

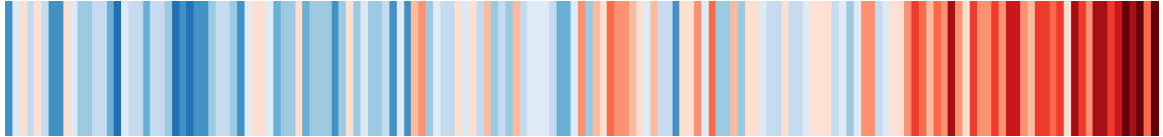
Anthropogener Klimawandel

Eine Übersicht

Friedrich Burger

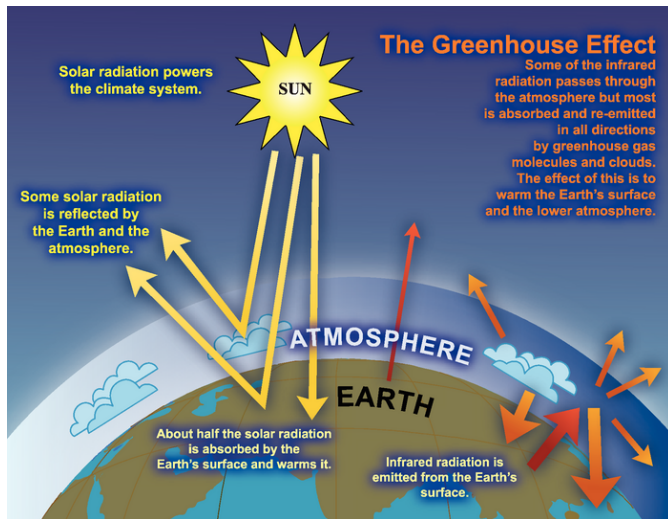
Universität Bern

Toffen, 15.05.2023

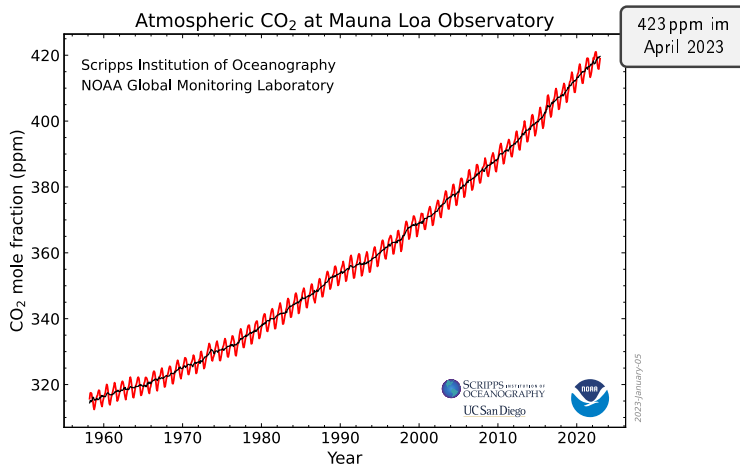


1. Der Treibhauseffekt
... und relevante Treibhausgase
2. Emissionen
Anstieg in atmosphärischen Treibhauskonzentrationen seit der industriellen Revolution
3. Historische Erwärmung
... und woher wir wissen dass diese von den Emissionen herrührt
4. Klimaziele
... auf welchem Kurs sind wir und welche Konsequenzen hat eine weitere Erwärmung?

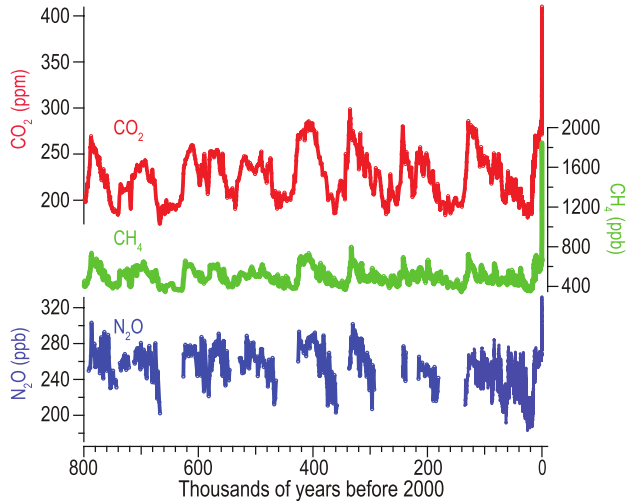
Der Treibhauseffekt



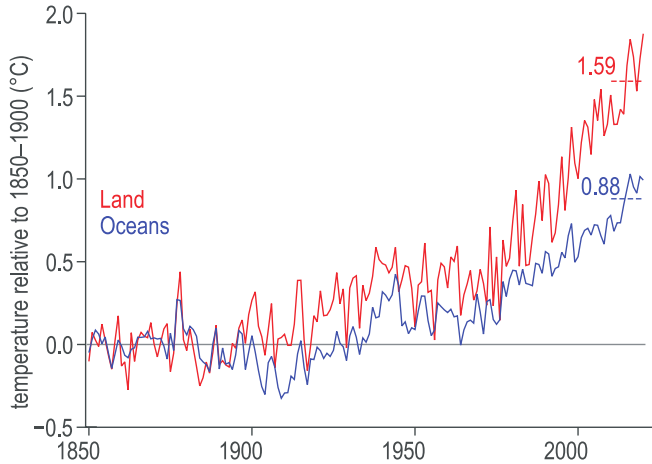
Atmosphärische CO₂ Konzentration auf Hawaii seit 1958



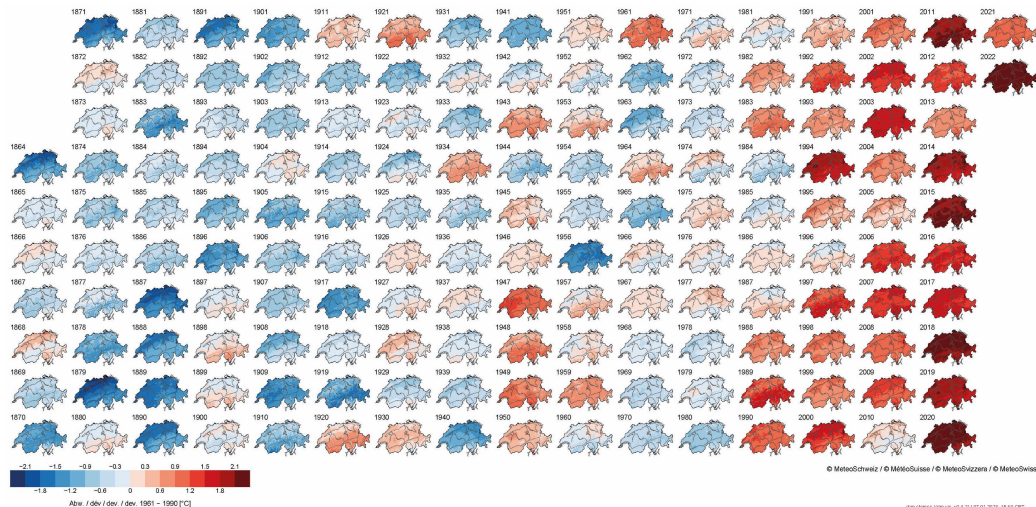
CO₂, CH₄ (Methan) und N₂O (Lachgas) in Eisbohrkernen



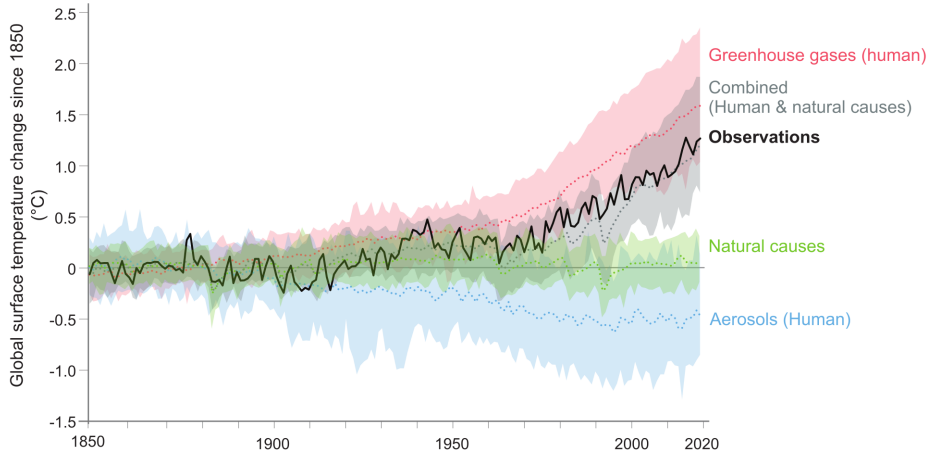
Erwärmung über Land und Wasser



Die wärmsten aufgezeichneten Jahre in der Schweiz



Treibhausgase als Ursache der Erwärmung identifiziert



Das Pariser Klimaabkommen

- bei der UN Klimakonferenz in Paris in 2015 (COP21) beschlossen
- von 197 Staaten unterzeichnet
- formuliert das Ziel die Globale Erderwärmung auf unter 2°C relativ zum prä-industriellen Niveau zu halten, und die Absicht die Erwärmung auf 1.5°C zu beschränken
- national festgelegte Beiträge ('NDCs') sind national definierte Beiträge zum Erreichen des Klimaabkommens, diese werden in 5-Jahreszyklen überholt und Staaten müssen über deren Erreichung berichten
- Staaten können das Abkommen aufkündigen und sie sind nicht gezwungen die NDCs einzuhalten

Das Pariser Klimaabkommen

- bei der UN Klimakonferenz in Paris in 2015 (COP21) beschlossen

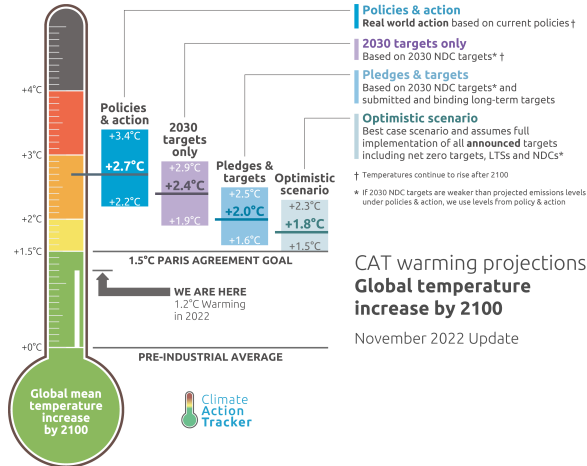
NDCs in der Schweiz

- Emissionsreduktion in 2030 relativ zu 1990 mindestens 50 % (mindestens 35 % Reduktion über die Periode 2021-2030)
- Zielsetzung: Netto-Null Emissionen in 2050

<https://climateactiontracker.org/countries/switzerland>

- Staaten können das Abkommen aufkündigen und sie sind nicht gezwungen die NDCs einzuhalten

Globale Erwärmung hängt von Umsetzung des Abkommens ab

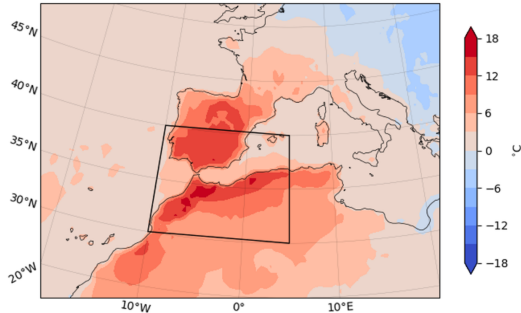


CAT warming projections
Global temperature increase by 2100

November 2022 Update

Hitzewellen

Hitzewellen über Land wie im April 2023



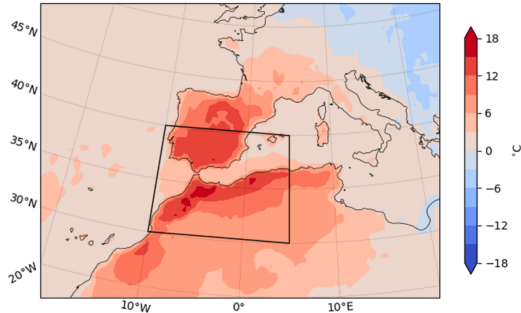
Maximum daily temperature anomaly with respect to 1991-2020, averaged over 26-28 April 2023

⇒ Studie: Die Übersterblichkeit während Hitzewellen heute schon zu $\approx 37\%$ auf Klimawandel zurückführbar

<https://www.carbonbrief.org/western-mediterranean-heatwave-almost-impossible-without-climate-change/>
<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01058-x>
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Mediterranean_Sea_hit_by_marine_heatwave

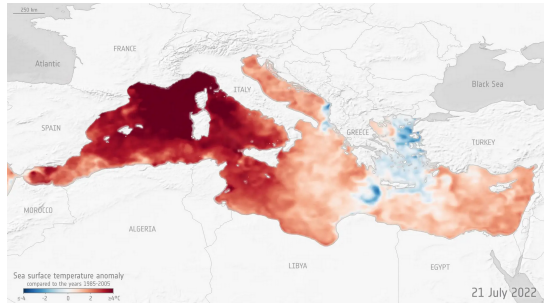
Hitzewellen

Hitzewellen über Land wie im April 2023



Maximum daily temperature anomaly with respect to 1991-2020, averaged over 26-28 April 2023

Marine Hitzewellen wie 2022 im Mittelmeer



⇒ Studie: Die Übersterblichkeit während Hitzewellen heute schon zu $\approx 37\%$ auf Klimawandel zurückführbar

<https://www.carbonbrief.org/western-mediterranean-heatwave-almost-impossible-without-climate-change/>
<https://www.nature.com/articles/s41558-021-01058-x>
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Mediterranean_Sea_hit_by_marine_heatwave

Weitere Konsequenzen der Erwärmung

- Alpine Gletscher könnten im 21. Jahrhundert weitgehend verschwinden, $\approx 50\%$ des heutigen Gletschervolumens um das Jahr 2050 verschwunden
- Schmelzen des grönländischen und antarktischen Eisschildes und thermische Ausdehnung des Wassers $\Rightarrow$ über Jahrhunderte andauernder Meeresspiegelanstieg
- Dürren und Anstieg von Extremniederschlägen (Aartal)
- Versauerung und Sauerstoffabnahme in Ozeanen

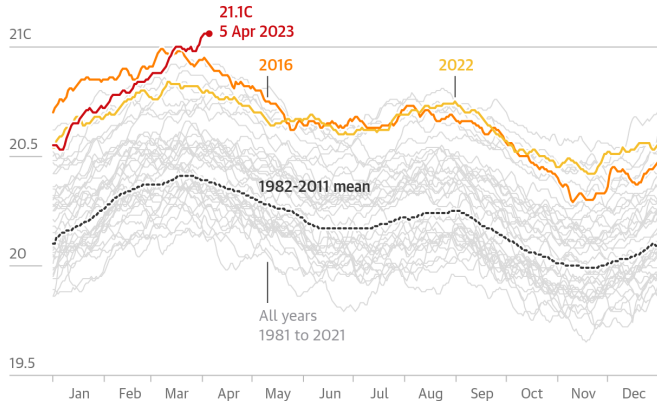
<https://tc.copernicus.org/articles/13/1125/2019/tc-13-1125-2019.pdf>

CH2018 (2018), CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp.
IPCC Assessment Report 6 Working Group 1 - Summary for Policy Makers

Aktuelle Ozean-Oberflächentemperaturrekorde

Ocean surface temperatures are at a record high

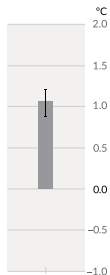
Average daily sea surface temperature, 60S to 60N



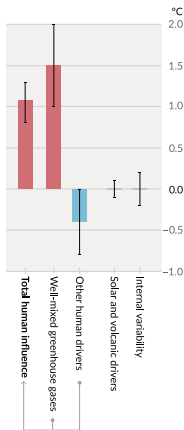
Guardian graphic. Source: NOAA, Maine Climate Office, Climate Change Institute, University of Maine

Treibhausgase als Ursache der Erwärmung identifiziert - Teil 2

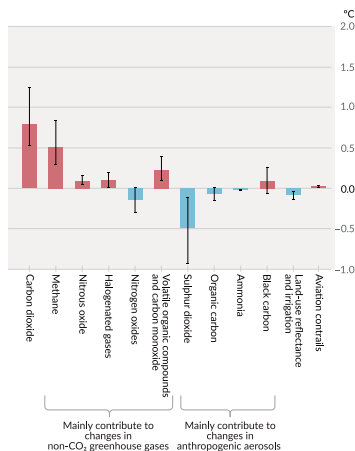
Observed warming



Contributions to warming



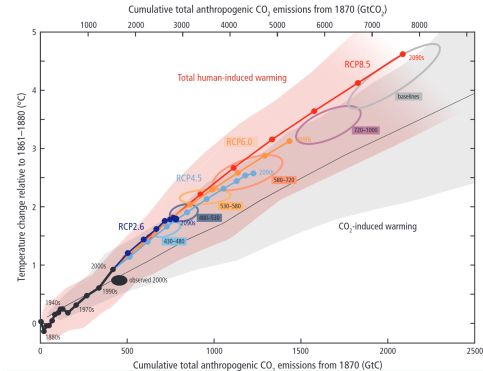
Individual human drivers



Weitere Belege der Erwärmung durch Emission fossiler Brennstoffe

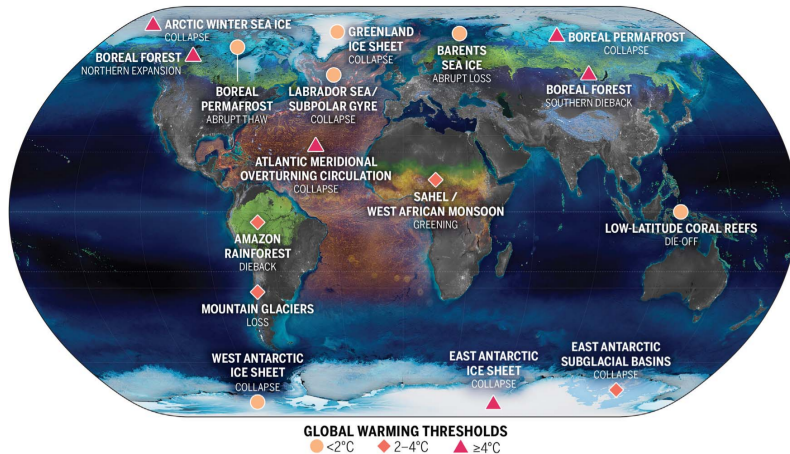
- Kohlenstoffisotope Fussabdruck: Zusätzliches CO_2 in Atmosphäre von fossilem Ursprung
 - Keine Anteile vom radioaktiven Kohlenstoff 14 (^{14}C) in fossilen Brennstoffen, da diese über die Zeit zerfallen sind
 - Fossile Brennstoffe enthalten weniger ^{13}C , da die zugrunde liegende pflanzliche Kohlenstoffaufnahme das leichtere ^{12}C bevorzugt
- Mit dem Treibhauseffekt wird auch eine Abkühlung der Stratosphäre erwartet, diese wird beobachtet

Linearer Zusammenhang zwischen Erwärmung und kumulativen Emissionen



⇒ Verbleibende Emissionen für die 1.5°C und 2.0°C Ziele (67 % Wahrscheinlichkeit):
 400 Gt CO₂ (1.5 °C Ziel; ≈ 11 Jahre), 1150 Gt CO₂ (2.0 °C Ziel; ≈ 31 Jahre)

Kippunkte im Klimasystem



<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abn7950>