

1. Forum „Erdwärme und Wärmepumpe in Bayern“

„Sind die Energie- und Klimawende noch zu schaffen?“

Schliersee
30. Januar 2019

Prof. Dr. Wolfgang Seiler, Direktor i.R.

Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)
Garmisch-Partenkirchen

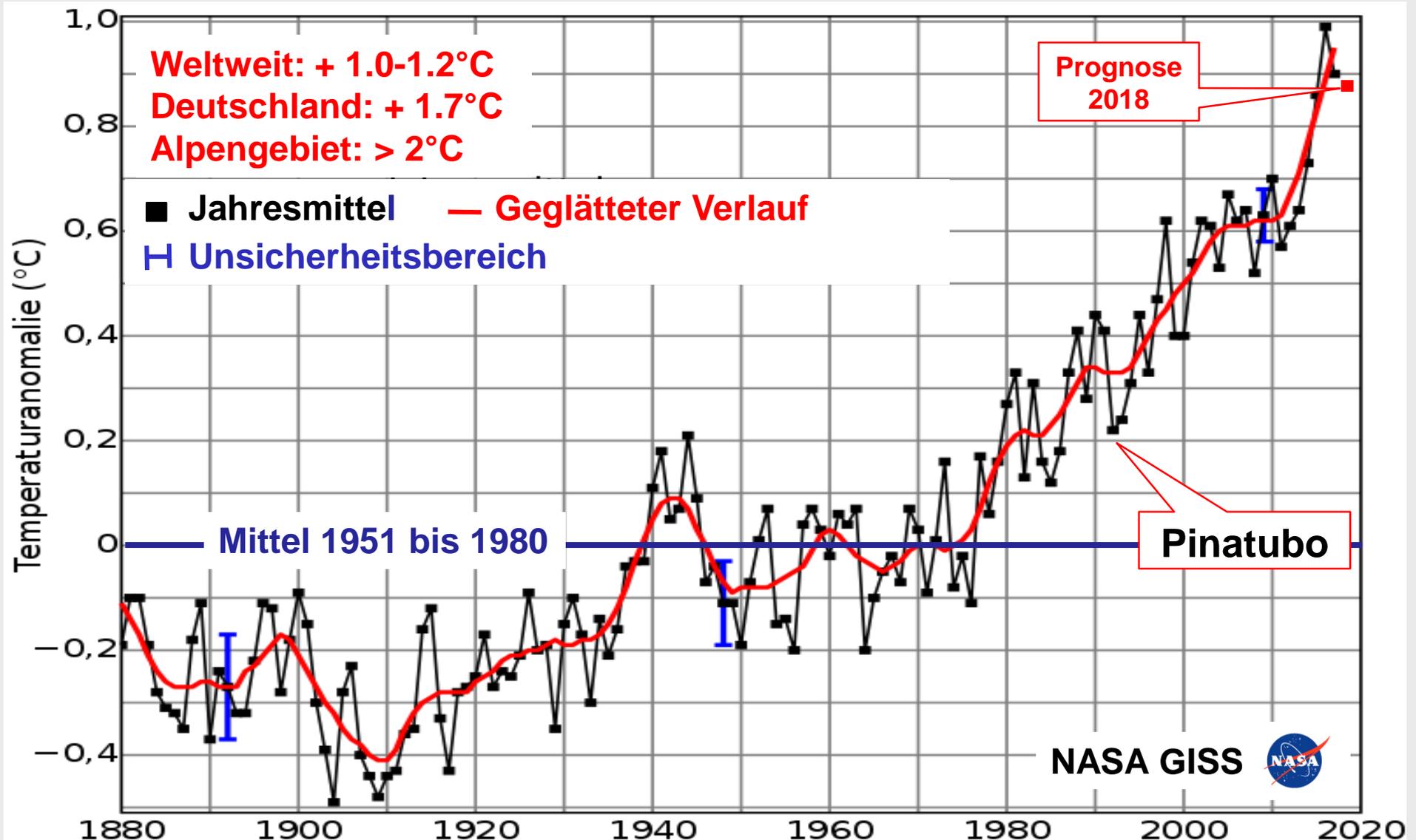
[prof.seiler @t-online.de](mailto:prof.seiler@t-online.de)

Warum ist Energiewende zwingend notwendig?

1. Nutzung fossiler Energien verursacht **Klimawandel** mit kaum abschätzbaren ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen.
2. Verlust an **Wertschöpfung** und **Kaufkraft** durch Importe von fossilen Energieträgern (> 50 Mrd. € pro Jahr).
3. Zunehmende **politische Abhängigkeit** und **Erpressbarkeit** durch hohe Energieimporte (40% der Erdöl und Erdgasimporte kommen aus Russland).
4. Kohle, Erdöl und Erdgas sind **wichtige Grundbaustoffe** für pharmazeutische und chemische Industrie.
5. Vermeidung von **Umweltproblemen** und **Klimaanpassungsmaßnahmen**, die mit hohen Kosten verbunden sind.

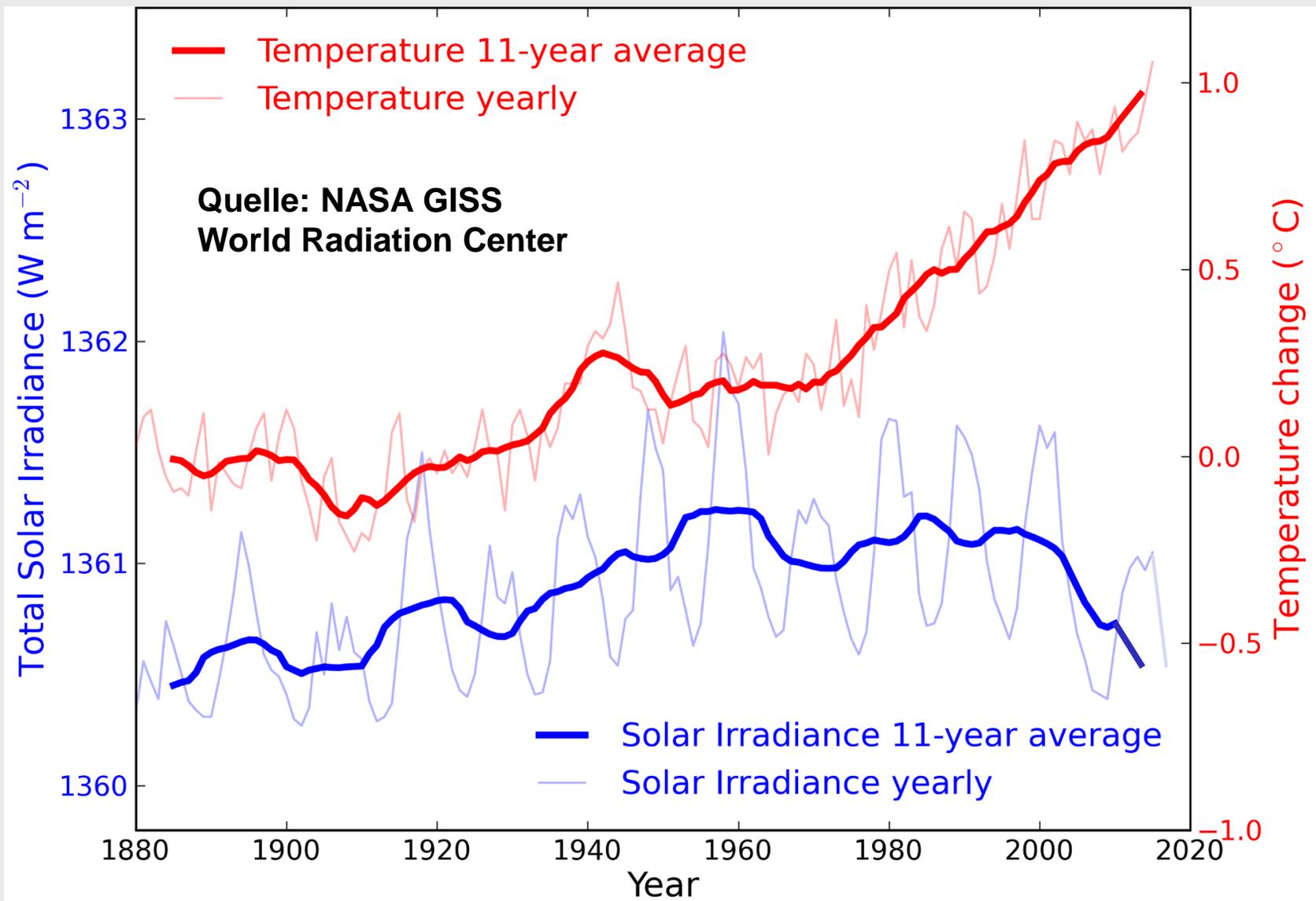
Der globale Klimawandel

Temperaturänderung Land/Ozean 1880 - 2018



Ursachen des globalen Klimawandels

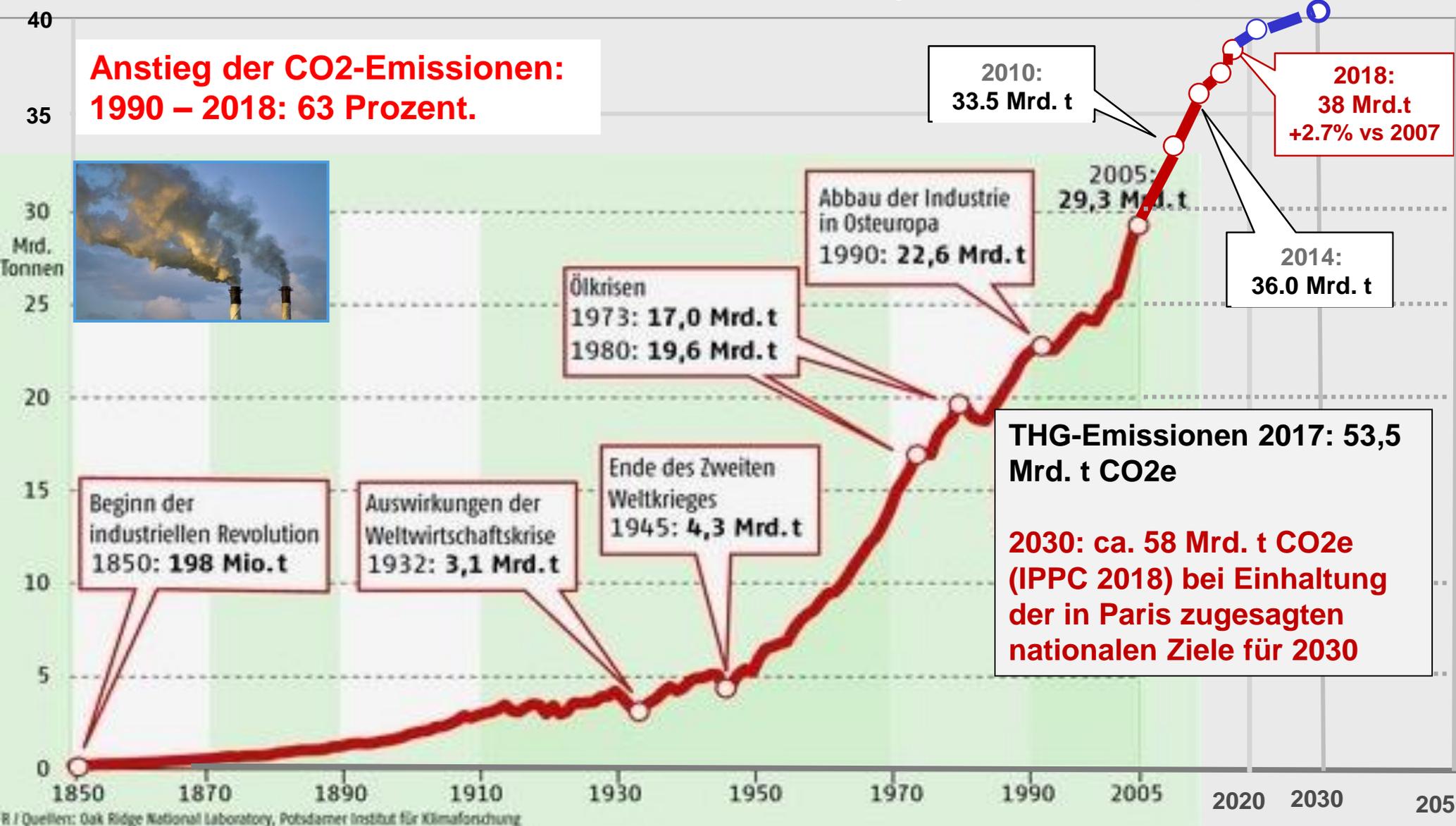
Ist es die zeitliche Änderung der Solarstrahlung?



Fossile CO2-Emissionen 1850 - 2018

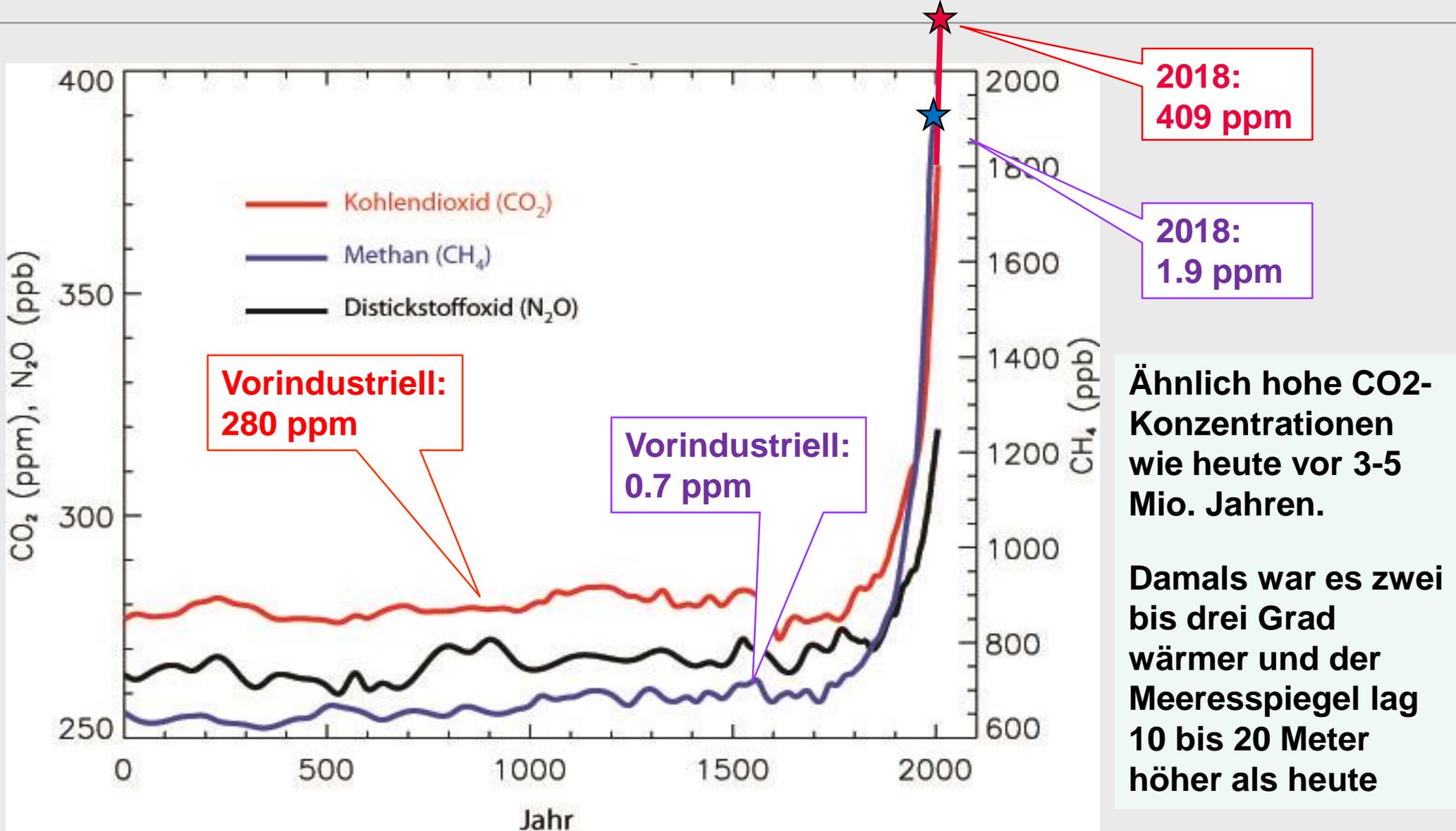
ohne Emissionen aus Zementherstellung in Mrd.t CO2 pro Jahr

**Anstieg der CO2-Emissionen:
1990 – 2018: 63 Prozent.**



Konzentrationsänderungen der Treibhausgase

in letzten 2000 Jahren



Ist ein weiterer Klimawandel noch vermeidbar?

Ein weiterer Klimawandel ist für die nächsten 30 bis 50 Jahren nicht mehr vermeidbar!

Wesentliche Gründe dafür sind:

1. **Zeitliche Verzögerung** des Temperaturanstiegs (mehr als **30 Jahre**) und der atmosphärischen **CO₂-Konzentration** (**mehrere hundert Jahre**) gegenüber den CO₂-Emissionen
2. **Maskierung** des Temperaturanstiegs u.a. durch
 - die Rückgang der **Solarstrahlung seit 1960** und
 - die Wirkung der Aerosole (Smog) auf die **Albedo** der Erdoberfläche (ohne Smog: ca. **+0.3-0.5°C**)

Systemänderungen durch Klimawandel

Rückkopplungsmechanismen und Kipp-Punkte

Quellen und Senken des anthropogenen CO₂ (2008–2017)

34.4 GtCO₂/yr; 87%



17.3 GtCO₂/yr

44%



11.6 GtCO₂/yr

29%



Gesamt: 39.7 GtCO₂/yr

8.9 GtCO₂/yr

22%



5.3 GtCO₂/yr, 13%



Kipp-Punkte bzw. Rückkopplungsmechanismen

Einfluss auf die weitere Klimaentwicklung

– Rückgang der ozeanischen CO₂-Senke

- Versauerung des Ozeanwassers **reduziert** die CO₂-Aufnahme aus der Luft und stört die gesamte marine Nahrungskette
- Steigende Ozeantemperaturen **reduzieren** die CO₂-Aufnahme aus der Luft im Ozeanwasser und führt zu einer **Verdoppelung** der CO₂-Konzentration im Jahr 2100

– Auftauen von Permafrost

- **Steigende Emissionen** durch Zersetzung von organischem Material (z.B. Methan) (bis zu 1.500 Mrd. Tonnen C)

– Abschwächung der CO₂-Senke

- **Abnahme der CO₂-Senke** durch Zersetzung von organischem Material in Böden
- **Höhere Emissionen** von organischem Material in Böden

– Rückgang des Kohlenstoffspeicherungsvermögens in den borealen Wäldern

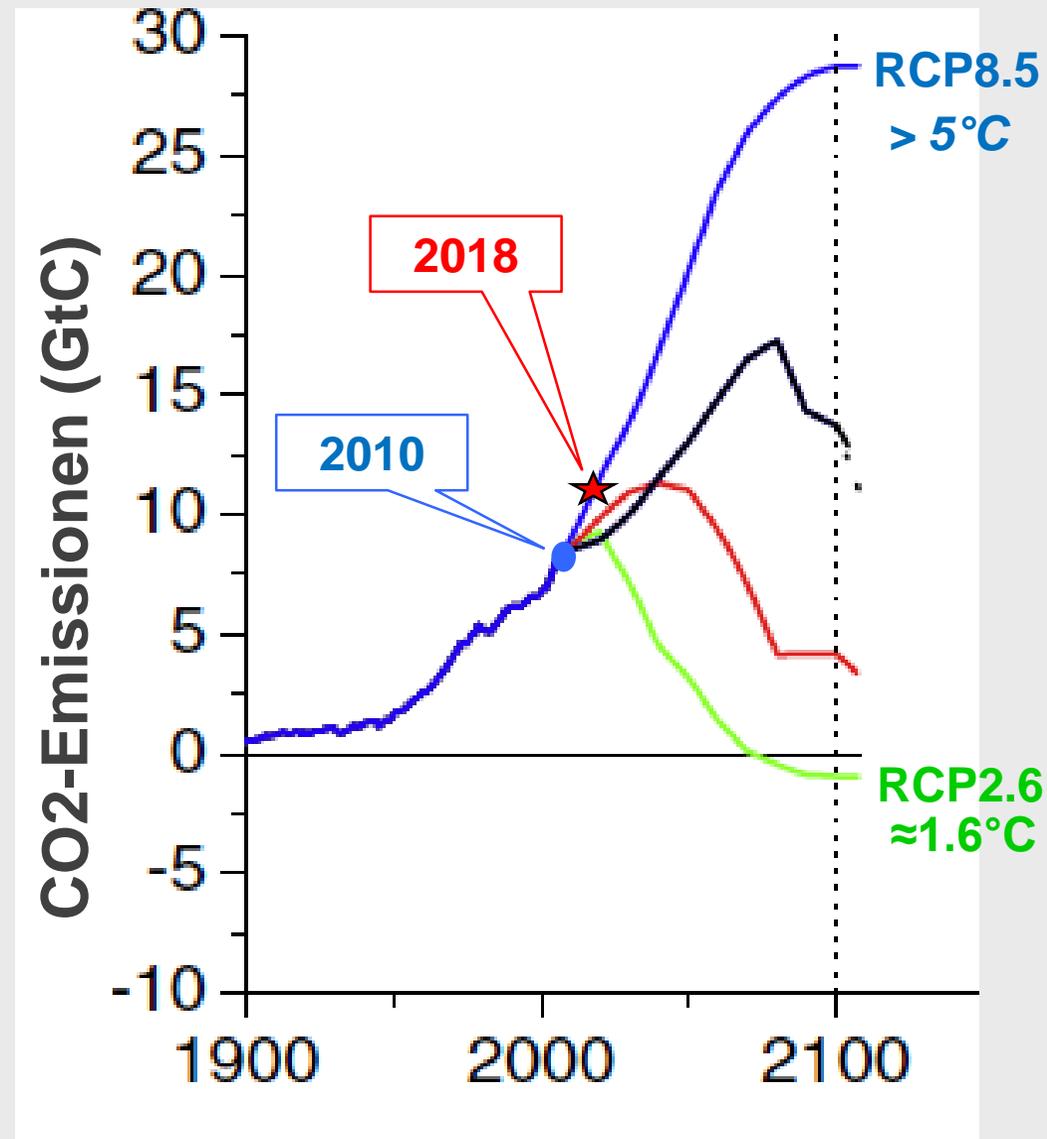
– Thermische Zersetzung von Methanhydraten im Sediment der Ozeane

Gesamte Wirkung der heute bekannten Rückkopplungsmechanismen wird bei einem Temperaturanstieg von +2°C bis +0.5°C abgeschätzt.
Quelle: Steffen et al., 2018

Klimawandel: Quo Vadis?

CO₂-Emissionen und globale Temperatur bis 2100

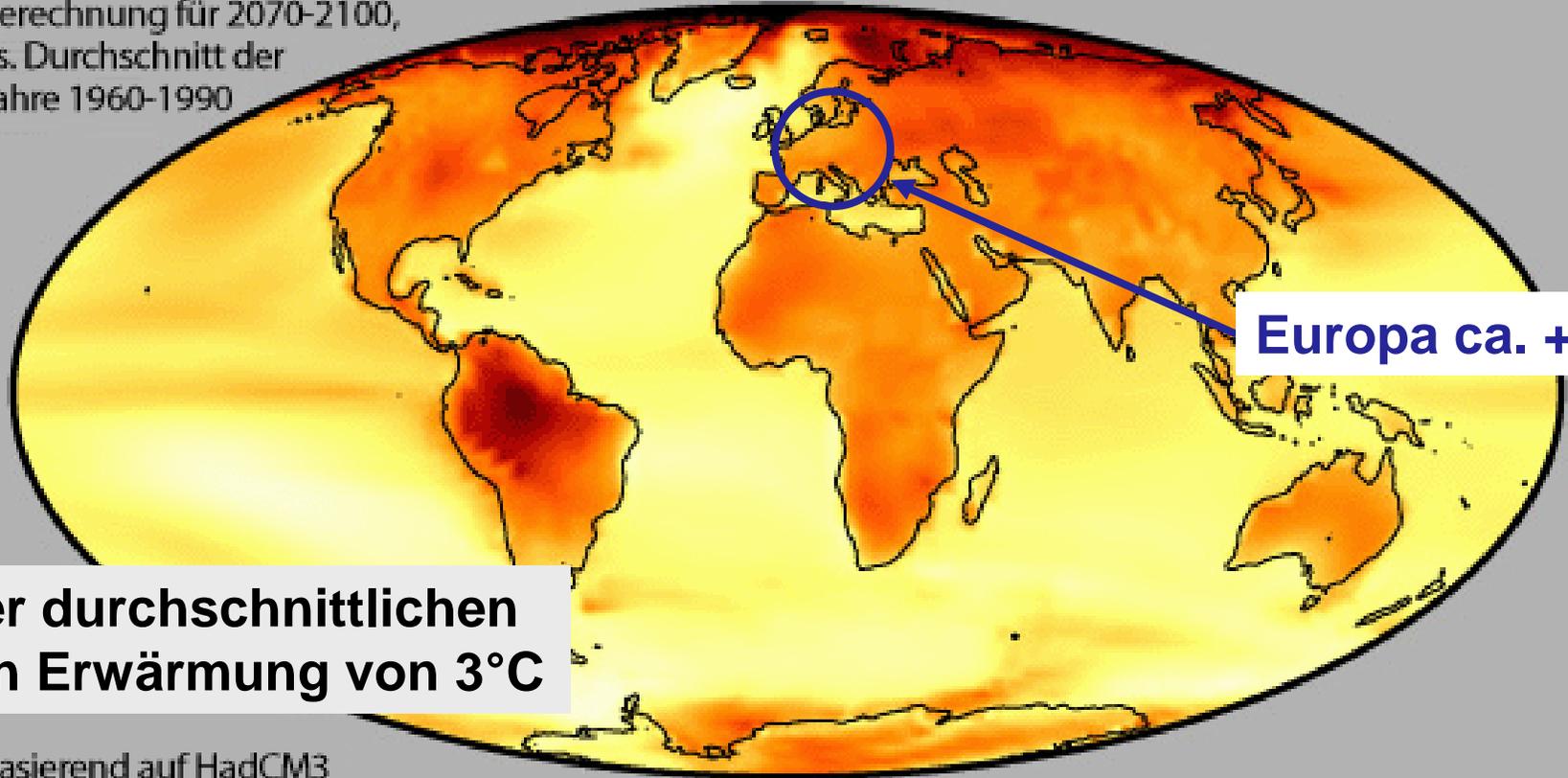
- +3-4°C bei voller Umsetzung der INDCs (Nationally Determined Contributions), Paris 2015
- Wahrscheinlicher Temperaturanstieg: **+3°C relativ zur vorindustriellen Zeit**
- Globale Temperaturdifferenz zwischen Eiszeit und Warmzeit: **ca. 4°C**



Klimawandel: Quo Vadis?

Regionale Änderung der bodennahen Temperatur bis 2100

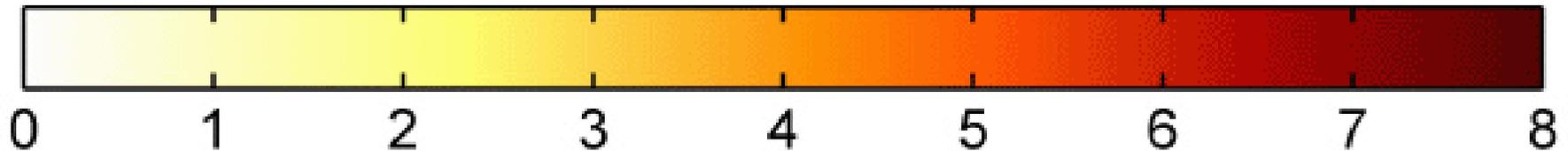
Berechnung für 2070-2100,
vs. Durchschnitt der
Jahre 1960-1990



Europa ca. +5°C

**Bei einer durchschnittlichen
globalen Erwärmung von 3°C**

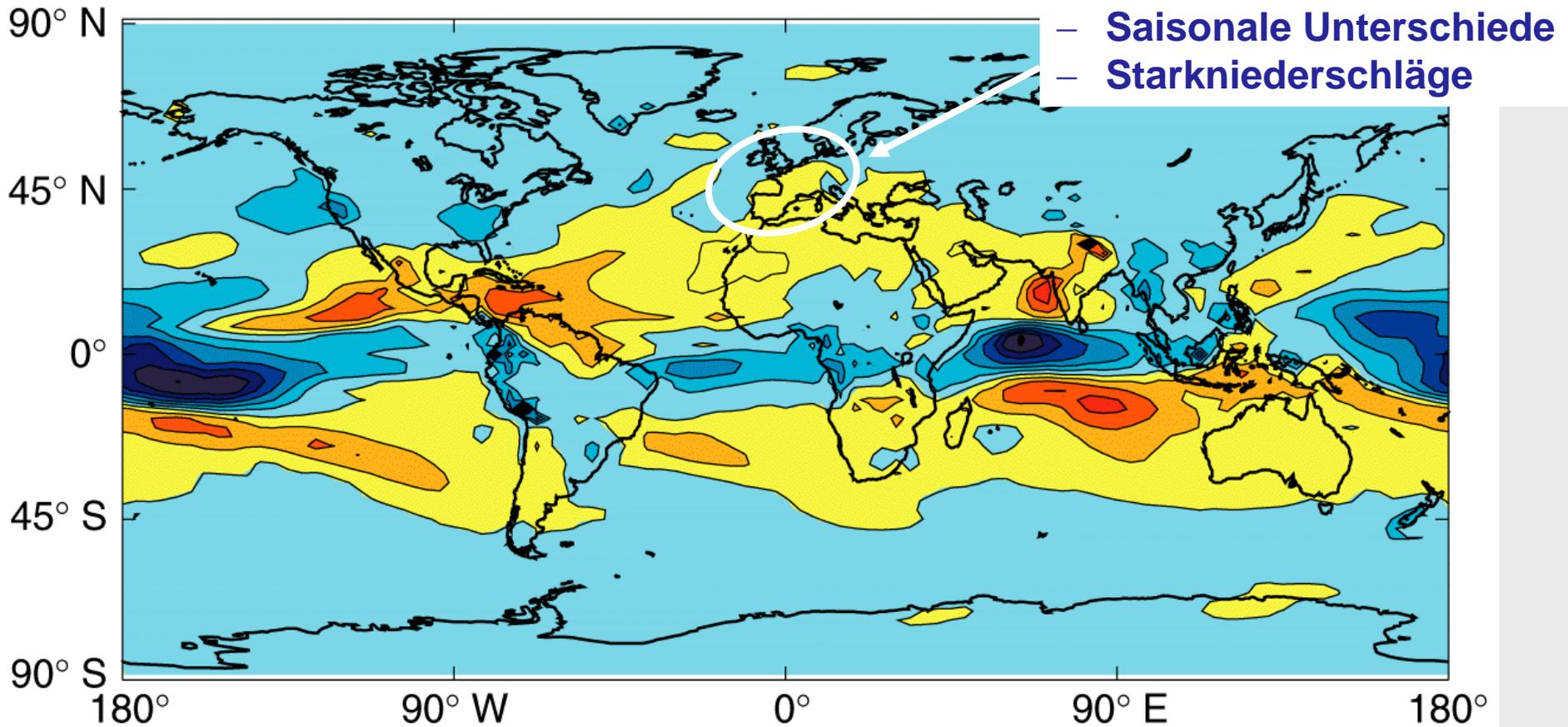
Basierend auf HadCM3



Temperaturerhöhung (°C)

Klimawandel: Quo Vadis?

Änderungen der Niederschlagsmengen bis 2050



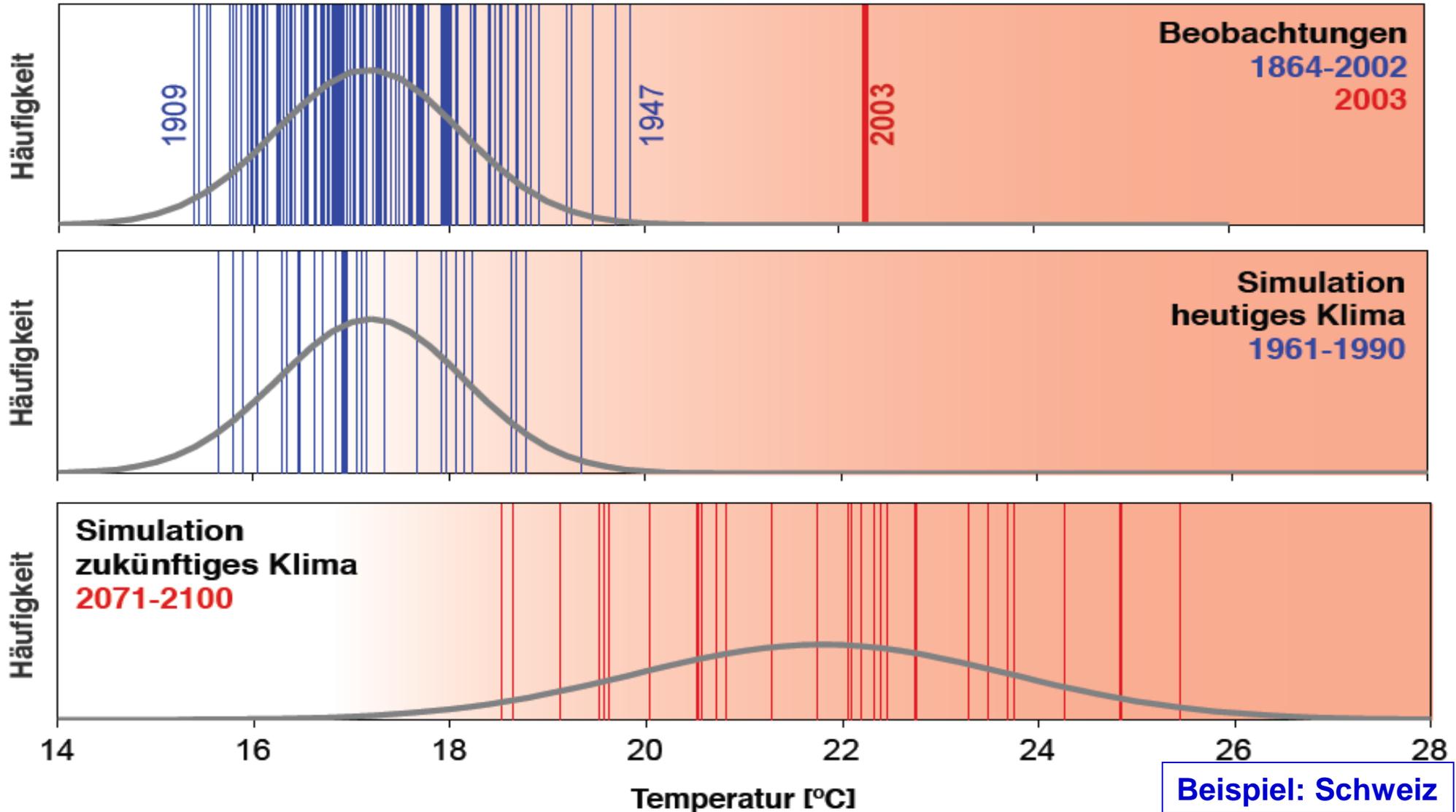
-3 -2 -1 0 1 2 3

Quelle: Hadley Centre for Climate Prediction and Research.

Änderungen der Niederschlagsmengen (mm pro Tag)

Klimawandel: regionale Auswirkungen

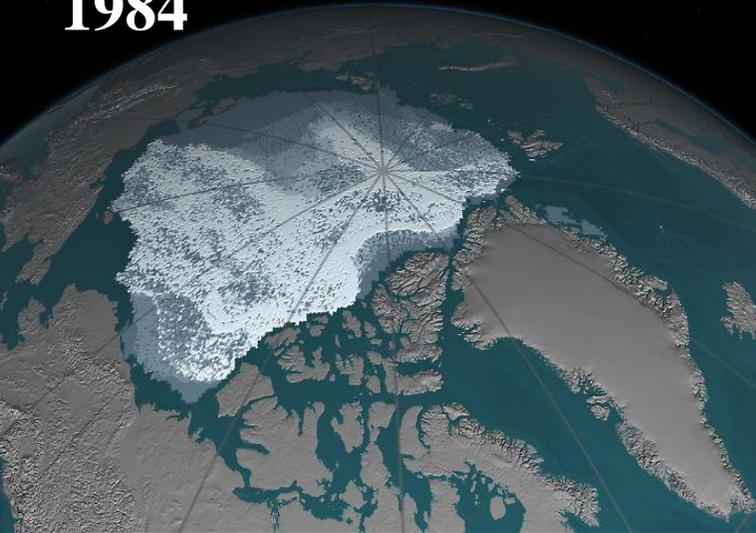
Änderung der Sommertemperaturen



Klimawandel: Auswirkungen

Eis-Albedo und zeitliche Änderungen des Jetstreams

1984



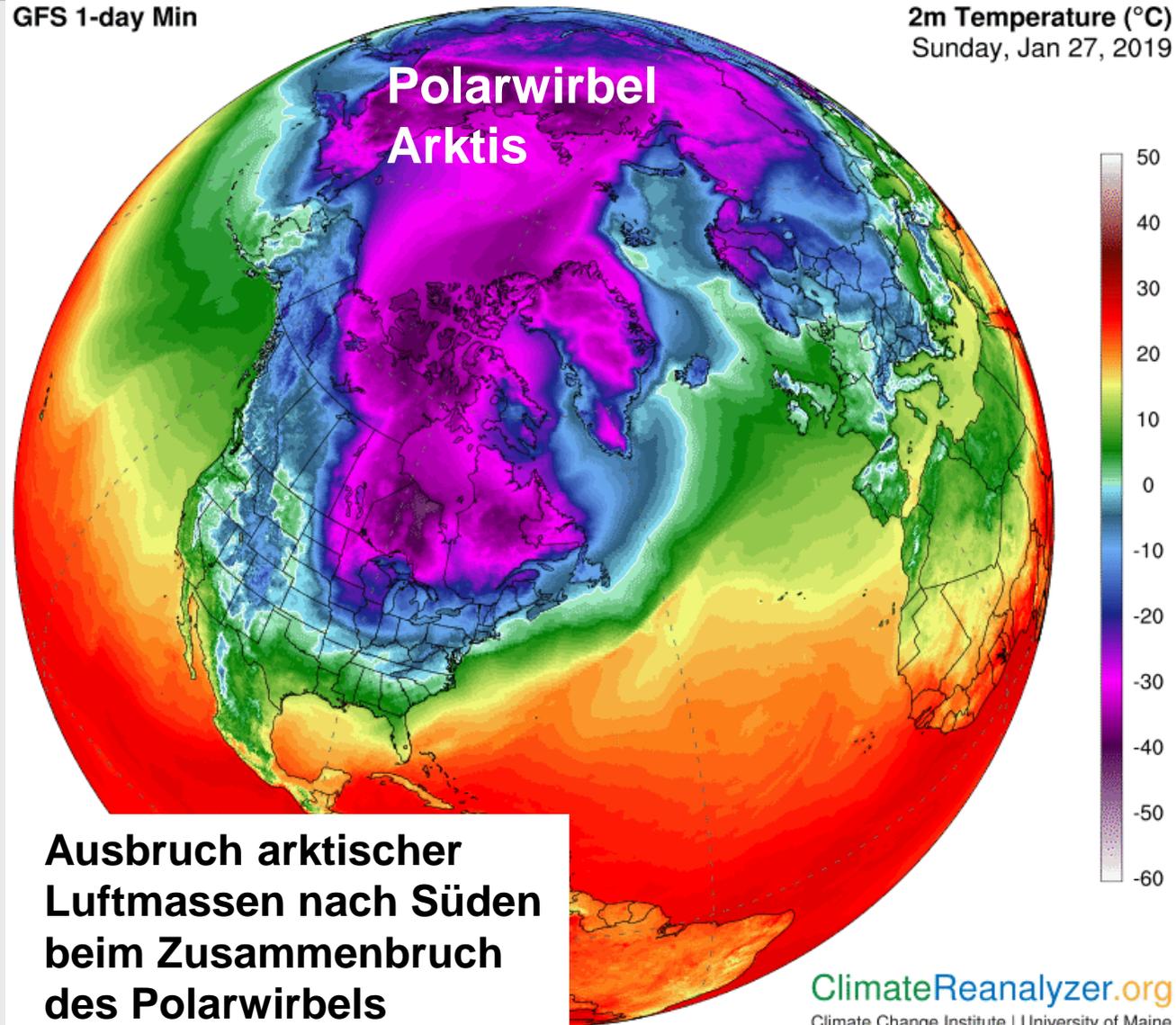
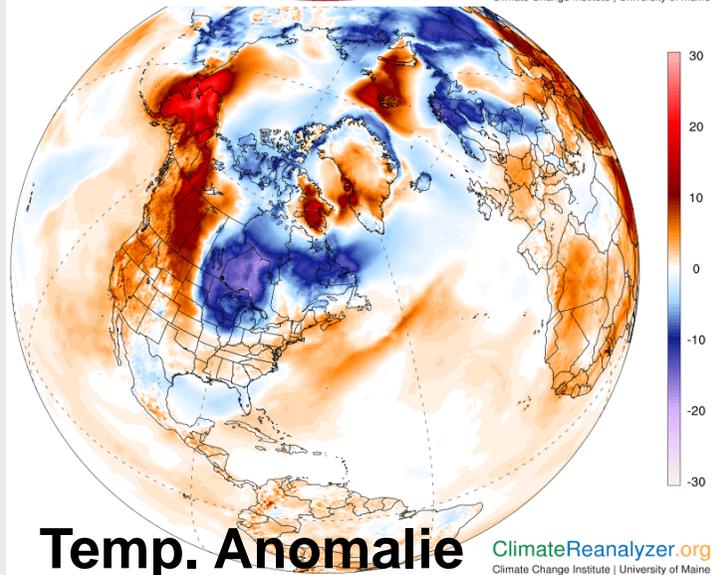
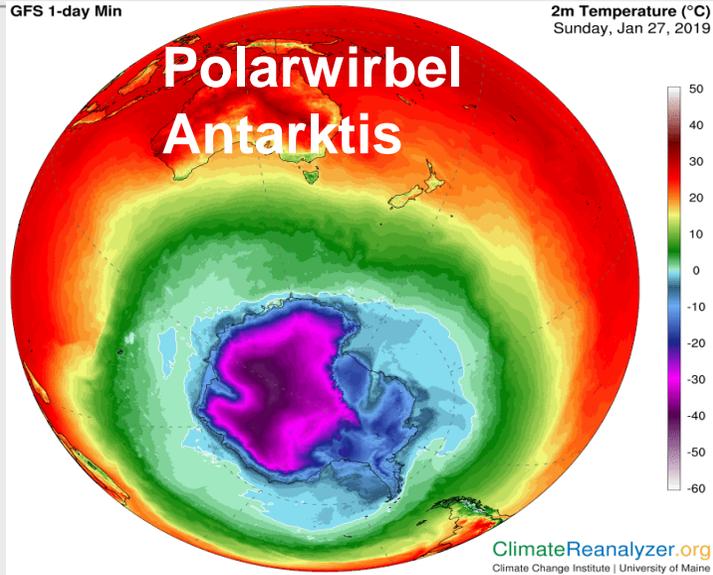
2016



- Änderung des Jetstreams ⇒ längere Perioden mit Extremwetterlagen
- Änderung des Polarwirbels ⇒ Ausbruch von polaren Luftmassen im Winter

Klimawandel: Auswirkungen

Arctic Outbreak (Beispiel 27. Januar 2019)



Globaler Klimawandel: Auswirkungen/Folgen

weitere ausgewählte Beispiele

- **Eisverlust** in Grönland und Antarktis durch schnelleres Auftauen (Grönland: 270 Mrd. t p.a.; Antarktis: 252 Mrd. t p.a.); Abtauen der **Gletscher**
- Anstieg des globalen **Meeresspiegels** um 25 cm seit 1880; bis Ende des Jahrhunderts **mehr als 100 cm**
- Zunahme der **Extremwetterlagen** (Dürren, Überschwemmungen, Stürme, Waldbrände, Tornados, tropische Wirbelstürme, Monsun u.a.)
- **Mangelernährung** durch CO₂-Anstieg mit bis zu 17 % weniger Eisen, Zink und Eiweiß in Weizen, Reis und Mais

Ökologische, ökonomische und soziale Folgen:

- **Gesundheit:** u.a. Zunahme von Kreislauferkrankungen, Anstieg der Infektionserkrankungen (Malaria, Dengue-Fieber, u.a.)
- **Mangel an sauberem Wasser:** in 2000: 480 Mio. Menschen; bei +2°C: sprunghafter Anstieg auf **>3.500 Mio. Menschen**. Ernteauffälle
- **Verlust an fruchtbaren Böden** insb. im Küstenbereich und Flussdeltas,
- **Kriege** um Wasser und Nahrungssicherung, **Flucht und Vertreibung**, Migration

Internationale Klimaschutzziele

Klimaabkommen Paris Dezember 2015

Ziele des Übereinkommens sind in Artikel 2 des UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change, 21st Conference of the Parties, COP 21) wie folgt geregelt:

- Begrenzung des globalen Klimawandels auf **deutlich unter 2 °C** - wenn möglich **auf 1,5 °C** - über dem vorindustriellen Niveau.
- Erarbeitung von **nationalen Klimaschutzplänen** auf freiwilliger Basis bis 2018, die alle fünf Jahre überprüft und überarbeitet werden.
- Stärkung der **Fähigkeit zur Anpassung** an die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels.
- Finanzielle **Unterstützung** der Entwicklungsländer durch Industriestaaten; bereits zugesagte Klimafinanzierung von 100 Mrd. USD bis 2010 soll um weitere fünf Jahre verlängert werden.

IPCC-Report SR1.5 (2018): Begrenzung **auf 1,5 °C** erforderlich, um unumkehrbare Klimaveränderungen mit bereits verheerenden Folgen zu vermeiden.

Zulässige CO₂-Emissionsbudgets

in Gt CO₂ bei Begrenzung auf 1.5°C bzw. 2.0°C

Zwischen **1870** und **2018** wurden insgesamt ca. **2200 Mrd. t CO₂** emittiert (IPCC SR1.5, 2018).

Ab 2017 dürfen global nur noch **420-770** bzw. **450-1050 Mrd. t CO₂** emittiert werden, wenn Begrenzung auf **1.5°C** bzw. **2.0°C** erreicht werden soll.

Bezogen auf die Weltbevölkerung und unter Berücksichtigung der in 2018 erfolgten Emissionen würden **Deutschland** noch ein Budget von **4-8** bzw. **4-11 Mrd. t CO₂** zustehen.

Bei einer konstanten CO₂-Emission von derzeit 0.75 Mrd.t wären diese Budgets im Mittel in weniger als **11** bzw. **16 Jahren** verbraucht. Danach wären „**negative Emissionen**“ notwendig.

Die Zielvorgabe muss deshalb sein, die Dekarbonisierung der Energiewirtschaft möglichst schnell und umfassend umzusetzen.

Energiewende: Wie?

Alle Möglichkeiten schon heute vorhanden

- Technischen Voraussetzungen zur Erreichung der Energiewende sind vorhanden, aber es **fehlen der politische Wille** und ein klares **ganzheitliches Konzept**.
- **Kein „Königsweg“**, sondern Bündel von Maßnahmen notwendig **(nachhaltig, sektorübergreifend, sozial verträglich und laufend auf dem Prüfstand)**

Wesentliche **Säulen** einer **nachhaltigen Entwicklung**:

- Effizienzsteigerung** (Einsatz neuer Technologien, Sektorenkopplung, Verhaltensänderungen....)
- Substitution** (erneuerbare Energien anstatt von Kohle/Erdöl/Erdgas...)
- Innovation** (Intelligente ganzheitliche Systeme, Speichersysteme...)
- Ordnungspolitische** Maßnahmen (CO₂e-Preis, Anpassung der Förderprogramme, finanz. Anreize für Entwicklung und Markteinführung...)

Abschied nehmen von alten Gewohnheiten und Anpassung an neue Energie- und Mobilitätsinfrastrukturen (gesellschaftliche Aufgabe)

Wie erreichen wir die Energiewende?

In Deutschland

– **Ausbau Erneuerbarer Energien beschleunigen**

Tempo beim Ausbau muss verdreifacht und effiziente Energiespeicher entwickelt werden, um bis 2050 CO₂-neutral wirtschaften zu können. Ausbau möglich, aber behindert durch politische und gesellschaftliche Vorgaben.

– **Kohleausstieg möglichst schnell umsetzen**

Kohlekraftwerke müssen bis spätestens 2030 stillgelegt und -soweit erforderlich- durch effiziente Gaskraftwerke ersetzt werden.

– **Wende im Mobilitätsbereich verwirklichen**

Mit der Elektromobilität, Power-to-Gas, Wasserstofftechnologie und Biokraftstoffen stehen dazu gleich vier Technologiezweige zur Verfügung.

– **Wende im Wärmebereich umsetzen**

Alle notwendigen Instrumente/Technologien (u.a. Gebäudesanierung, Solarwärme, Wärmepumpen, Power-to-heat) sind vorhanden.

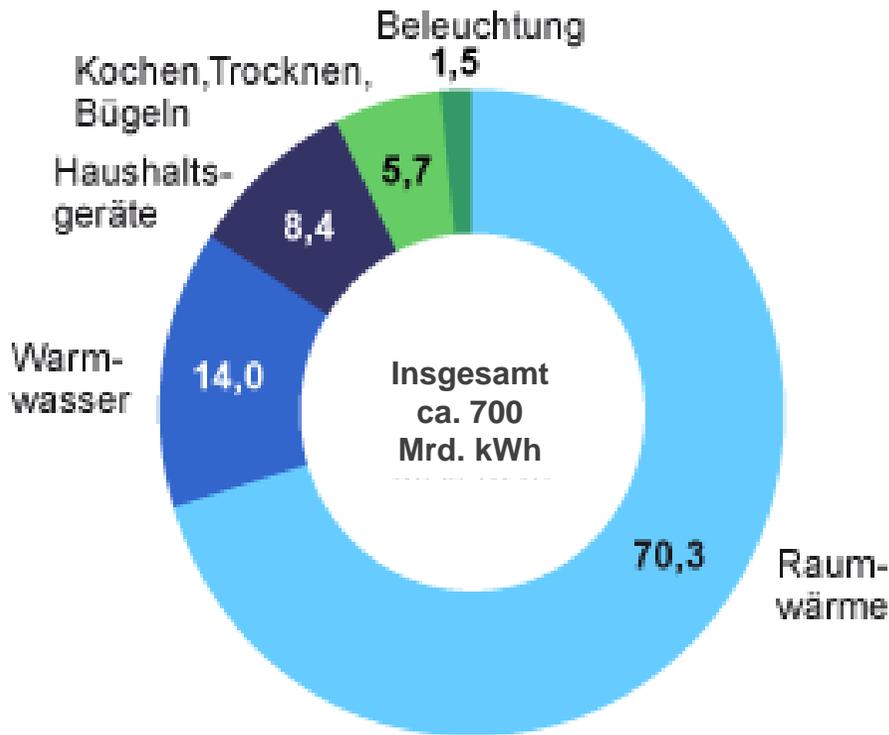
– **Steuer auf CO₂e einführen**

Erst eine „Müllgebühr“ für „schmutzige“ Emissionen (CO₂, CH₄, N₂O) schafft faire Wettbewerbsbedingungen im Strom- und Wärmemarkt.

Der Bereich „Wärme und Kälte“ *größter Endenergieverbraucher in Deutschland*

Der Bereich „Wärme und Kälte“ (ohne Strom) hat einen **Anteil von 49,6%** am **Endenergieverbrauch** und ist damit der **größte Endenergieverbraucher**.

Privathaushalte: Energieverbrauch 2017
in %



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2018

- Ein durchschnittlicher **Privathaushalt** hat in 2017 ca. 700 Mrd. kWh an Endenergie verbraucht.
- **ca. 85%** der genutzten Endenergie entfielen auf **Raumwärme und Warmwasser**. Davon entfallen wiederum **ca. 88%** auf den Einsatz **fossiler Energieträger**.
- Damit ist der Bereich „Wärme und Kälte“ auch eine der **wichtigsten anthropogenen CO₂-Quellen**.
- Bereich „Wärme und Kälte“ hat große **Einsparpotentiale**.

Einsparpotenziale im Bereich „Wärme und Kälte“

Bis zum Jahr 2050 will die Bundesregierung einen nahezu **klimaneutralen Gebäudebestand** realisieren.

Dieses Ziel kann nur erreicht werden durch Kombination aus:

- **Steigerung der Effizienz** (Erhöhung der energetischen Gebäudesanierungsrate und eine verbesserte Anlageneffizienz),
- **Beendigung der Installation von Öl- und Gaskesseln**, insbesondere deren staatlichen Förderung,
- direkte Nutzung von **Strom aus erneuerbaren Energien** für Gebäudeheizung (u.a. Pflicht zur Solarenergienutzung bei Neubauten) und aus
- breit gefächerten **Einsatz an vielzähligen Technologien** (u.a. Wärmepumpen, Solarwärme, Fernwärme mit Tiefengeothermie, solarthermisch unterstützte Wärmenetze etc.) erreicht werden.

Betrieb und Weiterentwicklung von Wärmepumpen (unter Nutzung von Solarenergie) bieten hier ein riesiges Potenzial.

Sind die Klima/Energiewende noch zu schaffen?

Ja, aber nur, wenn wir gemeinsam und sofort handeln



Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit

Quelle:
Nebelspalter 1989