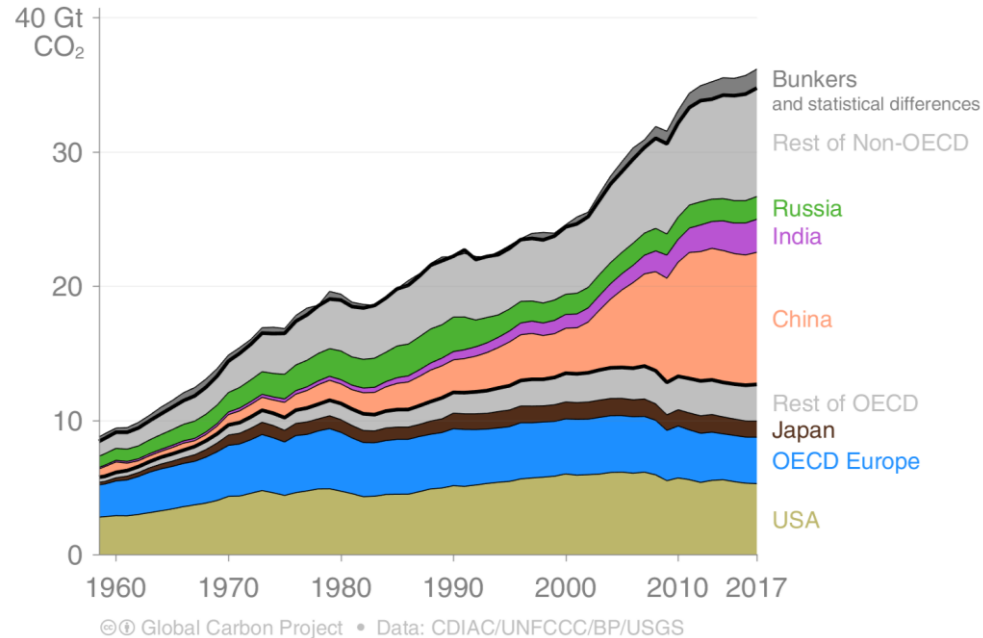


The five largest falls in annual global CO_2 emissions ever recorded are shown in blue bars, in millions of tonnes of CO_2 . The grey bars illustrate how far emissions would fall in 2020 under a 1%, 3% or 5% reduction compared to 2019 levels. The red bars show estimated emissions impacts of the coronavirus crisis in 2020 on the global oil sector, the EU carbon market, China, the US and India, with the latter only accounting for changes in the power sector. Where possible, estimates are shown relative to pre-crisis forecasts. Geographical estimates exclude oil. Source: Carbon Brief analysis of emissions data from the Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC) and the Global Carbon Project; analysis of assessments from ICIS and the US Energy Information Administration; analysis of daily data from India's Power System Operation Corporation (POSOCO). Chart by Carbon Brief.

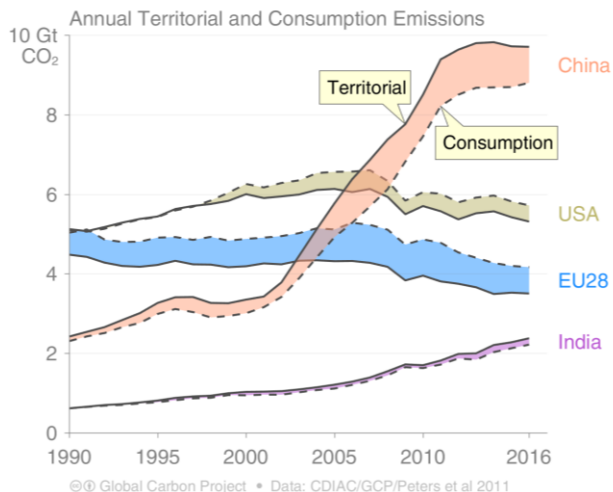
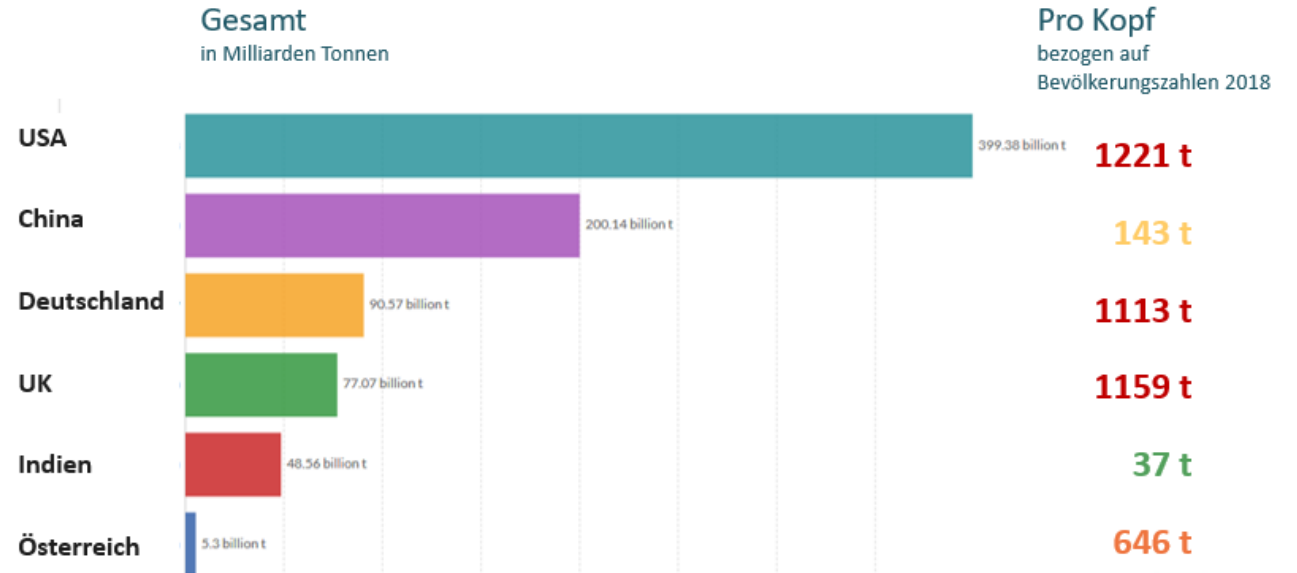
<https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-set-to-cause-largest-ever-annual-fall-in-co2-emissions>

Therapie: Emissionen global und in Österreich

Annual Fossil CO₂ Emissions



Angesammelte CO₂-Emissionen 1751-2017 in den aktuell haupt-emittierenden Ländern und Österreich: ein historischer Rucksack



- Österreich: ca. 80 Mio. Tonnen/Jahr (0.2%) (konsumbasiert ca. +30%)
- Die „schmutzigen“ Sechs: China, USA, EU, Indien, Russland, Japan (2/3 der Emissionen)

2 Verteilungskonflikte:

- Akteure mit verschiedenen Kosten-Nutzen Abwägungen
- Kosten für Klimaschutz fallen jetzt an, Nutzen erst f. kommende Generationen

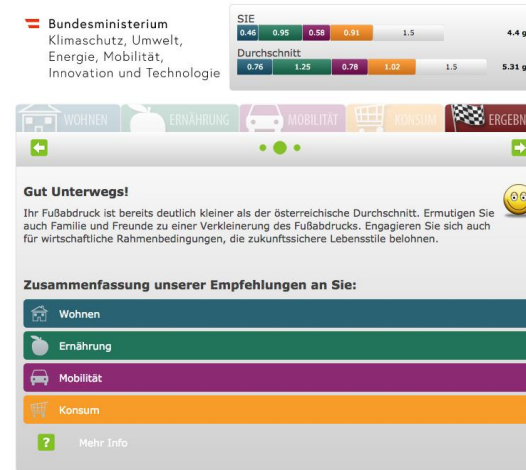
Was kann/muss die Menschheit tun ?



- Klimawandel ist bereits da: Investition in gut durchdachte **Anpassungsmaßnahmen** (z.B. zukunftssichere Baumarten/Früherkennung Borkenkäfer, klimatisch widerstandsfähige Städte)
- Unmittelbare, drastische und globale **Reduktion der Treibhausgase**:
 - Investition in klimafreundliche Technologien, die so wirtschaftlich sind, dass andere Länder sie auch wollen
 - Sämtliche Modernisierungen sollten zur Klimaneutralität beitragen (z.B. breite Akzeptanz „Erneuerbarer“)
 - Neue Technologien müssen breit getestet werden um Entwicklung zu fördern
- Paris konforme, nationale Klimapolitik
- Die derzeitige Chance nicht verpassen
- Keine Förderung fossiler Energieträger mehr (Flugpreise,...) / stärkere Förderung erneuerbarer Energien
- Energieeffizienz erhöhen
- CO2 muss einen Preis bekommen (z.B. Lenkungsabgabe – sozial verträglich)
- Konsumbasiertes CO2 Monitoring
- Wirtschaftswachstum und CO2 Anstieg müssen entkoppelt werden
- Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen betrachten und kennzeichnen (CO2 Fußabdruck)

Was kann jeder Einzelne tun ?

- Drüber reden (mit jedem im Bekanntenkreis: worum geht's?, wieso ist das so wichtig?, was hängt davon ab?)
- klimafreundlicheren und nachhaltigeren Lebensstil überdenken/umsetzen (im Einzelnen wenig, in Summe nicht unwesentlich)
- Sich informieren



<https://www.mein-fussabdruck.at/#>



„Das Klima hat sich schon immer verändert“

Ja, aber auf den Grund (Antrieb) kommt es an! ...und ob sich Mensch und Natur (schnell genug) anpassen können.

„0.04% CO₂ können nicht das Weltklima beeinflussen“

Die Konzentration einer Schmerztablette ist um Faktor 10 geringer (gemessen am Körpergewicht des Menschen), trotzdem wirkt sie. → Konzentration hat nichts mit Wirksamkeit zu tun!

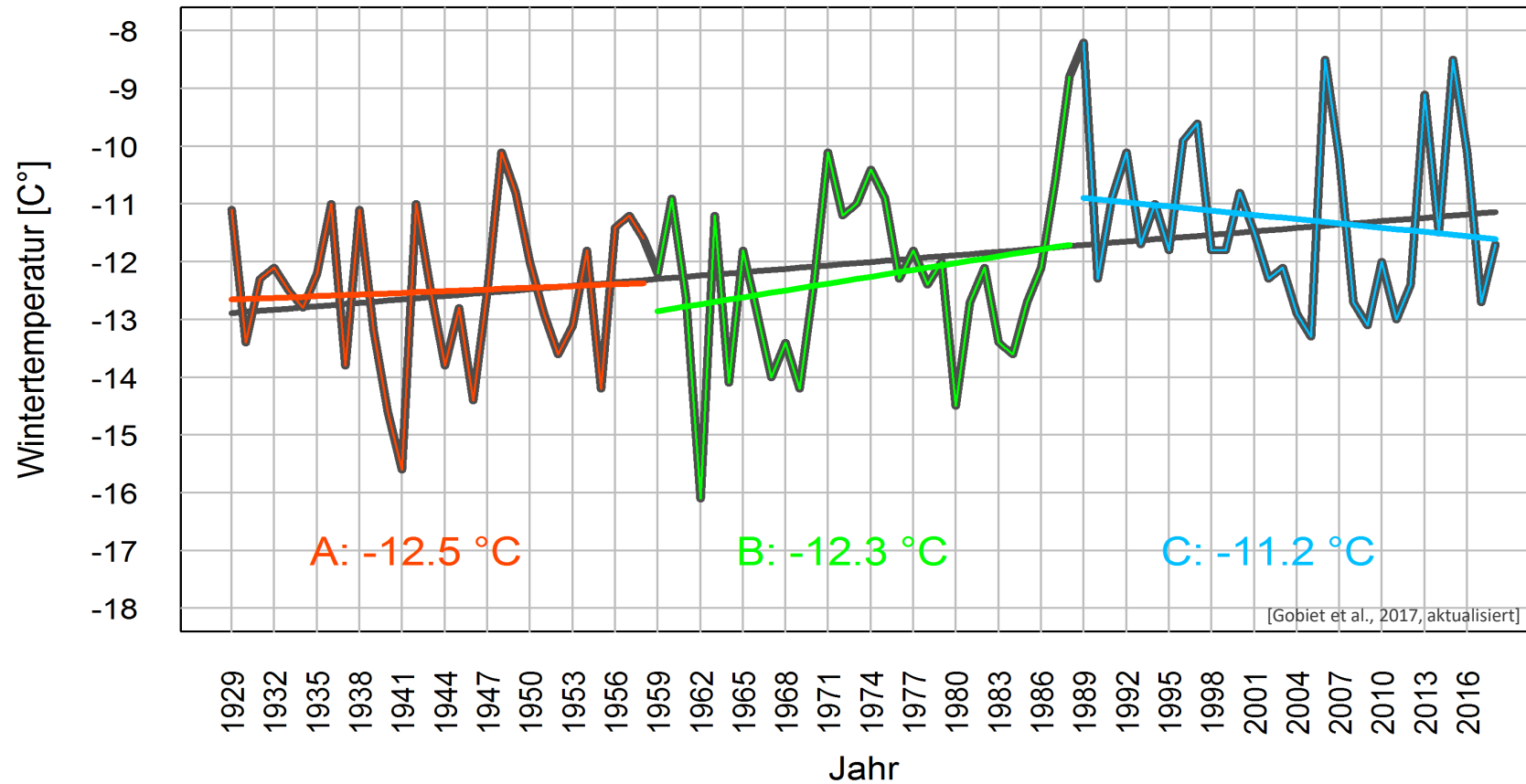
„Ist der Klimawandel bereits für jeden spürbar?“

Immer wieder. Saisonale Temperaturschwankungen von bis zu 8°C verdecken die langfristige Erwärmung von 0.25°C pro Dekade. Aber wenn:

- Kurzfristige natürliche Schwankungen sich mit der langfristigen Klimaerwärmung überlagern entstehen extremere Wettersituationen mit stärkeren Auswirkungen (z.B. verschärfte Hitzewellen mit Übersterblichkeit)
- Grenzwerte überschritten werden kann es zu plötzlichen massiven Problemen kommen (z.B. Borkenkäfer +1 Generation)
- langfristig wird auch die atmosphärische Zirkulation verändert, einmal eingestellte Wetterlagen könnten ins Besondere im Sommerhalbjahr länger andauern (Forschungsbedarf)...



Wintertemperaturen Sonnblick (3105 m) der letzten 90 Jahre



- Saisonale Schwankungen von bis zu 8°C
- Längere Phasen der Abkühlung (bis zu ca. 30 Jahren)
- Trotzdem langfristige Erwärmung von 0.25°C pro Dekade (+2°C in 90 Jahren).



Natürliche Schwankungen des Klimas stehen nicht im Widerspruch mit der langfristigen menschengemachten Erwärmung!

Take home messages

FAKT 1

Die Menschheit ist zu DEM Klimaantrieb geworden.
Irrelevant wo und wann CO₂ global emittiert wird, die kumulativen Emissionen bestimmen die Erwärmung

FAKT 2

Die globale Erwärmung ist irreversible (auf menschlichen Zeitskalen) aber der weitere Grad der Erwärmung ist hauptsächlich durch die weiteren Emissionen bestimmt

FAKT 3

Weitreichende Auswirkungen der menschengemachten Erwärmung sind in vielen Sektoren bereits nachweisbar und führen zu zusätzlicher Gefährdung und steigenden Kosten.

FAKT 4

Das Ausmaß dieser Klimarisiken (ins Besondere nach 2050) kann durch menschliches Handeln (globaler und rascher Klimaschutz & Anpassung) **massiv reduziert werden.**

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?



marc.olefs@zamg.ac.at

" Pour ce qui est de l'avenir, il ne s'agit pas de le prévoir, mais de le rendre possible. "

– Antoine de Saint Exupéry, *Citadelle*, 1948

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Literatur

Weiterführend

Informationsportal Klimawandel der ZAMG: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel>

IPCC AR5 Synthese: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

AR5 Chapter 8: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/anthropogenic-and-natural-radiative-forcing/>

1.5° Sonderbericht: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (Englisch)

[Zusammenfassung für Entscheidungstragende](#) (Deutsch)

[Zusammenfassung für Lehrerinnen und Lehrer](#) (Deutsch)

Seriöse wissenschaftliche und verständliche Betrachtung des Klimawandels: <https://skepticalscience.com/>

UBA: <https://www.umweltbundesamt.at/emiberichte>

Global Carbon Project: https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/19/files/GCP_CarbonBudget_2019.pdf

In Präsentation zitiert (sortiert nach Folien)

Saltzman B. (2002): *Dynamical paleoclimatology. Generalized theory of global climate change*. San Diego: Harcourt-Academic Press, 354 Seiten, [ISBN 0126173311](#)

Blakey R.: Library of paleogeography. <http://deeptimemaps.com/global-map-series/>, abgerufen am 13.09.2019

Buntgen, U., L. Greuter, K. Bollmann, H. Jenny, A. Liebhöf, J. D. Galv an, N. C. Stenseth, C. Andrew, and A. Mysterud. 2017. Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. *Ecosphere* 8(4):e01761. 10.1002/ecs2.1761

McKirdy A., Gordon J. und Crofts R. (2007): *Land of mountain and flood. The geology and landforms of Scotland*. Edinburgh: Birlinn, 320 Seiten, [ISBN 9781841586267](#)

Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, et al. 2008. "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000–800,000 Years before Present." *Nature* 453 (7193): 379–82. <https://doi.org/10.1038/nature06949>.

Jouzel, J., V. Masson-Delmotte, O. Cattani, G. Dreyfus, S. Falourd, G. Hoffmann, B. Minster, et al. 2007. "Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years." *Science* 317 (5839): 793. <https://doi.org/10.1126/science.1141038>.

Moberg A., Sonechkin D.M., Holmgren K., Datsenko N.M., Karlén W. (2005): Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature* 433, 613–617, (PDF-Datei: 0.8 MB)

Brohan P., Kennedy J.J., Harris I., Tett S.F.B., Jones P.D. (2006): Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes. A new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research* 111, [doi:10.1029/2005JD006548](#)

Büntgen U., Frank D.C., Nievergelt D., Esper J. (2006): Summer temperature variations in the European Alps, AD 755–2004. *Journal of Climate* 19, 5606–5623, [doi:10.1175/JCLI3917.1](#)

Böhm R., Jones P.D., Hiebl J., Frank D., Brunetti M., Maugeri M. (2010): The early instrumental warm-bias. A solution for long central European temperature series 1760–2007. *Climatic Change* 101, 41–67, (PDF-Datei: 1.2 MB)

Zorita E., von Storch H., Gonz-alez-Rouco F.J., Cubasch U., Luterbacher J., Legutke S., Fischer-Bruns I., Schlese U. (2004): Climate evolution in the last five centuries simulated by an atmosphere-ocean model. Global temperatures, the North Atlantic Oscillation and the Late Maunder Minimum. *Meteorologische Zeitschrift* 13, 271–289,

[doi:10.1127/0941-2948/2004/0013-0271](#)

Rogelj, Joeri, Alexander Popp, Katherine V. Calvin, Gunnar Luderer, Johannes Emmerling, David Gernaat, Shinichiro Fujimori, et al. 2018. "Scenarios towards Limiting Global Mean Temperature Increase below 1.5 °C." *Nature Climate Change* 8 (4): 325–32. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3>.

Nemec, J., Gruber, C., Chimani, B. and Auer, I. (2013), Trends in extreme temperature indices in Austria based on a new homogenised dataset. *Int. J. Climatol.*, 33: 1538–1550. doi:10.1002/joc.3532

Haslinger, Klaus, Wolfgang Schöner, and Ivonne Anders. 2016. "Future Drought Probabilities in the Greater Alpine Region Based on COSMO-CLM Experiments – Spatial Patterns and Driving Forces.", *Meteorologische Zeitschrift* 25 (2): 137–48. <https://doi.org/10.1127/metz/2015/0604>.

Chimani, Barbara, Georg Heinrich, Michael Hofstätter, Markus Kerschbaumer, Stefan Kienberger, Armin Leuprecht, A. Lexer, et al. 2016. "Endbericht ÖKS15 – Klimaszenarien Für Österreich - Daten - Methoden - Klimaanalyse. Projektbericht." *CCCA Data Centre*. <https://data.ccca.ac.at/dataset/a4e86ca-3eeae-4457-b0c7-78ed6b71c05>.

Olefs, M., Koch, R., Gobiet, A., 2019, Klima und Schnee in Österreich – Beobachtete Vergangenheit und erwartete Zukunft, Fachzeitschrift FdSnow, Heft 53, ISSN 1864-5593 53.

Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K., Auer, I., 2017: The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. *Meteorol Z* 26, 115–125.

Knutti, Reto, Maria A. A. Rugenstein, and Gabriele C. Hegerl. 2017. "Beyond Equilibrium Climate Sensitivity." *Nature Geoscience* 10 (September): 727.

Knutti, R. & Rogelj, J. *Climatic Change* (2015) 133: 361. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1340-3>

Gobiet, A., K. Ulreich, M. Hofstätter, A. Podesser, M. Olefs, J. Vergeiner, and G. Zenkl, 2017: Langfristige 43 Entwicklung Hochalpinen Wintertemperaturen. ZAMG-Newsletter 44 (https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok_news/2017/gobiet_et_al-2017-45_hochalpinewintertemperaturen/at_download/file).

WERMELINGER, B., SEIFERT, M., 1998: Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol.* 122(4):185–191.