



BGEO1.1 Einführung in die Geowissenschaften

# Globaler Klimawandel - aus geologischer Sicht

Kamil Ustaszewski

06.01.2020

[www.structures.uni-jena.de](http://www.structures.uni-jena.de)



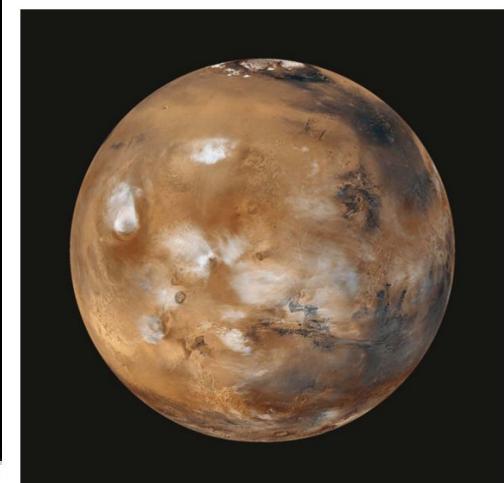
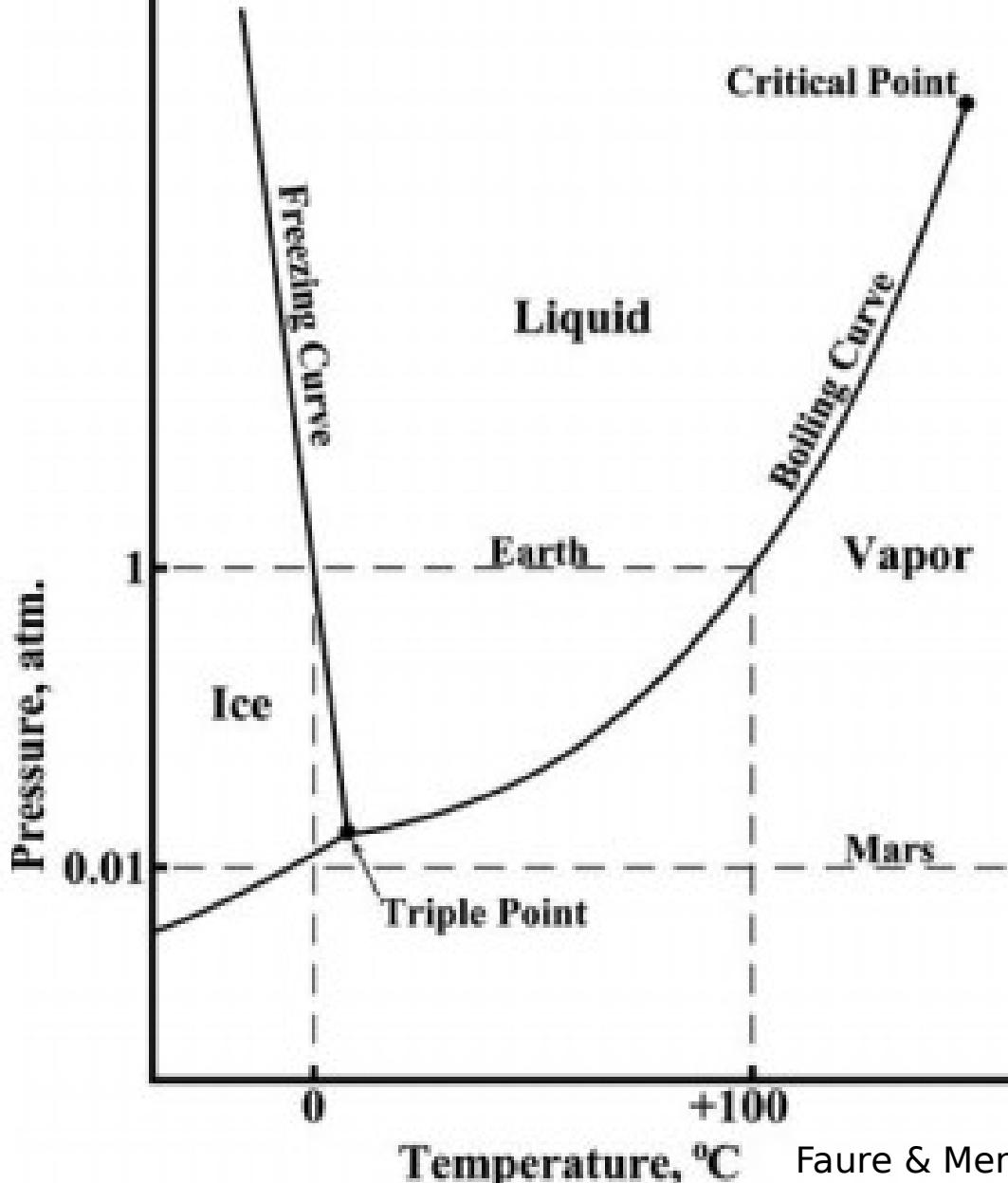
# Globaler Klimawandel - was bedeutet das?



Nanedi valley, Mars  
Alter: c. 3,5 – 2,5 Ga



## Phase Diagram of Water



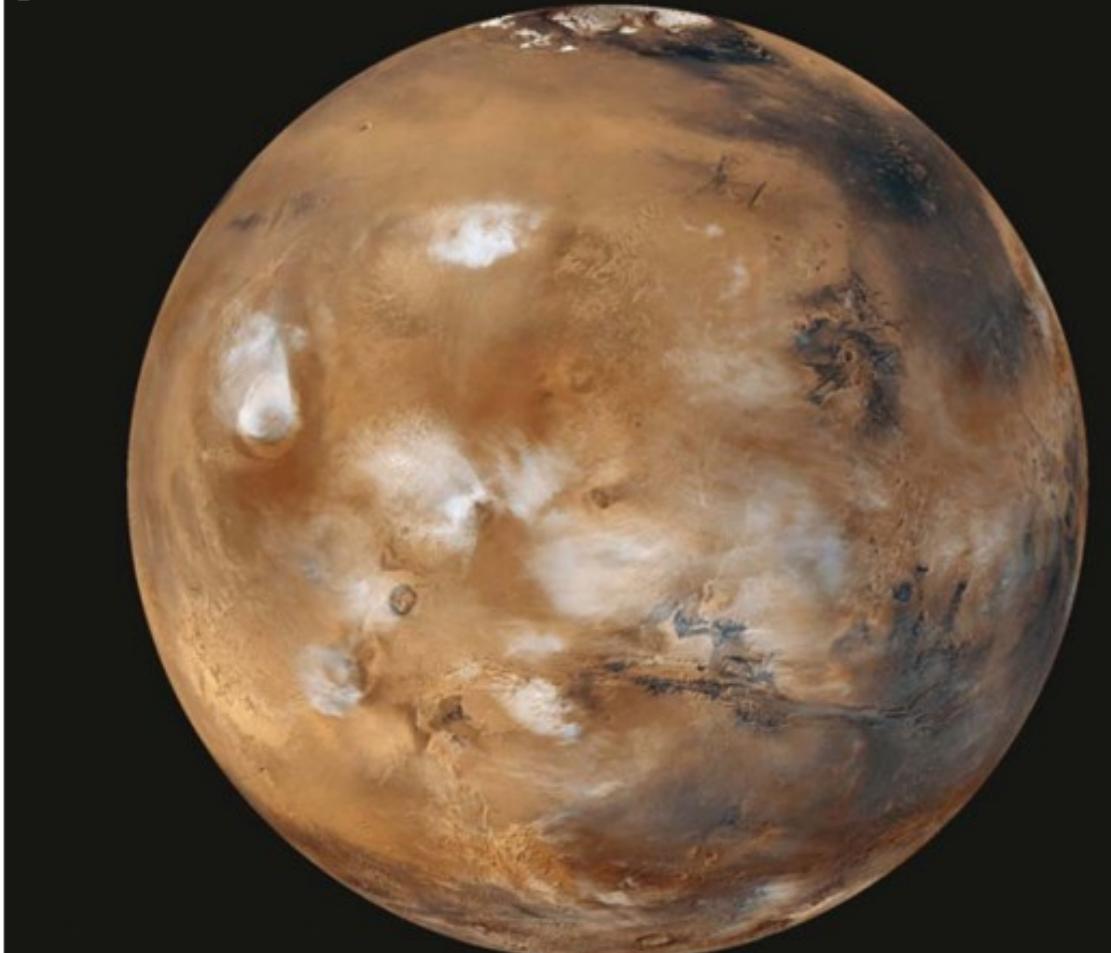
Nanedi valley, Mars  
Alter: c. 3,5 – 2,5 Ga

Mars Express,  
25 April 2006

c. 50 km  
↔

Phase Diagram of Water

# „Kühlschrank-Effekt“



© NASA/Bill Anders 1968



# *„Globalen Klimawandel - gibt es doch*



**The concept of global warming was  
created by and for the Chinese in order to  
make US manufacturing non-competitive.**

Donald Trump, business man and political candidate (b. 1946)

[https://media.boreme.com/post\\_media/2015/donald-trump-climate-change.jpg](https://media.boreme.com/post_media/2015/donald-trump-climate-change.jpg)



# *,,... ok, aber die Sonne ist schuld, nicht*

Pressemeldung

**„Die Sonne steuert das Klima, nicht CO<sub>2</sub>“**

*WerteUnion in Bayern lehnt „Grüne“*  
**entschieden ab**

München, 30.12.2019

Konservativer Aufbruch

das Kohle-

aber „sie“

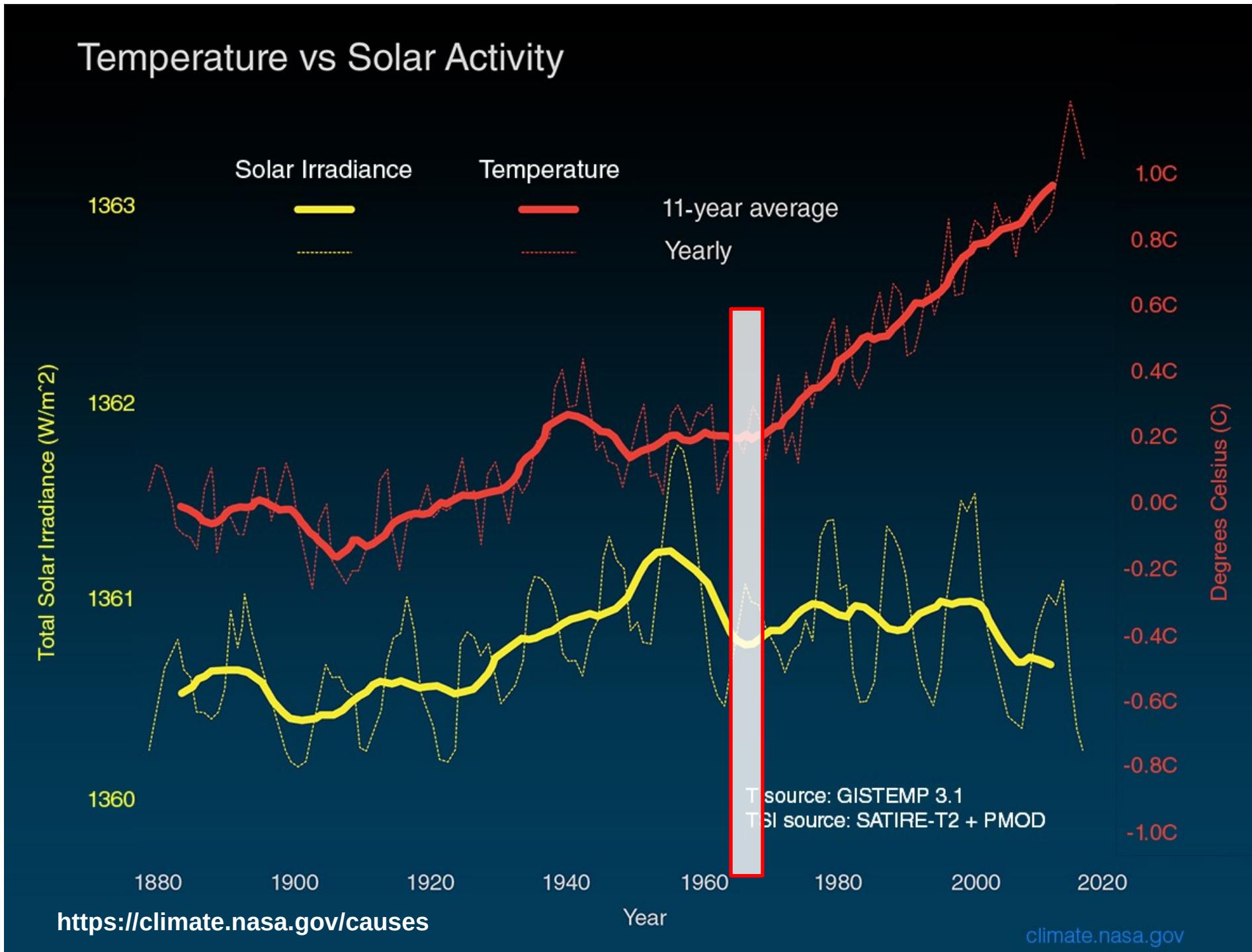
Landesvor-

<https://konservativer-aufbruch.de/pressemitteilungen/pressemeldung-werteunion-in-bayern-klima-und-co2-30122019.pdf>

**FAKE  
NEWS**



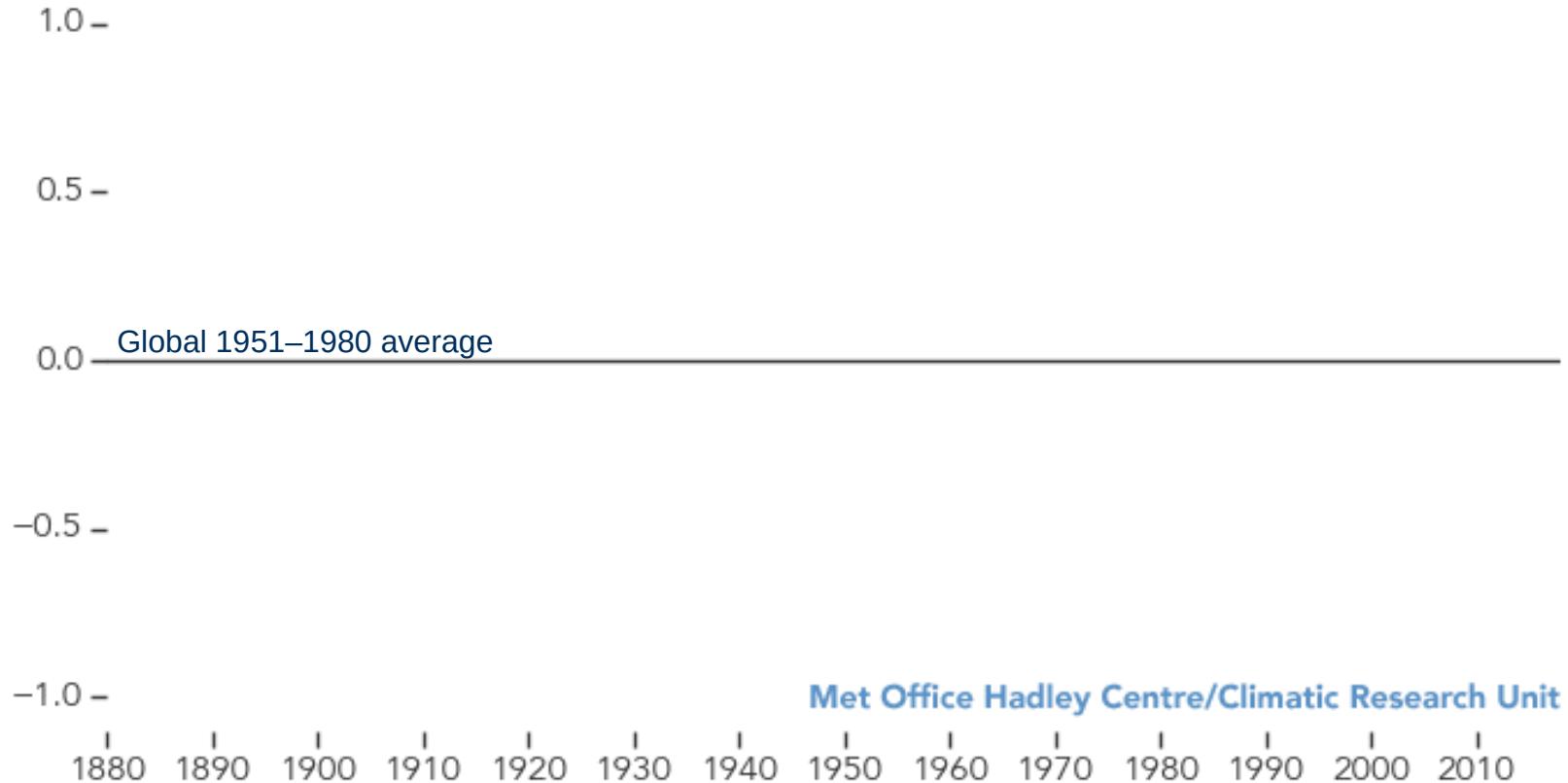
# Temperatur vs. Sonnenaktivität



# Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur gemäß 5 verschiedener Quellen

A World of Agreement: Temperatures are Rising

Global Temperature Anomaly (°C)



Duncombe, J. (2019), 2018 is the fourth-hottest year on record, *Eos*, 100, <https://doi.org/10.1029/2019EO115671>. Published on 06 February 2019.



**Globale Erwärmung auf Zeitskalen menschlicher Wahrnehmung (mind. 30 Jahre\*) ist unumstrittene Tatsache.**

\*) Definition des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)



# Globaler Klimawandel - aus geologischer

1. Treibhauseffekt ~~Sicht~~ & Treibhausgase
2. Auswirkungen von CO<sub>2</sub>
3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“



Institute for  
Geological Sciences



JST

Jena Struktureogeologie - Tektonik



# Globaler Klimawandel - aus geologischer

1. Treibhauseffekt ~~Sicht~~ & Treibhausgase

2. Auswirkungen von CO<sub>2</sub>

3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“



Institute for  
Geological Sciences



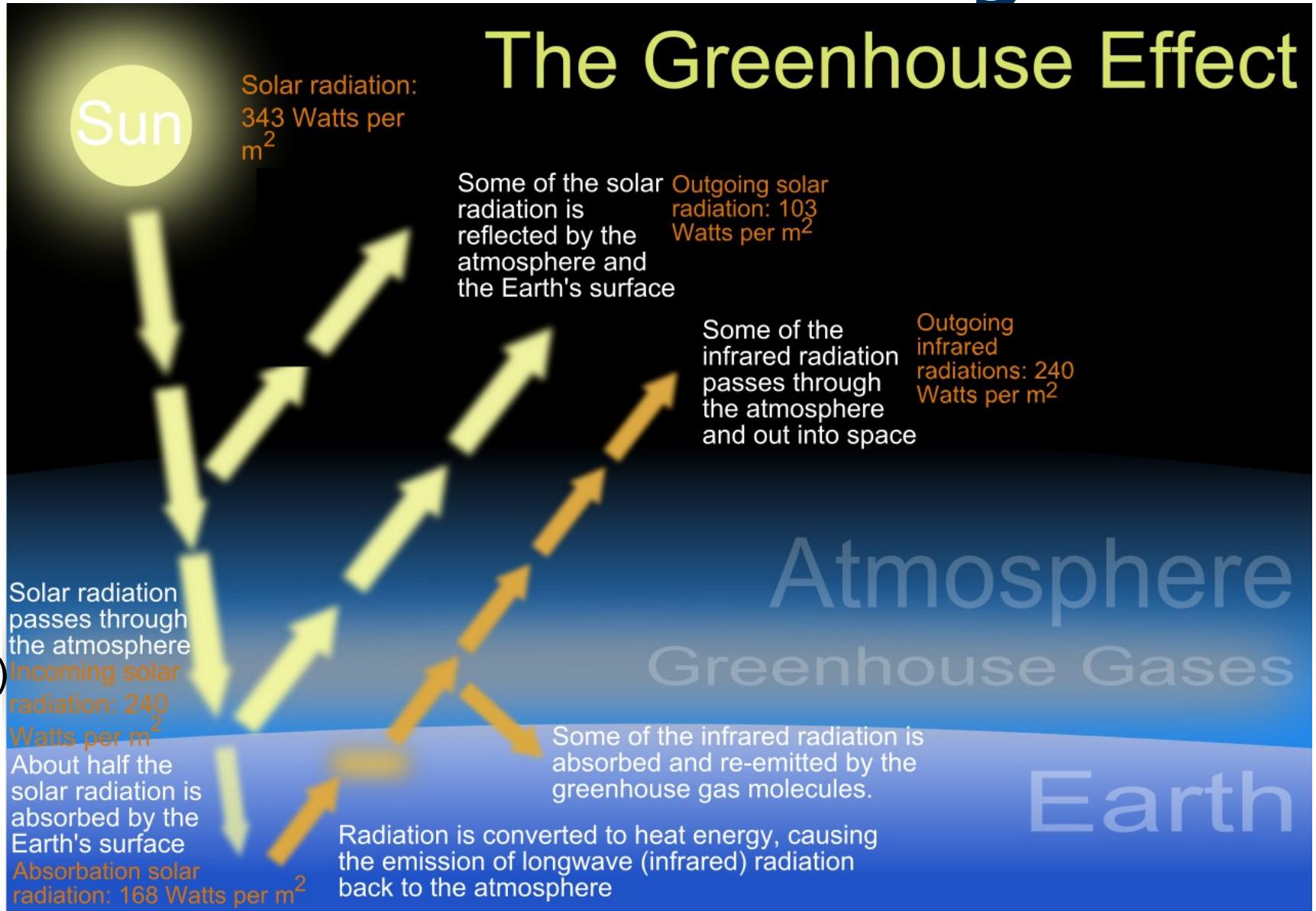
JST

Jena Struktureogeologie - Tektonik

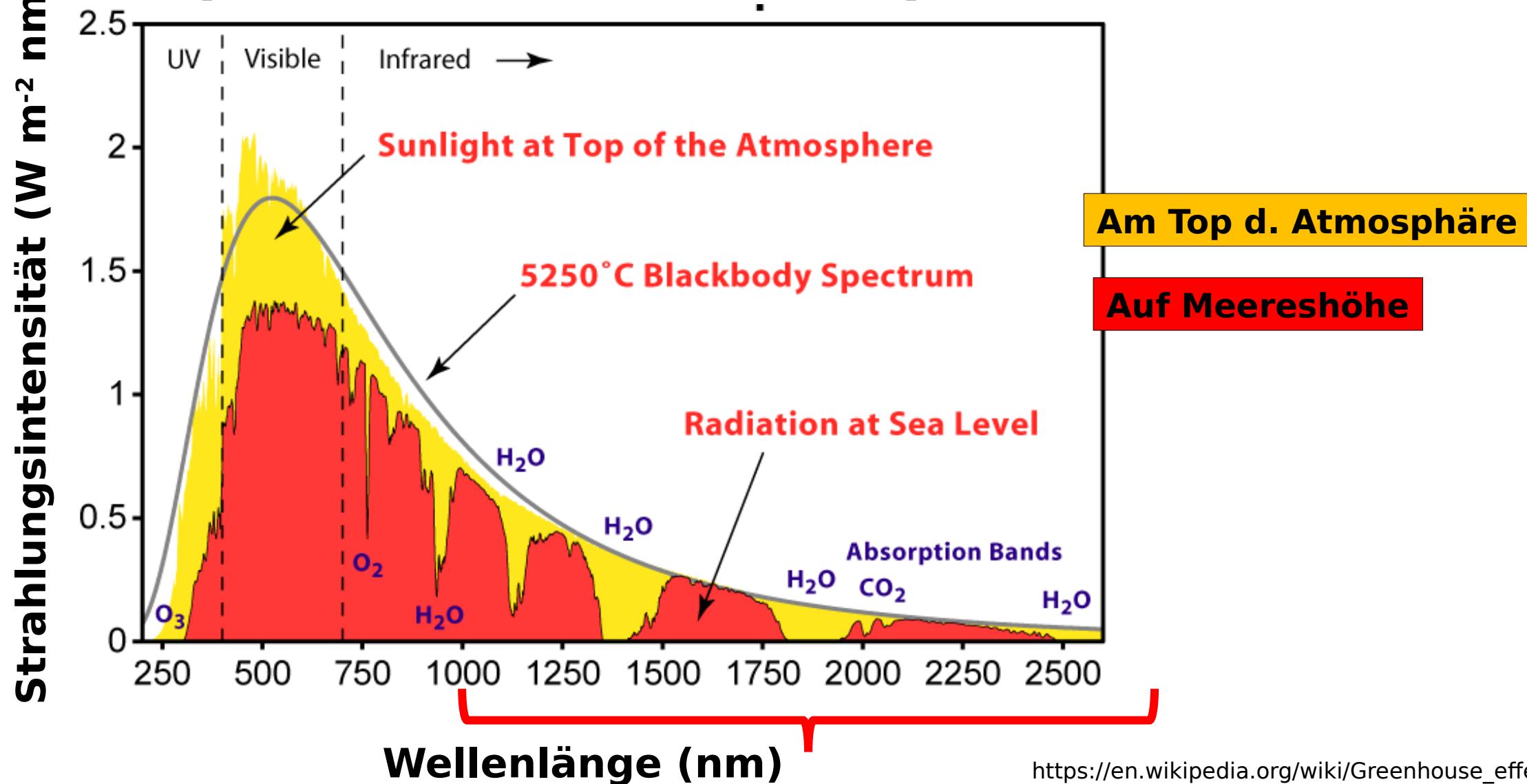
# 1. Treibhauseffekt & Treibhausgase

## Treibhausgase (in absteigender Bedeutung)

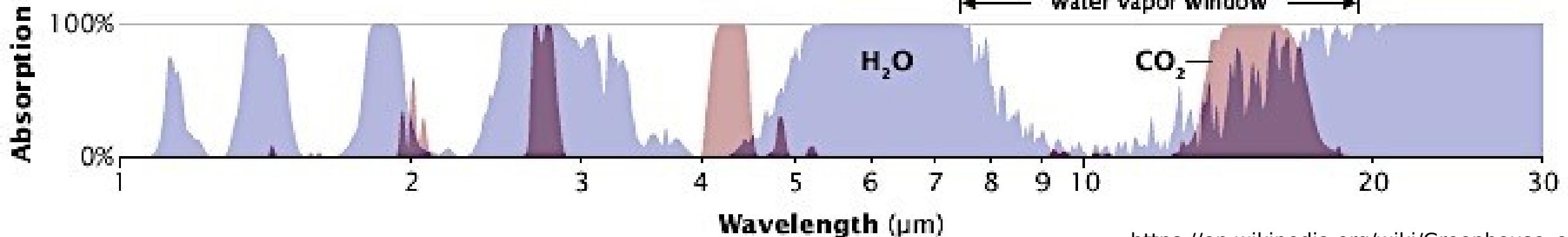
- Wasserdampf ( $H_2O$ )
- Kohlendioxid ( $CO_2$ )
- Methan ( $CH_4$ )
- Di-Stickstoffmonoxid ( $N_2O$ )
- Ozon ( $O_3$ )
- Chlorofluor-KWSt'e
- Hydrofluoro-KWSt'e



# Strahlenspektrum direkten Sonnenlichts vs. Absorptionsverhalten atmosphärischer Gase



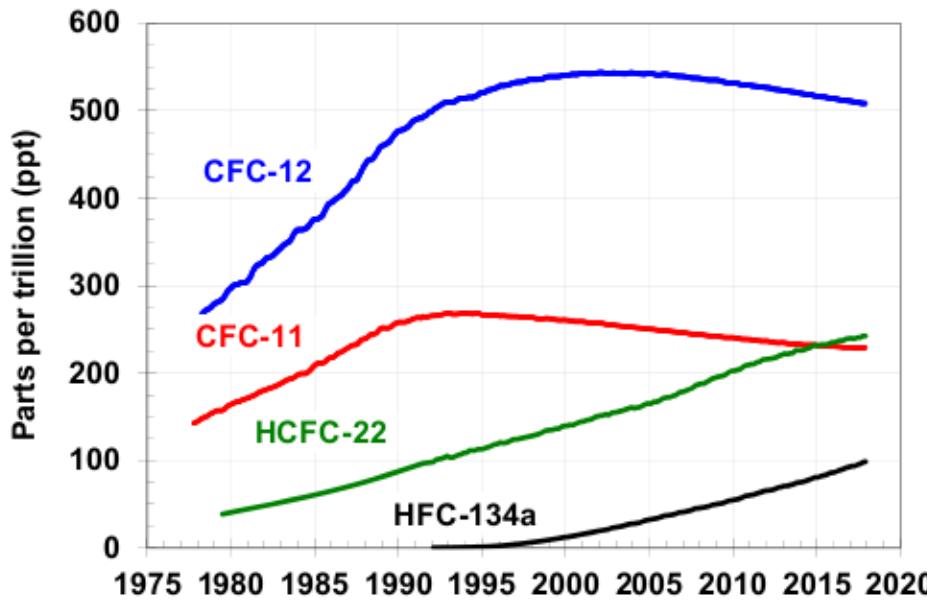
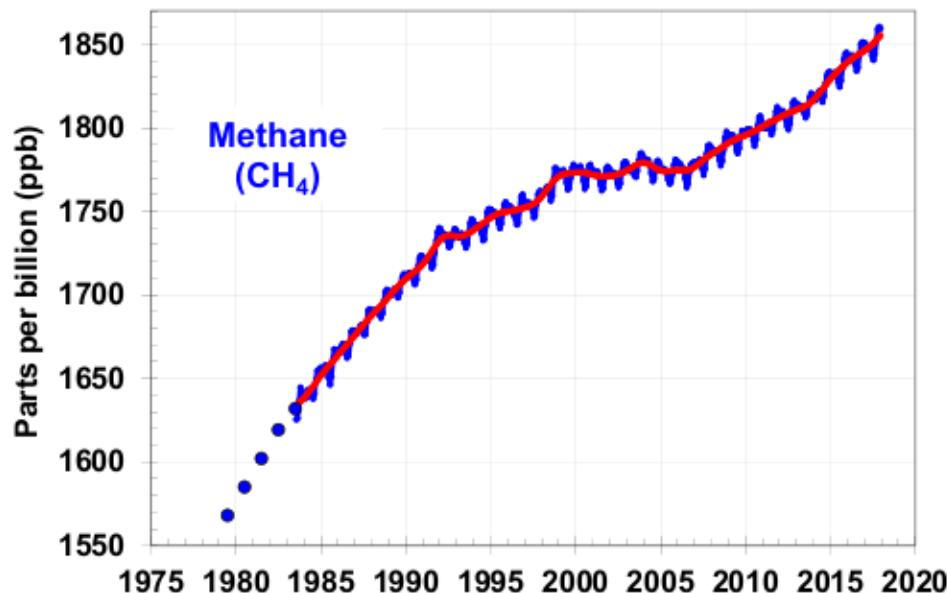
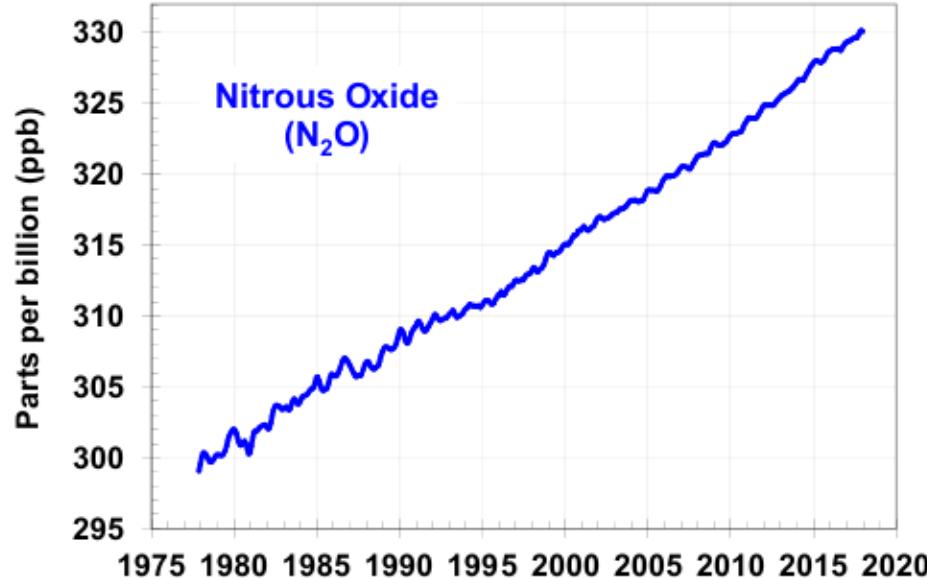
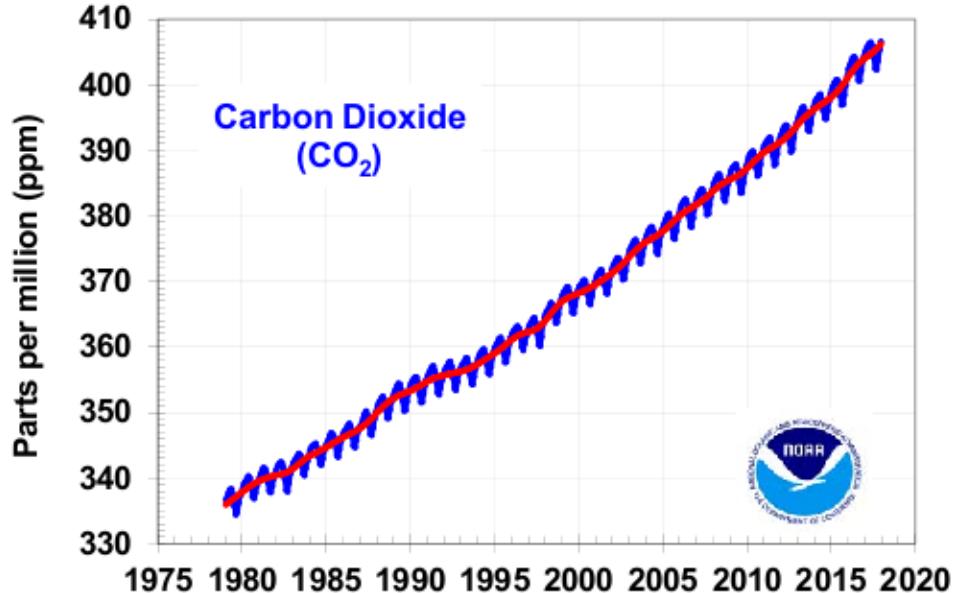
# Absorptionsverhalten von $\text{H}_2\text{O}$ und $\text{CO}_2$ im Infrarotbereich



[https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect)

- **$\text{CO}_2$  ist als Treibhausgas deutlich schwächer als Wasserdampf, aber...**
- **$\text{CO}_2$  absorbiert auch jene Wärmestrahlung, die Wasserdampf ungehindert wieder abgeben würde („*water vapor window*“)**
- **Mit zunehmender Konzentration an  $\text{CO}_2$  wird das „*water vapor window*“ zunehmend geschlossen**

# Konzentrationen einiger Treibhausgase

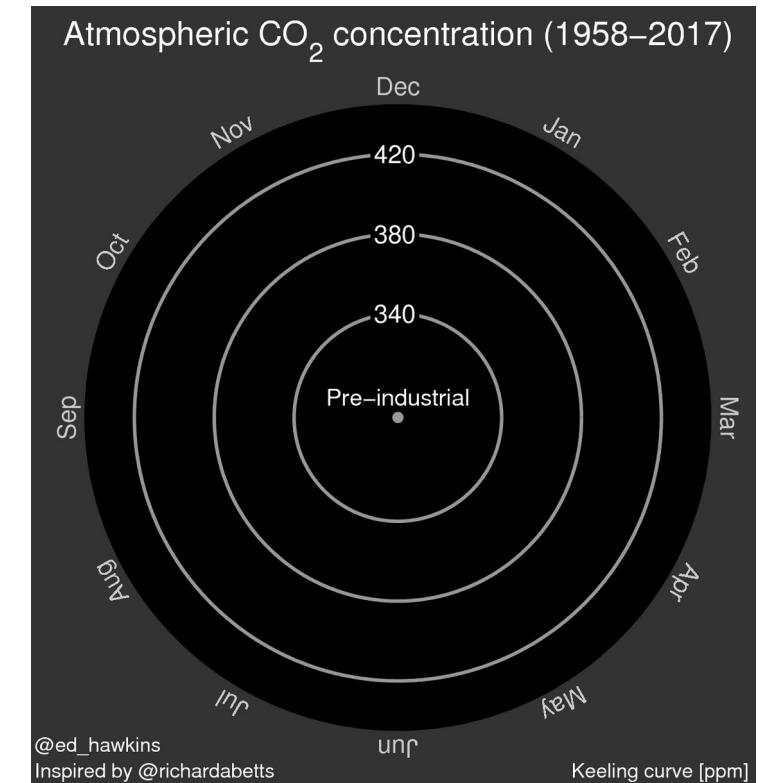
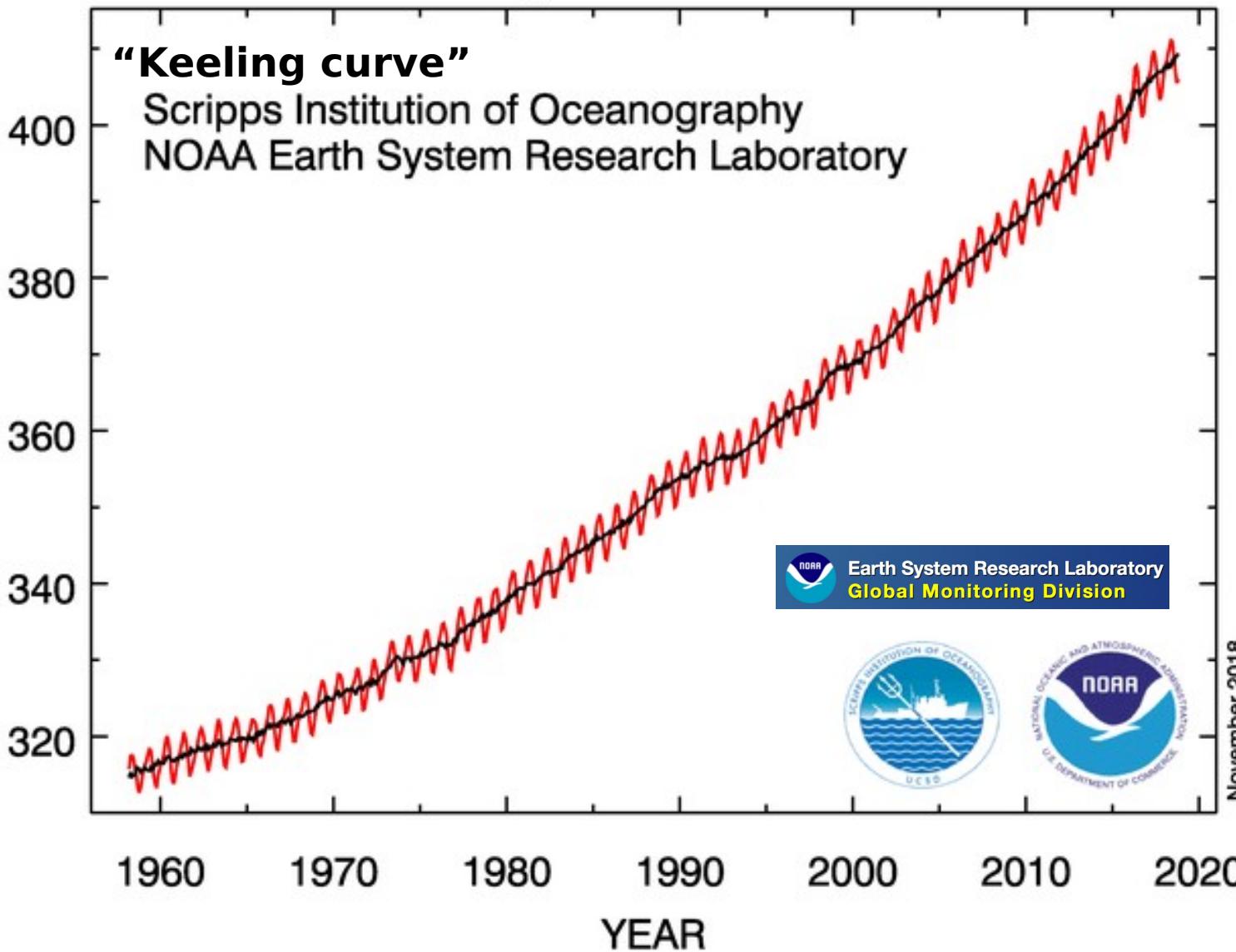


[https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi\\_fig2.png](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi_fig2.png)

# Variation der CO<sub>2</sub>-Konzentration seit 1958

Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory

PARTS PER MILLION



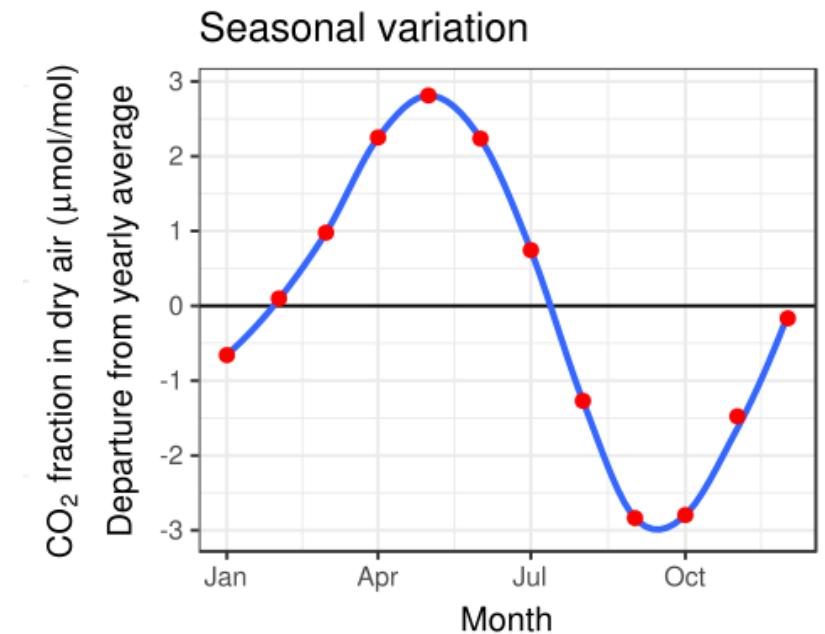
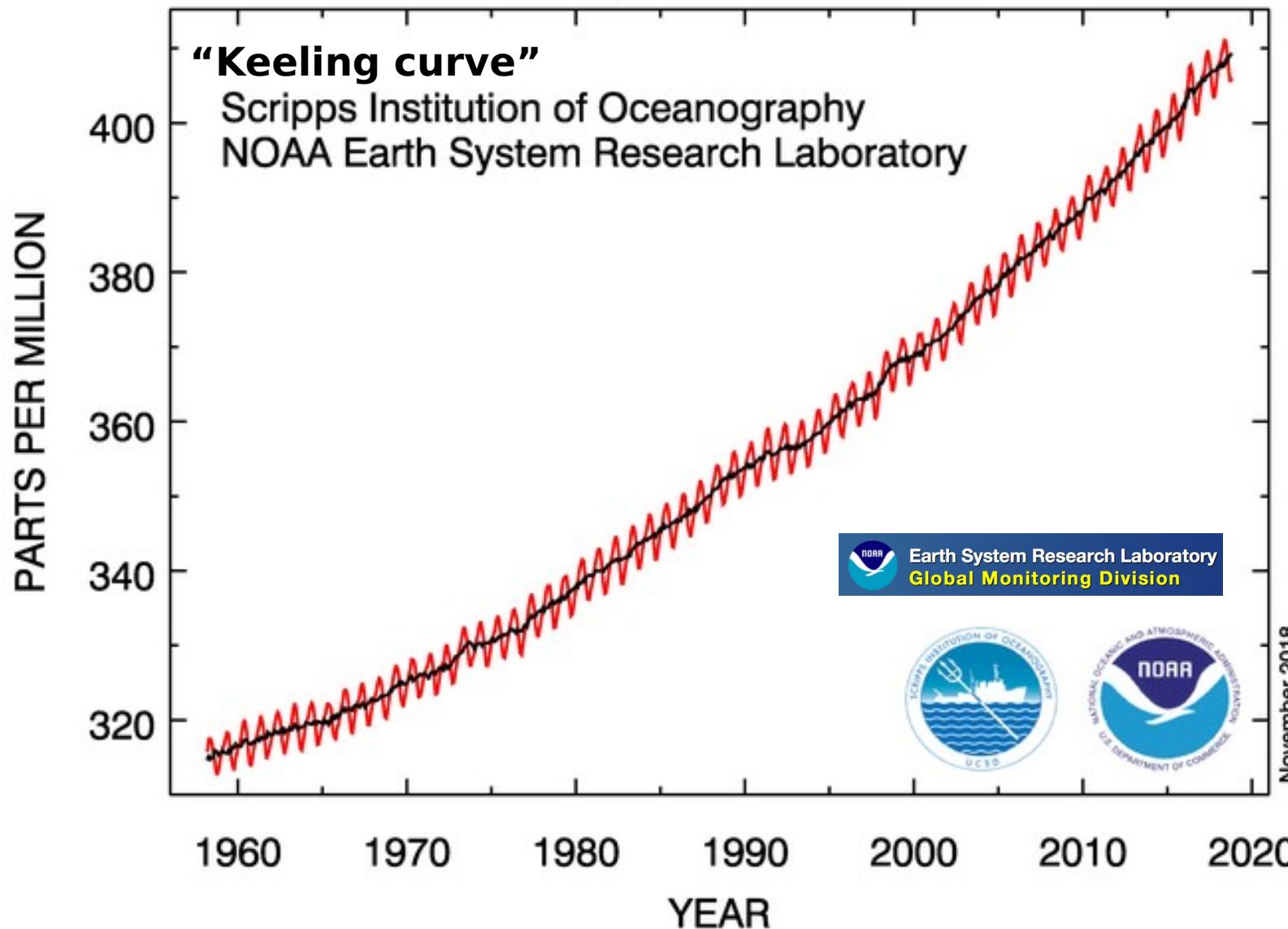
<http://www.climate-lab-book.ac.uk/spirals/>

Monthly mean atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory, Hawaii. 1958-2018

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>

# Variation der CO<sub>2</sub>-Konzentration seit 1958

Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory



Monthly mean atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory, Hawaii. 1958-2018



# Globaler Klimawandel - aus geologischer

1. Treibhauseffekt **S**icint & Treibhausgase

2. Auswirkungen von CO<sub>2</sub>

3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“



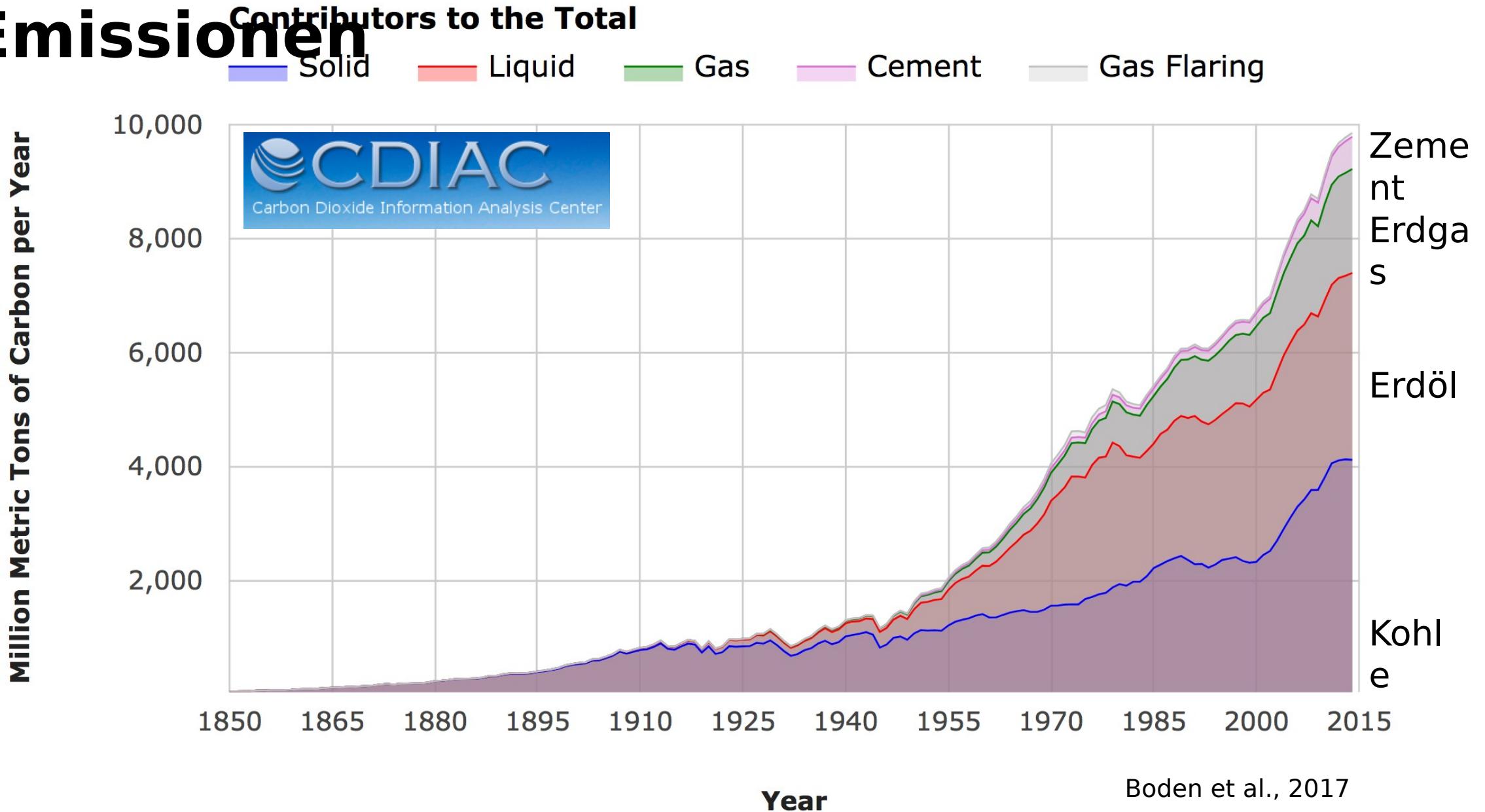
Institute for  
Geological Sciences



**JST**

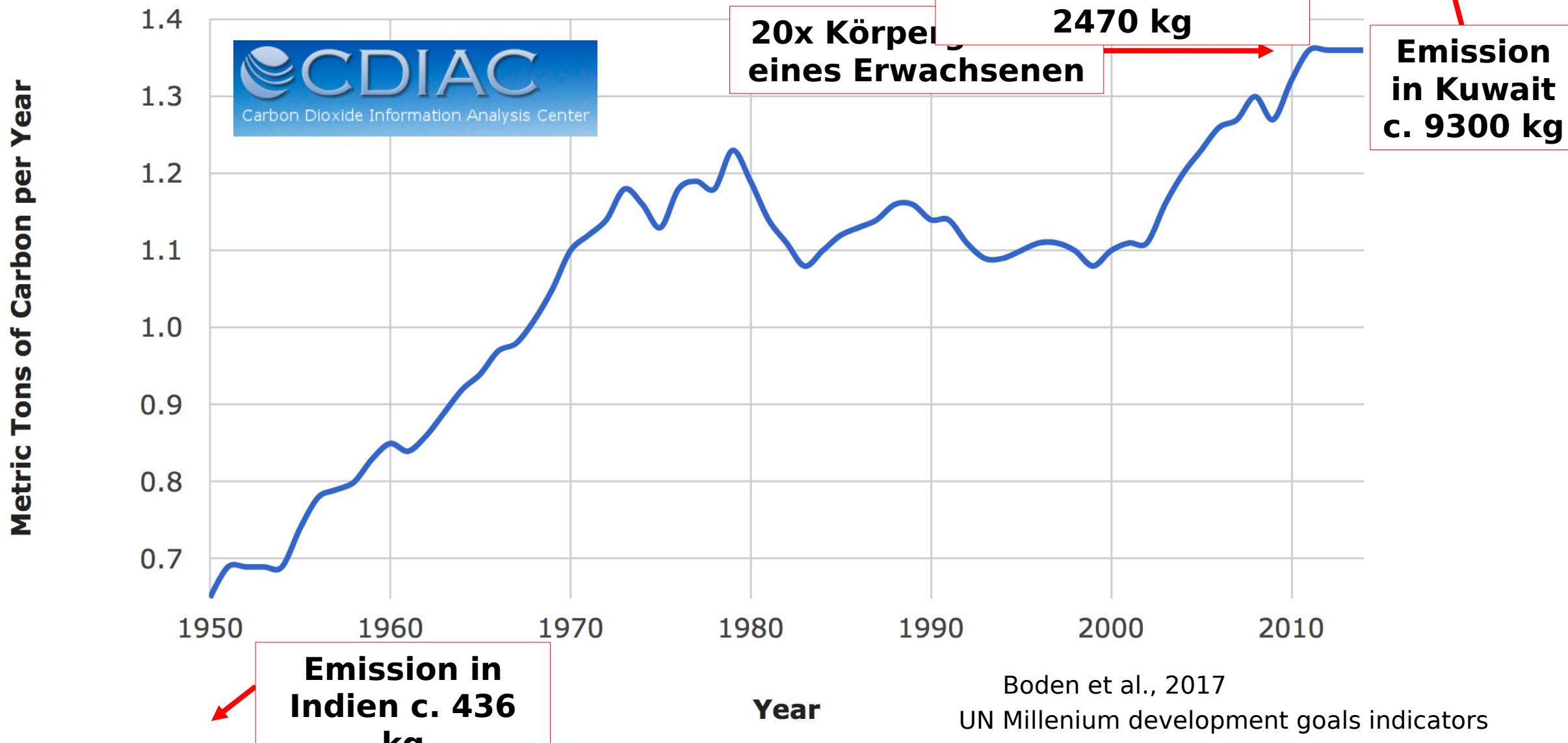
Jena Struktureogeologie - Tektonik

# Jährliche globale anthropogene Kohlenstoff-Emissionen



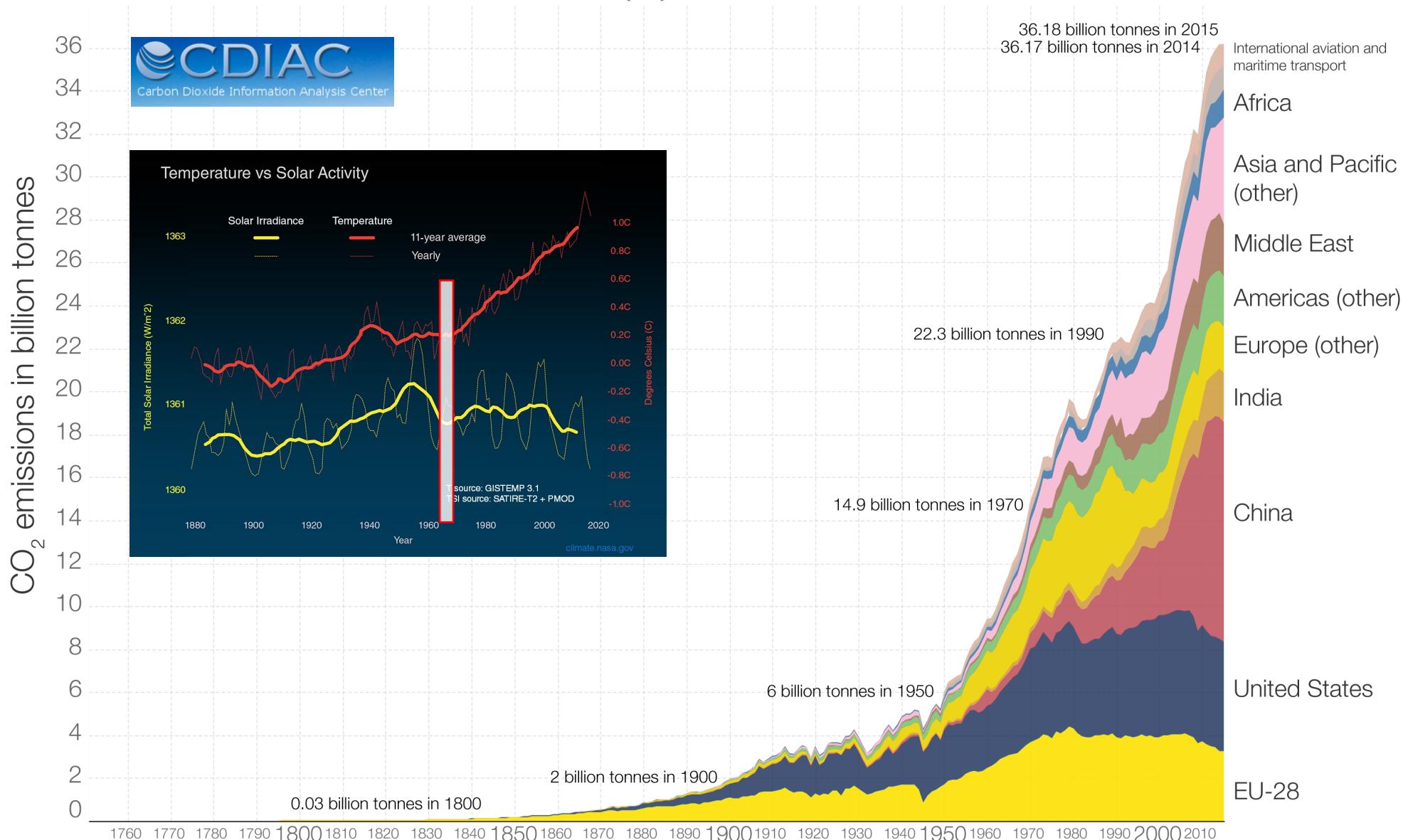
# Globale Pro-Kopf Emissionen an Kohlenstoff

Pro Capita Carbon Emissions



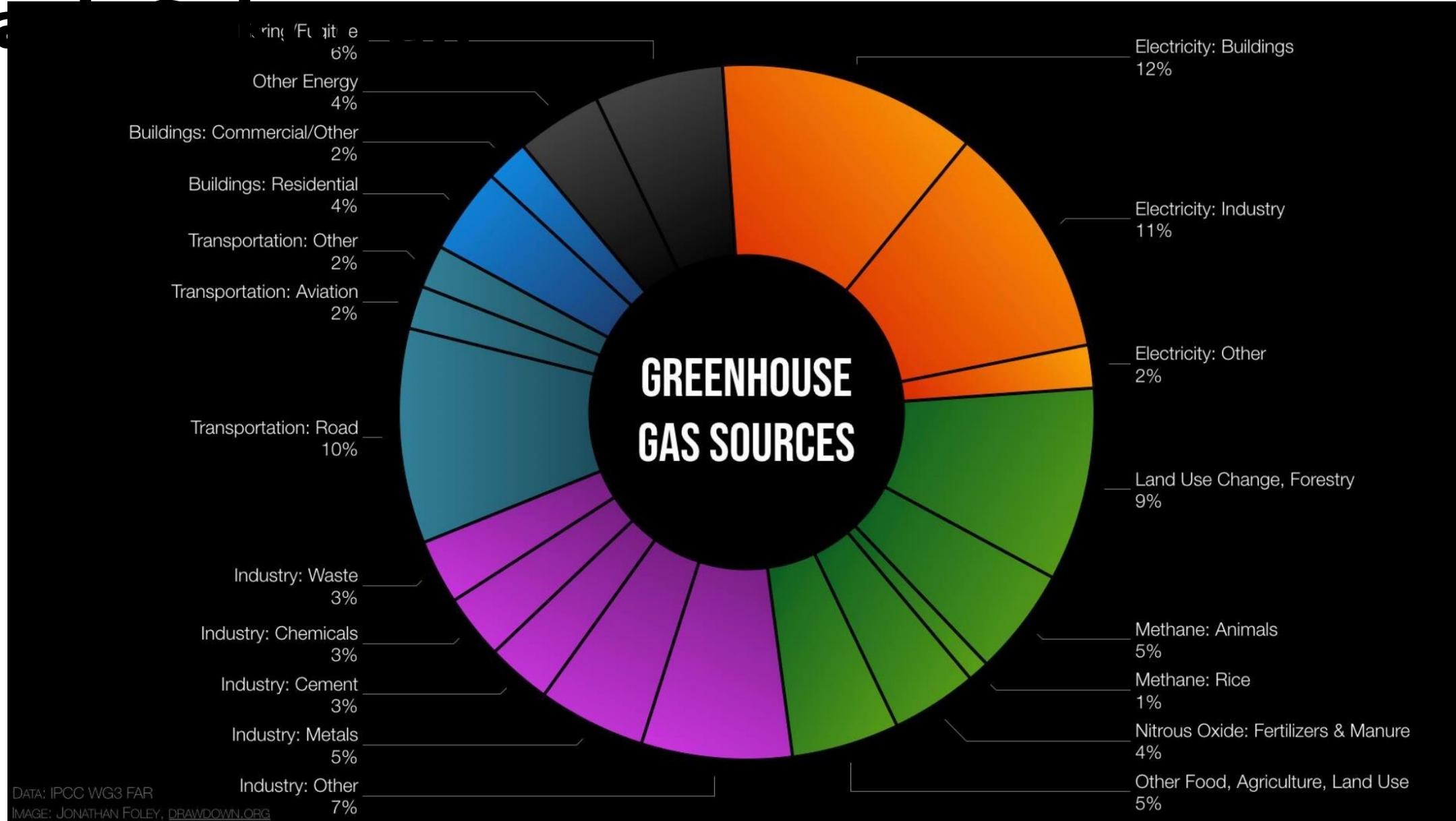
# Global CO<sub>2</sub> emissions by world region, 1751 to 2015

Annual carbon dioxide emissions in billion tonnes (Gt).



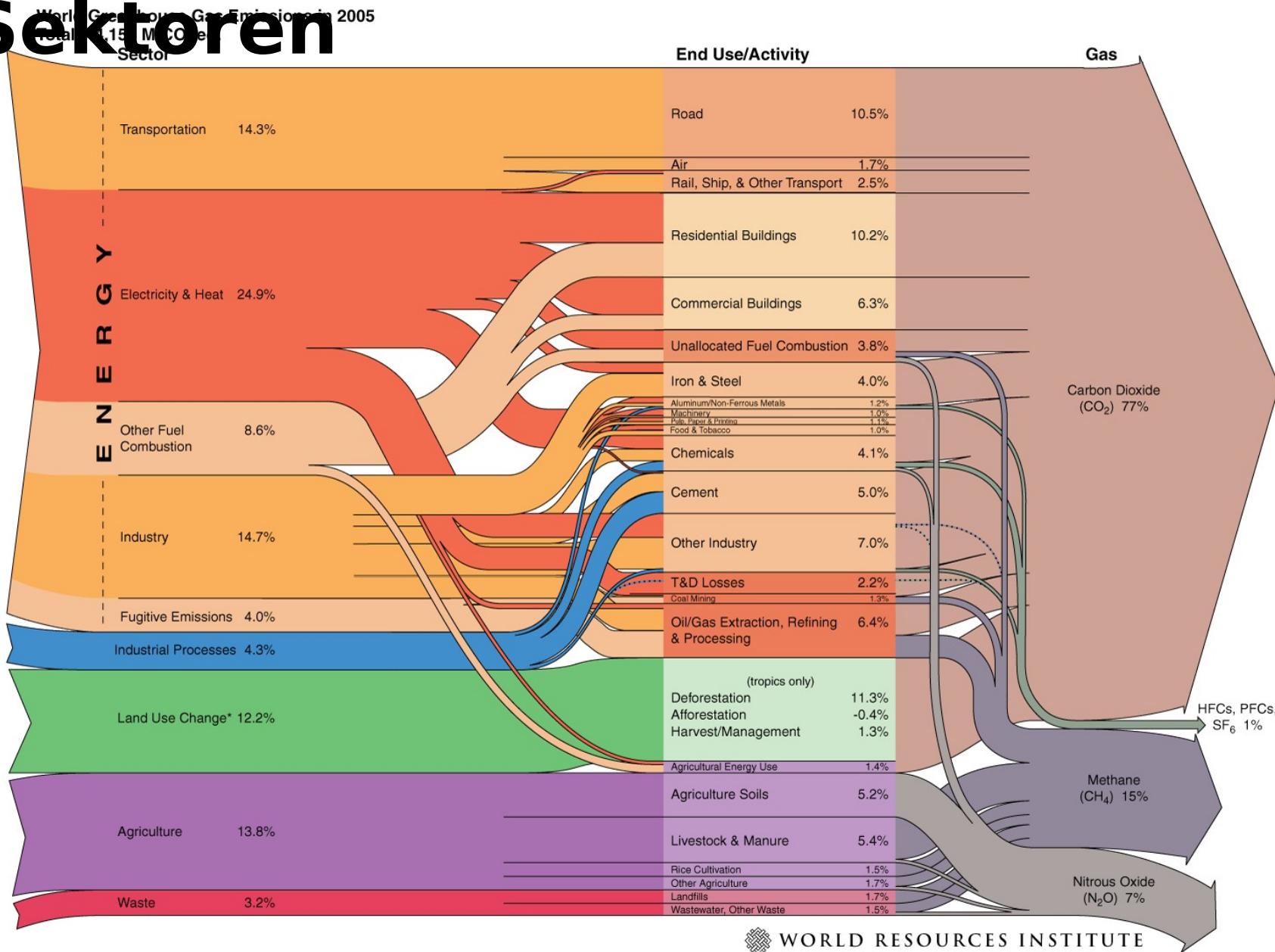
# Quellen anthropogener Treibhausgase

nach Quelle

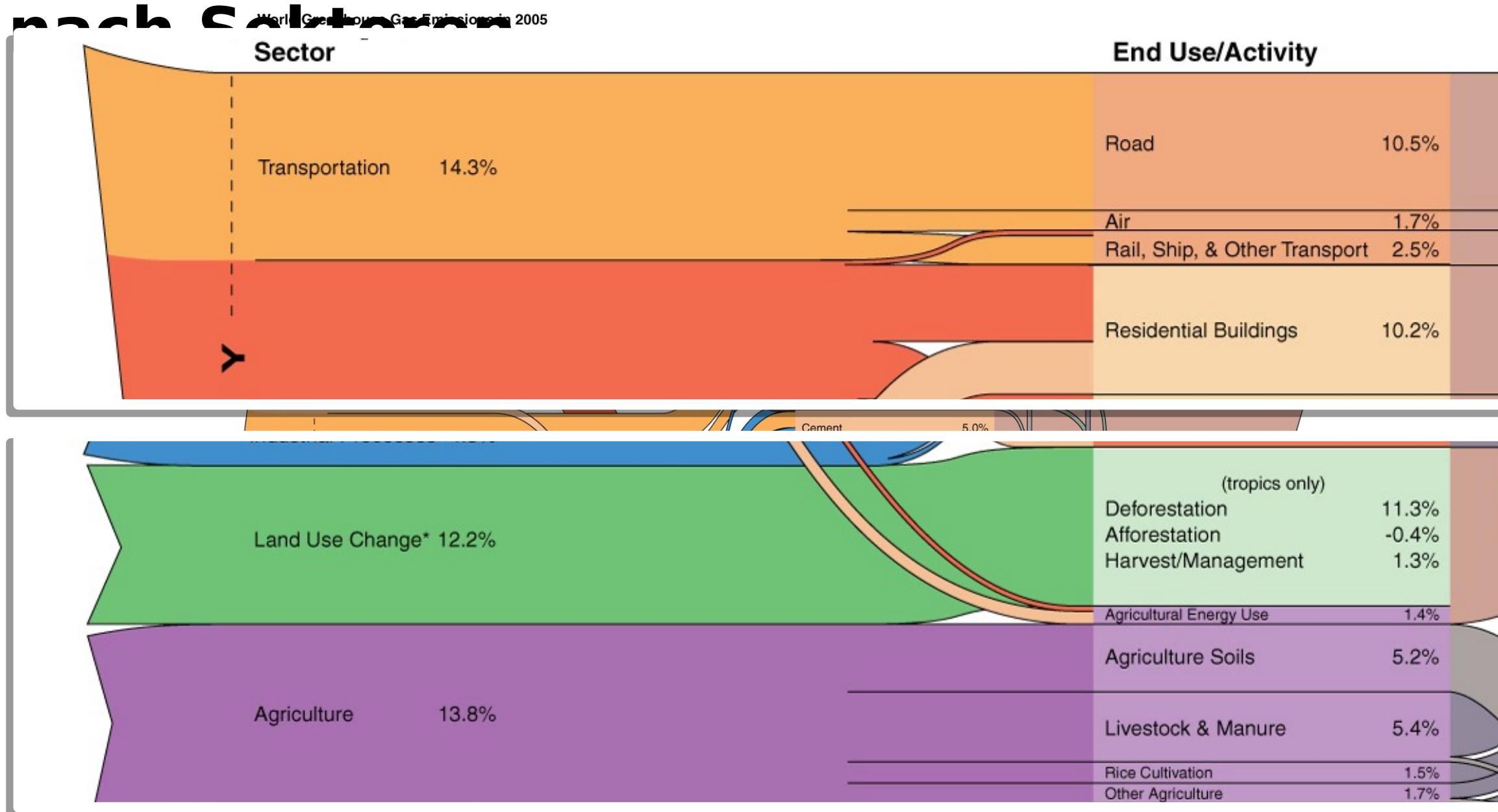


Daten: IPCC, Graphische Umsetzung J. Foley,  
© 2019,  
<https://www.drawdown.org>

# Quellen anthropogener Treibhausgase nach Sektoren

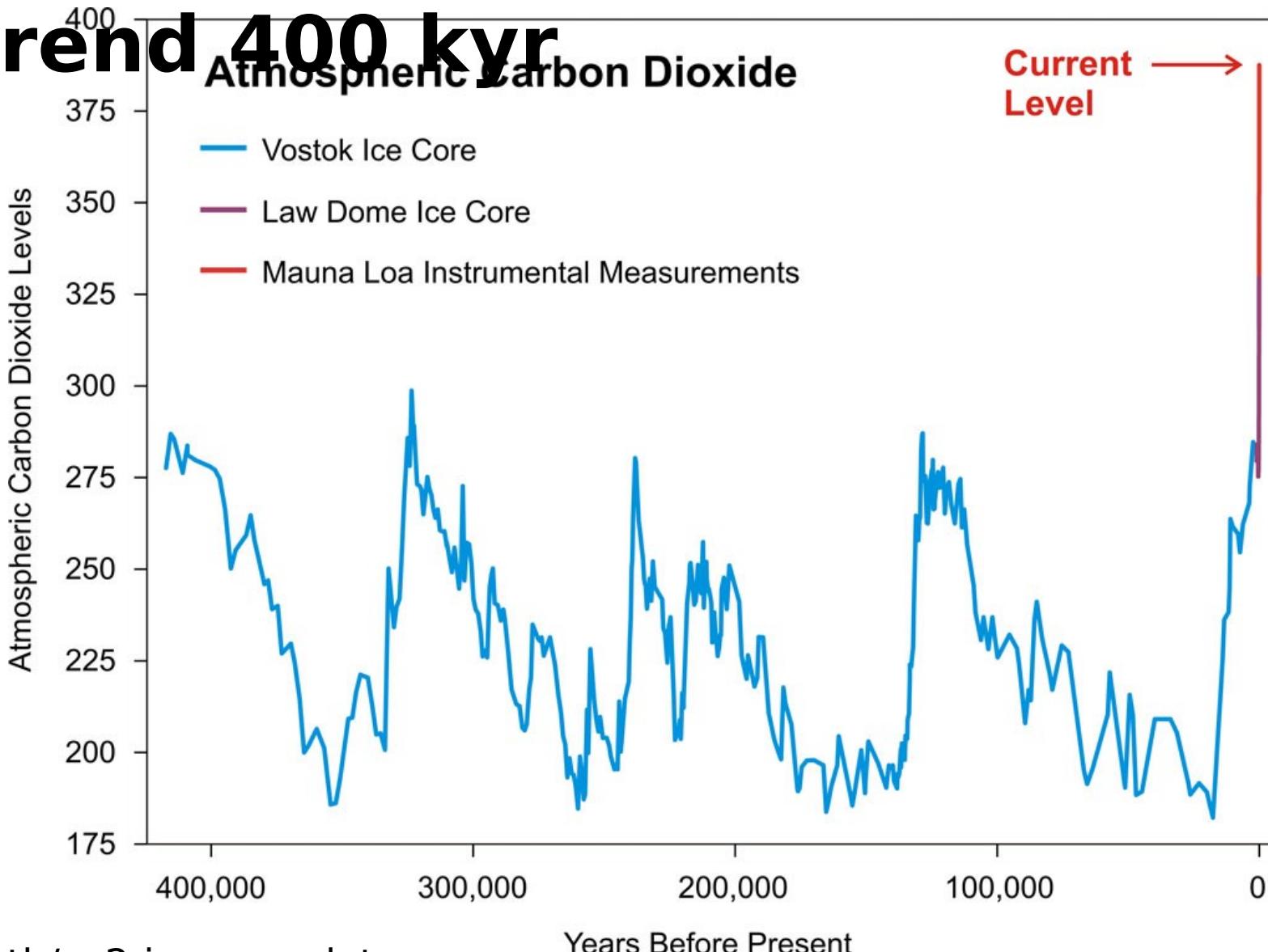


# Quellen anthropogener Treibhausgase



# Variation der CO<sub>2</sub>-Konzentration während 400 kyr

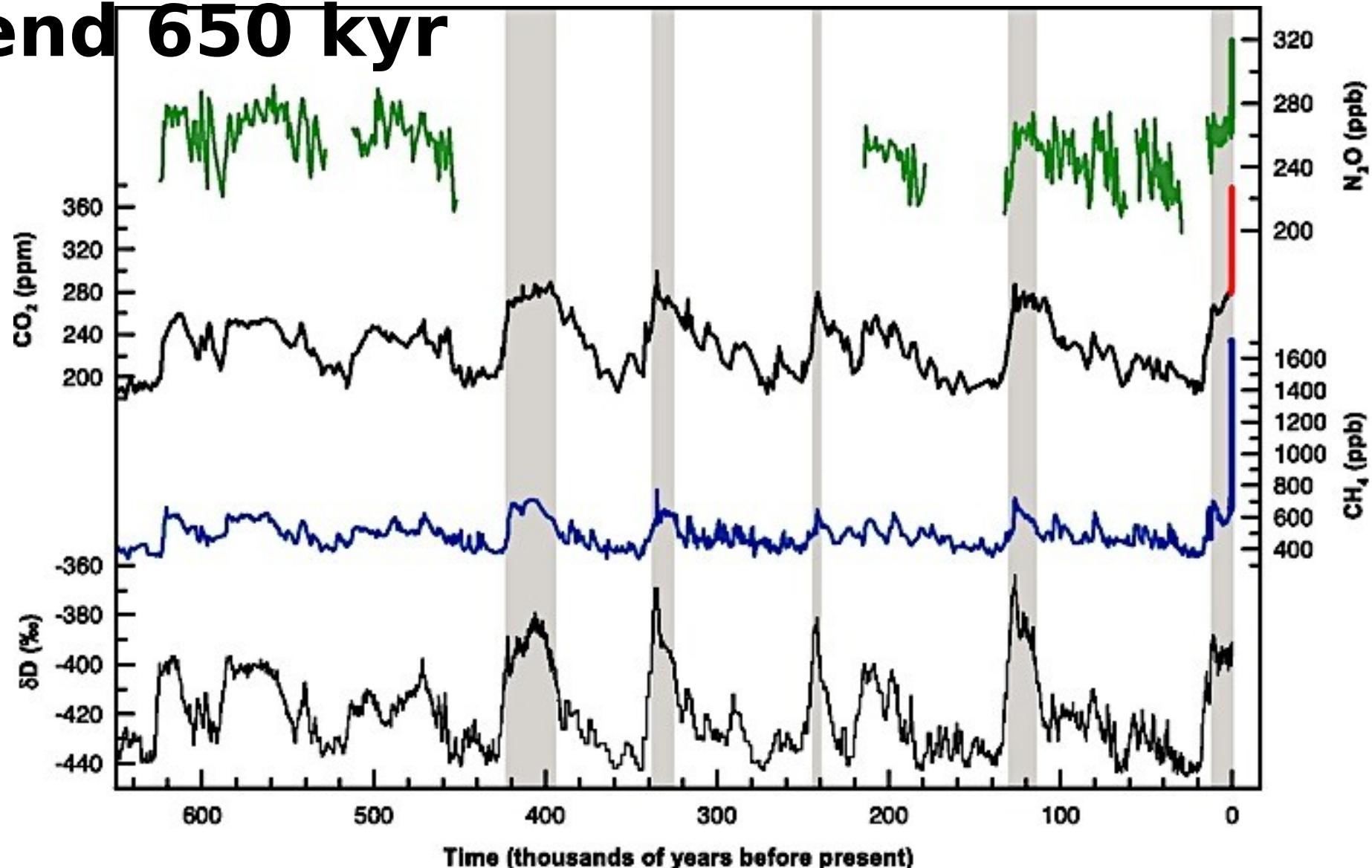
**400,000  
Years of  
CO<sub>2</sub> Data  
(papers:  
1999 to  
2005)**



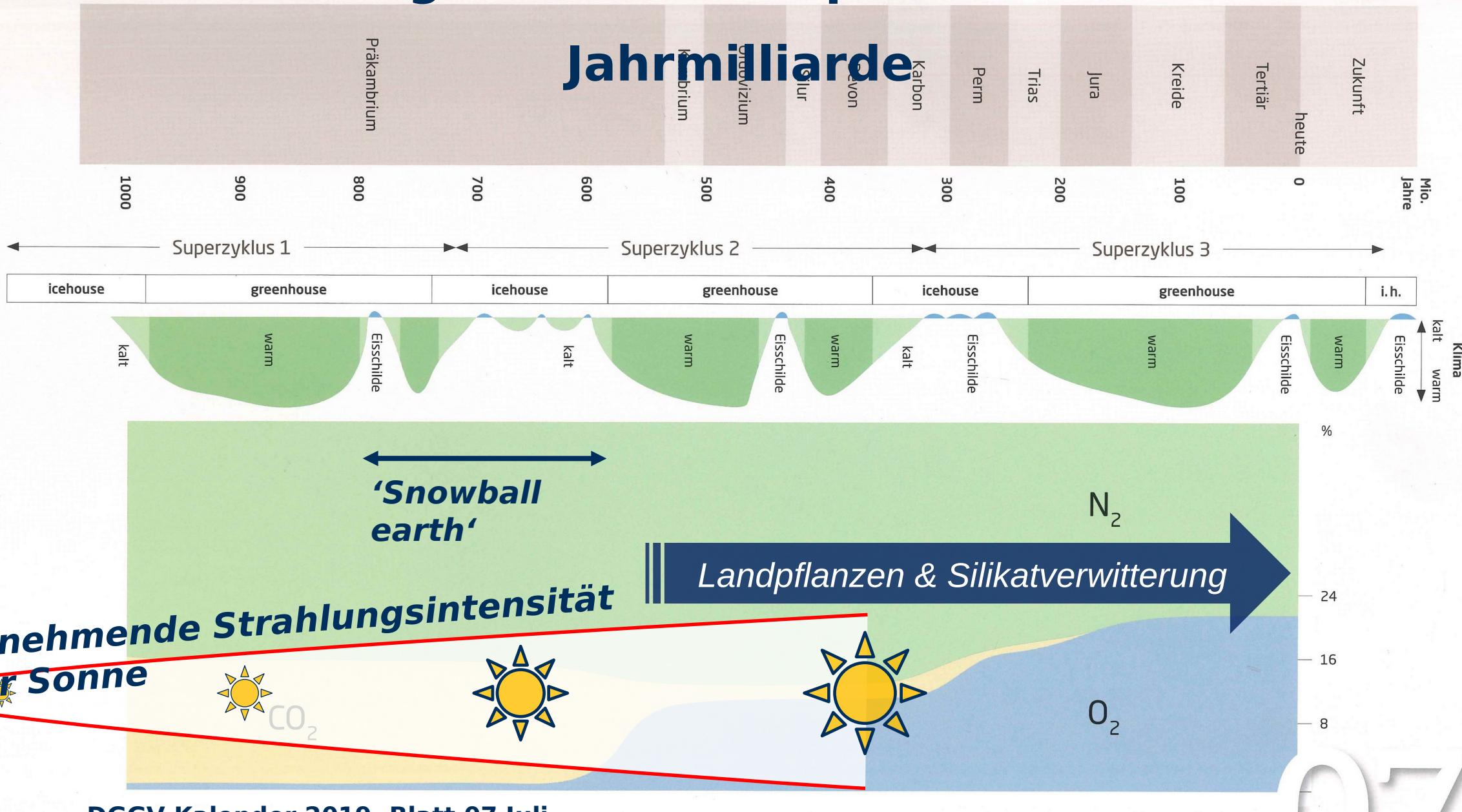
# Variation der CO<sub>2</sub>-Konzentration während 650 kyr

650,000 Years of  
CO<sub>2</sub> Data

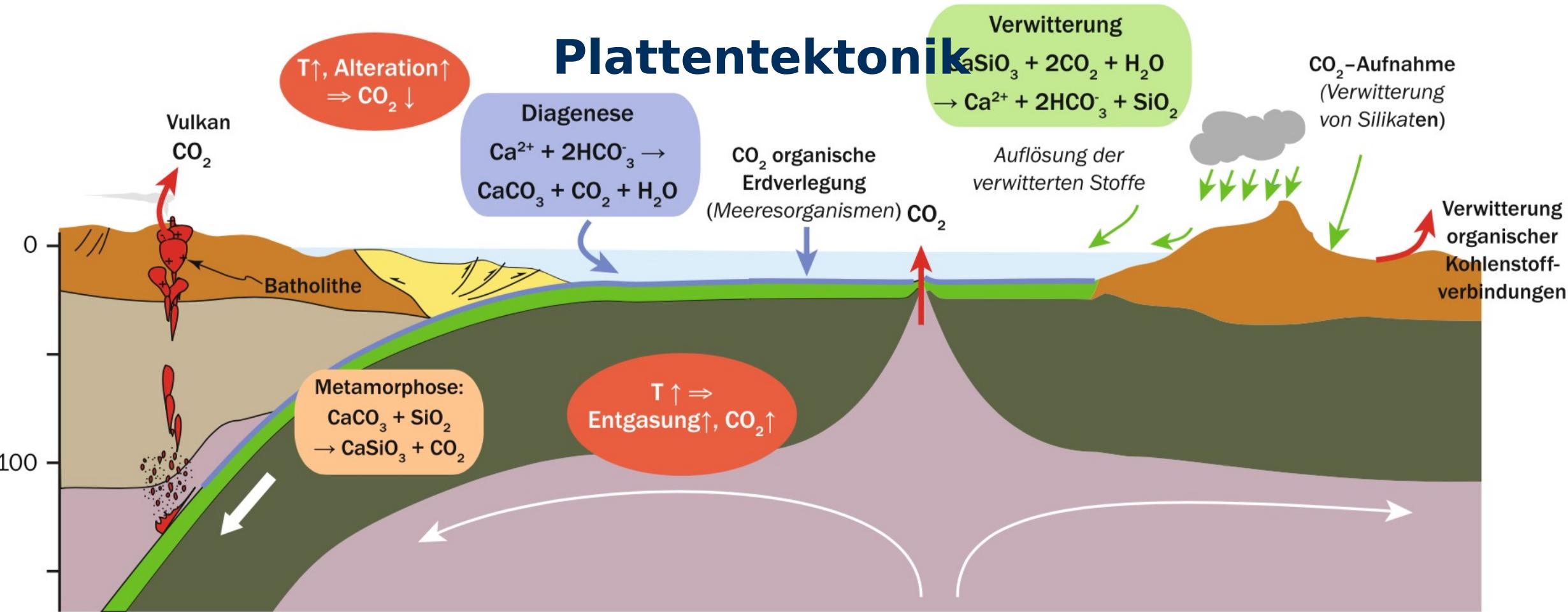
IPCC  
(Intergovernmental  
Panel on climate  
change) Report  
2007



# Zusammensetzung der Erdatmosphäre während der letzten Jahrmilliard



# Natürlicher Kohlenstoffkreislauf in Zusammenhang mit Plattentektonik



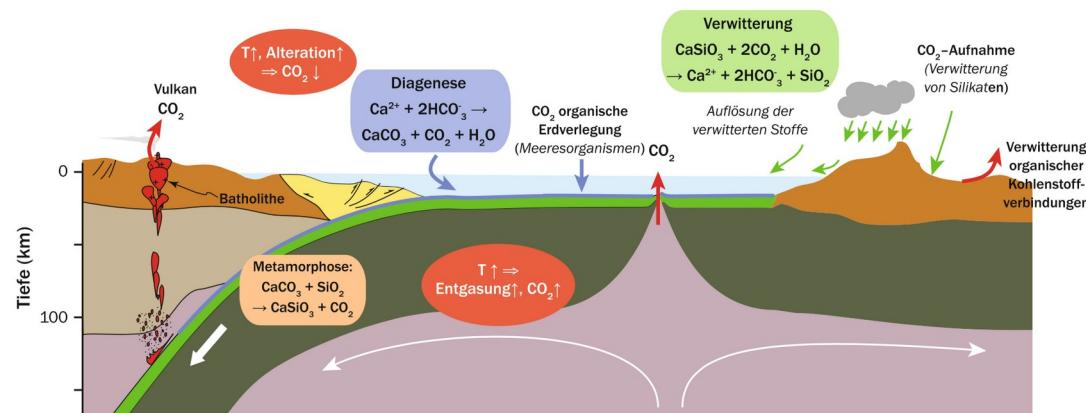
Robert & Bousquet, 2018:  
“Geowissenschaften”, Abb. 12.25.

# Natürliche Kohlenstoff-Reservoir

Table 1. *Masses of carbon in various reservoirs*

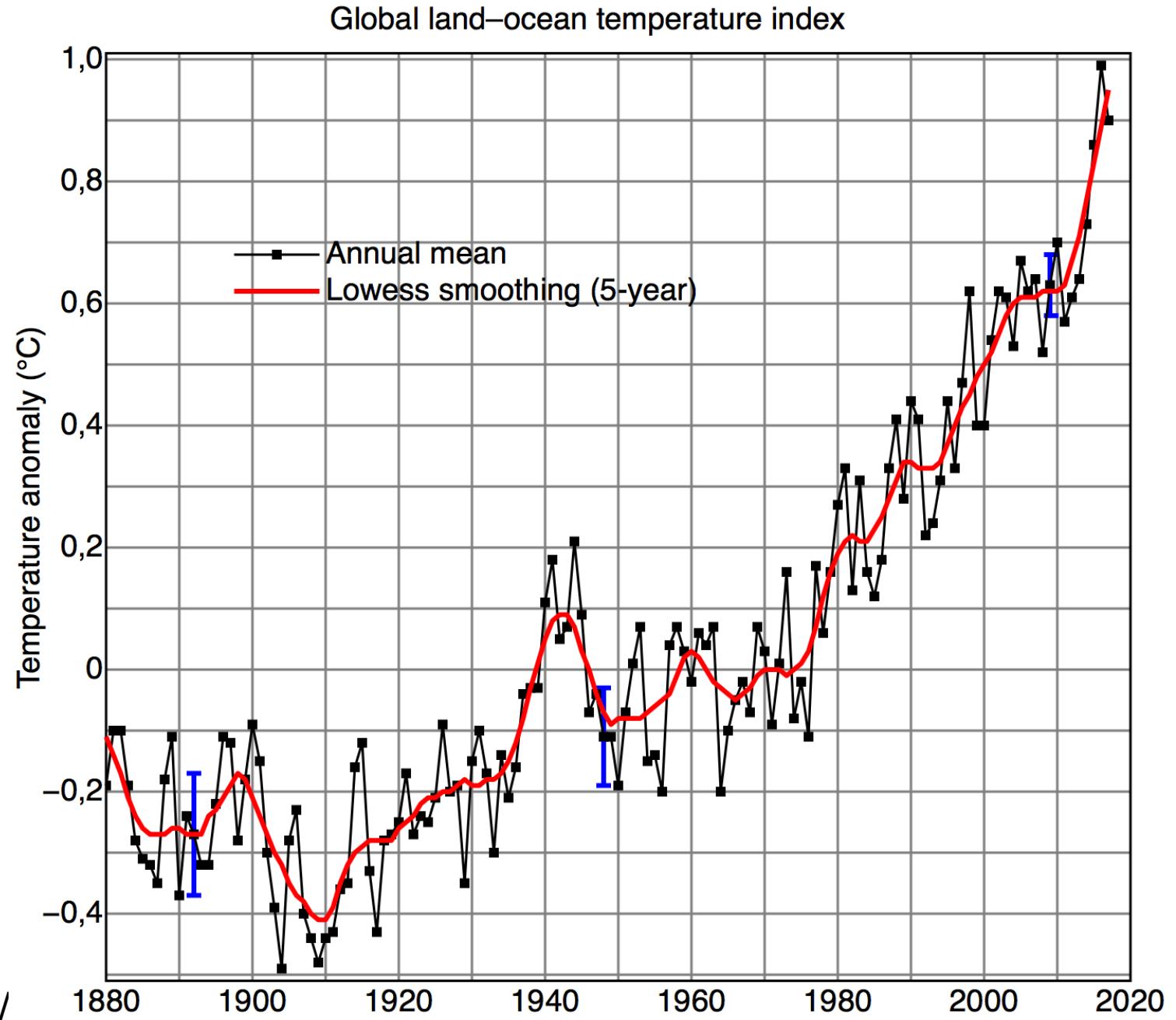
location	mass ( $10^{18}$ g of C)	
carbonate in rocks	60 000	$\triangleq$ 600 Billiarden t
organic C in rocks	15 000	
ocean $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	42	$\triangleq$ 42 Billionen t
soil carbon	4	
atmospheric $\text{CO}_2$	0.7	$\triangleq$ 700 Milliarden t
biosphere	0.6	$\triangleq$ 600 Milliarden t

Berner, Phil. Trans. R. Soc. Lon. 1998



# Globale Temperaturvariationen seit dem 19. Jh.

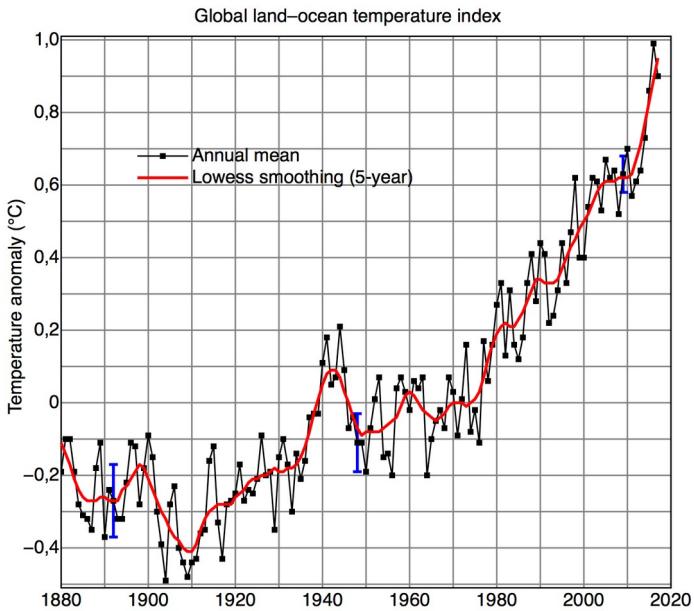
Global mean surface-temperature change from 1880 to 2017, relative to the 1951–1980 mean. The 1951–1980 mean is 14.19 °C (57.54 °F). The black line is the global annual mean, and the red line is the five-year local regression line. The blue uncertainty bars show a 95% confidence interval.



NASA [Goddard Institute for Space Studies](#)

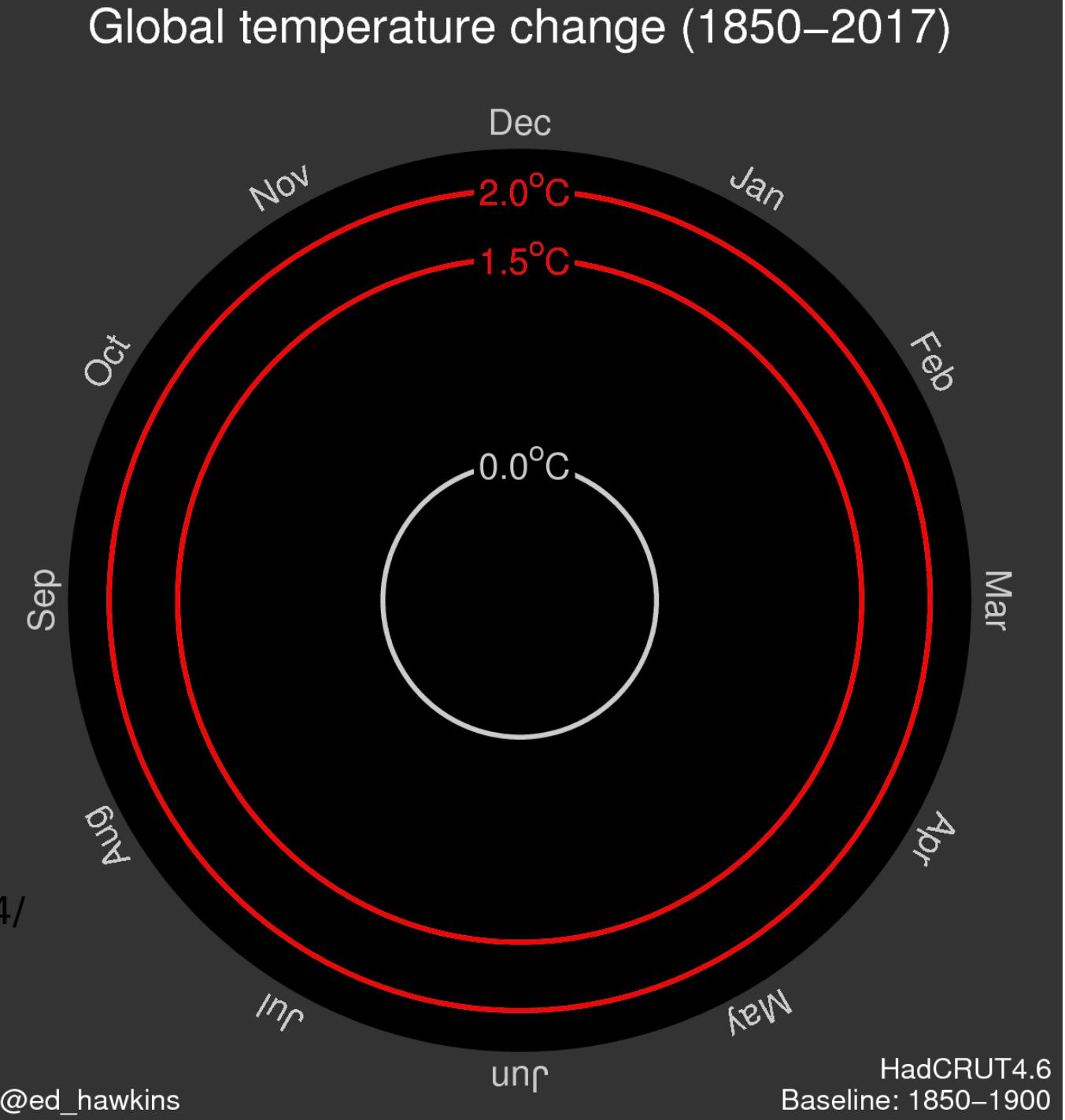
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>

# Globale Temperaturvariationen

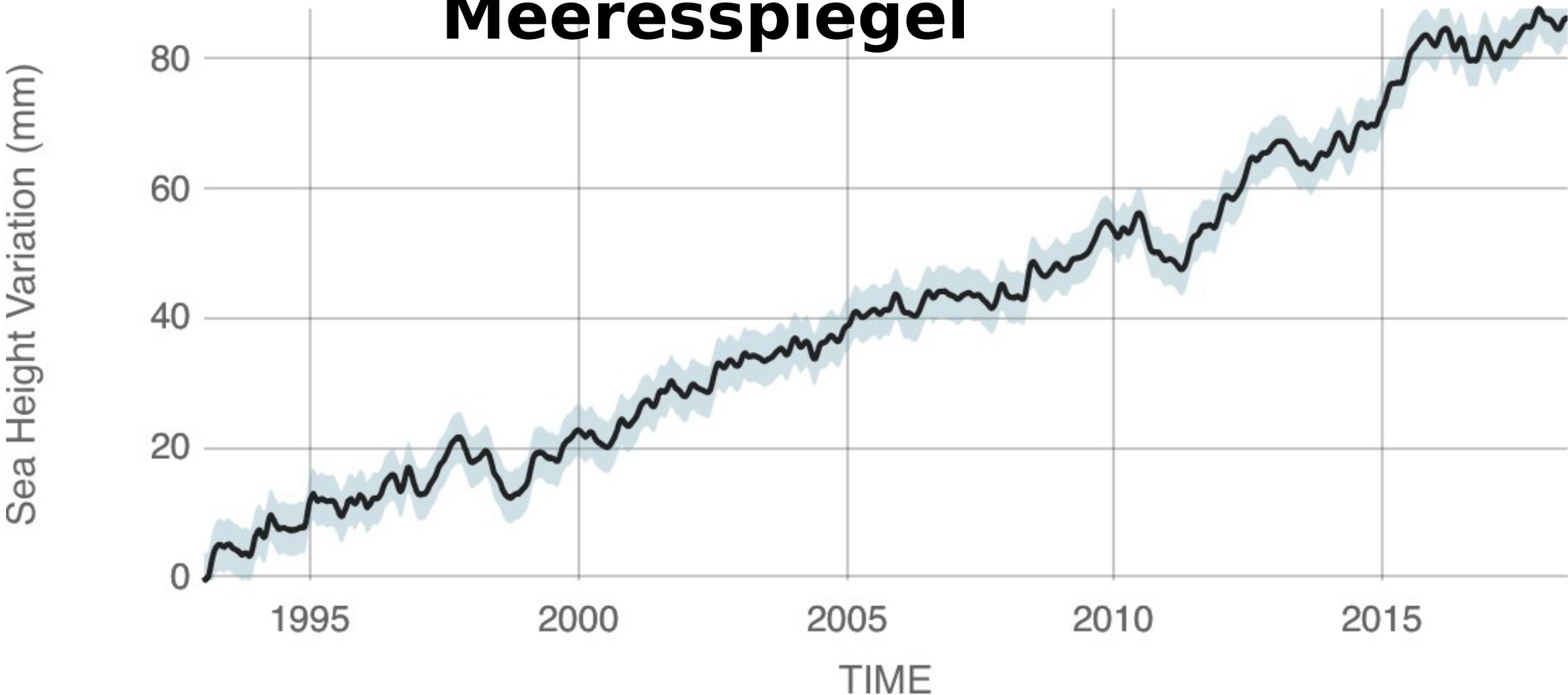


Klimadaten:  
<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/>

Animation: Ed Hawkins  
[http://www.climate-lab-book.ac.uk/  
2016/spiralling-global-temperatures/](http://www.climate-lab-book.ac.uk/2016/spiralling-global-temperatures/)



# Globaler Meeresspiegel

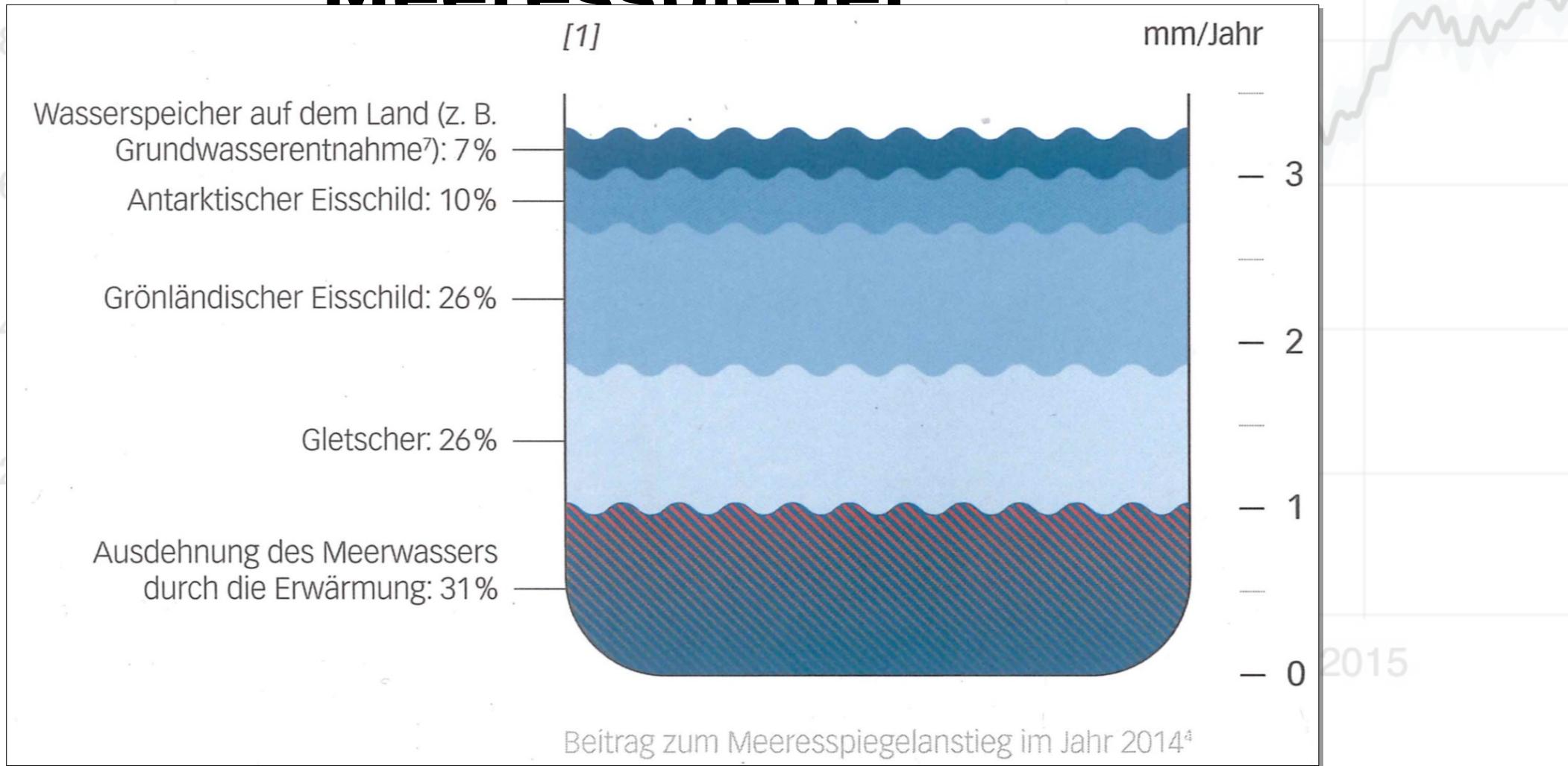


Source: climate.nasa.gov

<https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

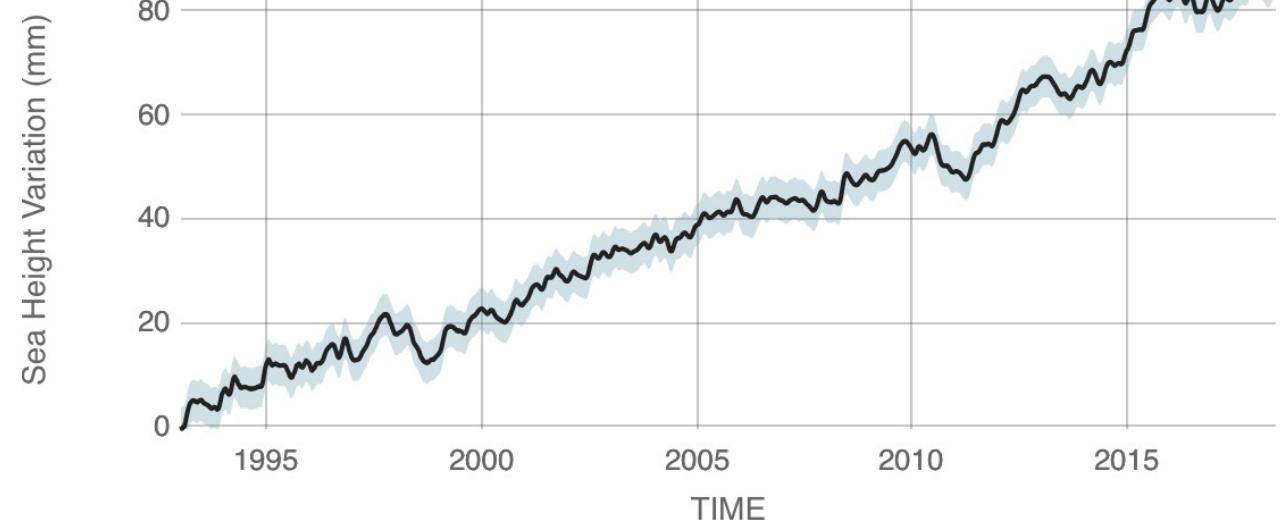
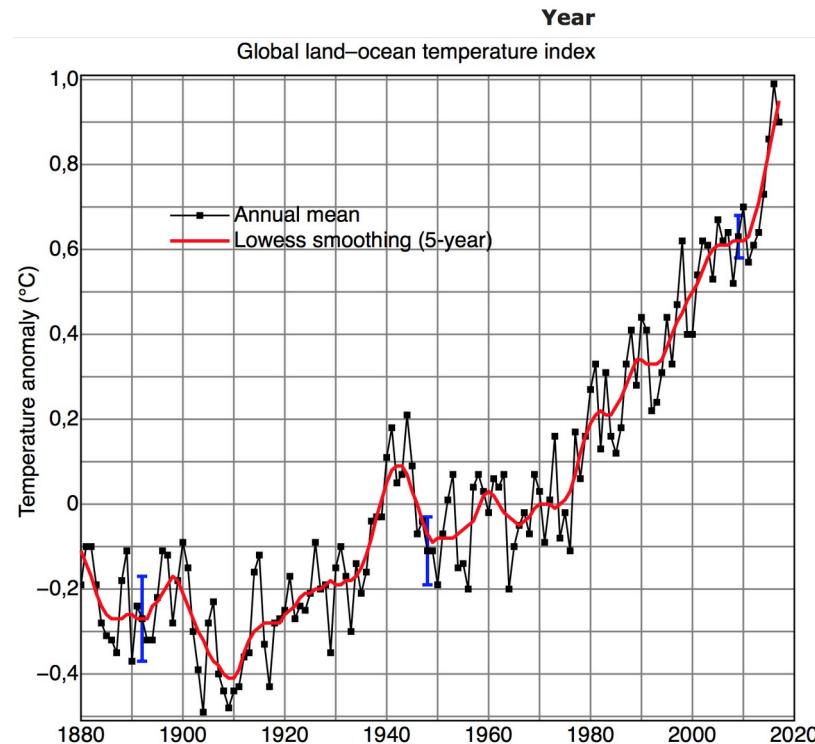
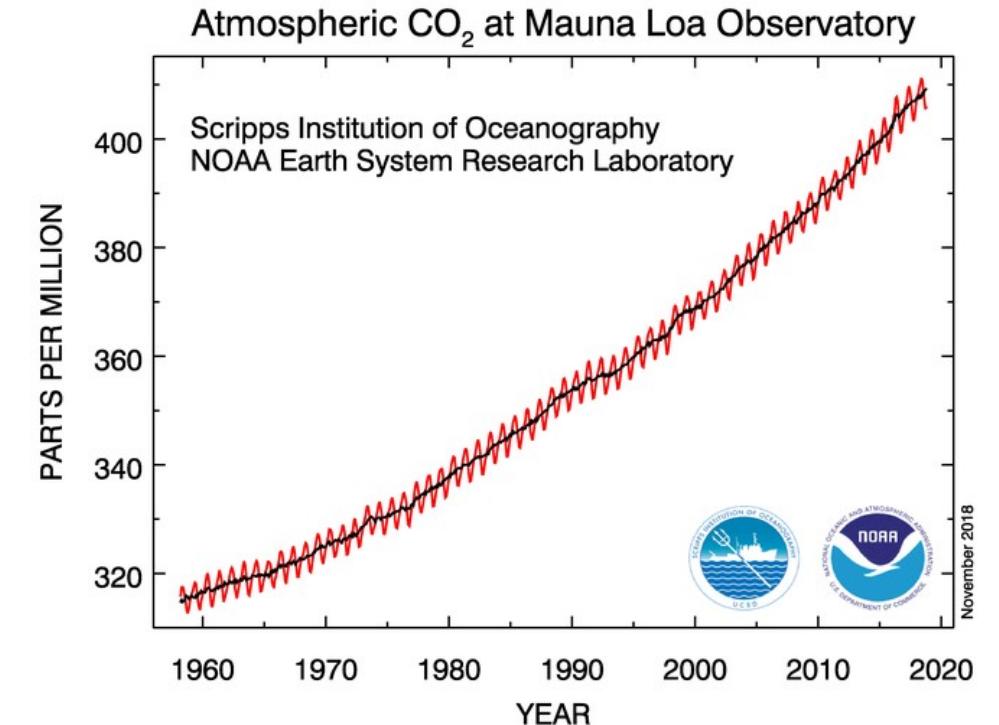
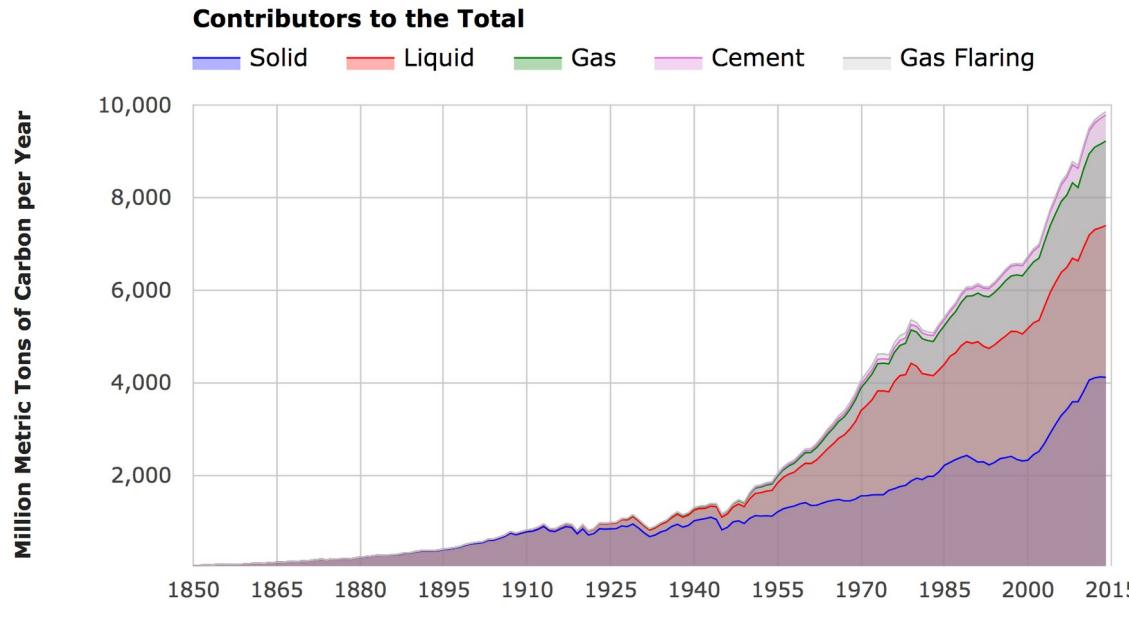
# Globaler Meeresspiegel

Sea Height Variation (mm)



Source: climate.nasa.gov

Nelles & Serrer (2018): Kleine Gase - Große Wirkung. Der Klimawandel



# Globaler Meeresspiegel 2000 und 2300



# Globaler Meeresspiegel 2000

und





# Globaler Klimawandel - aus geologischer

1. Treibhauseffekt **Sieht** & Treibhausgase

2. Auswirkungen von CO<sub>2</sub>

3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“



Institute for  
Geological Sciences



**JST**

Jena Struktureogeologie - Tektonik

### **3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“**

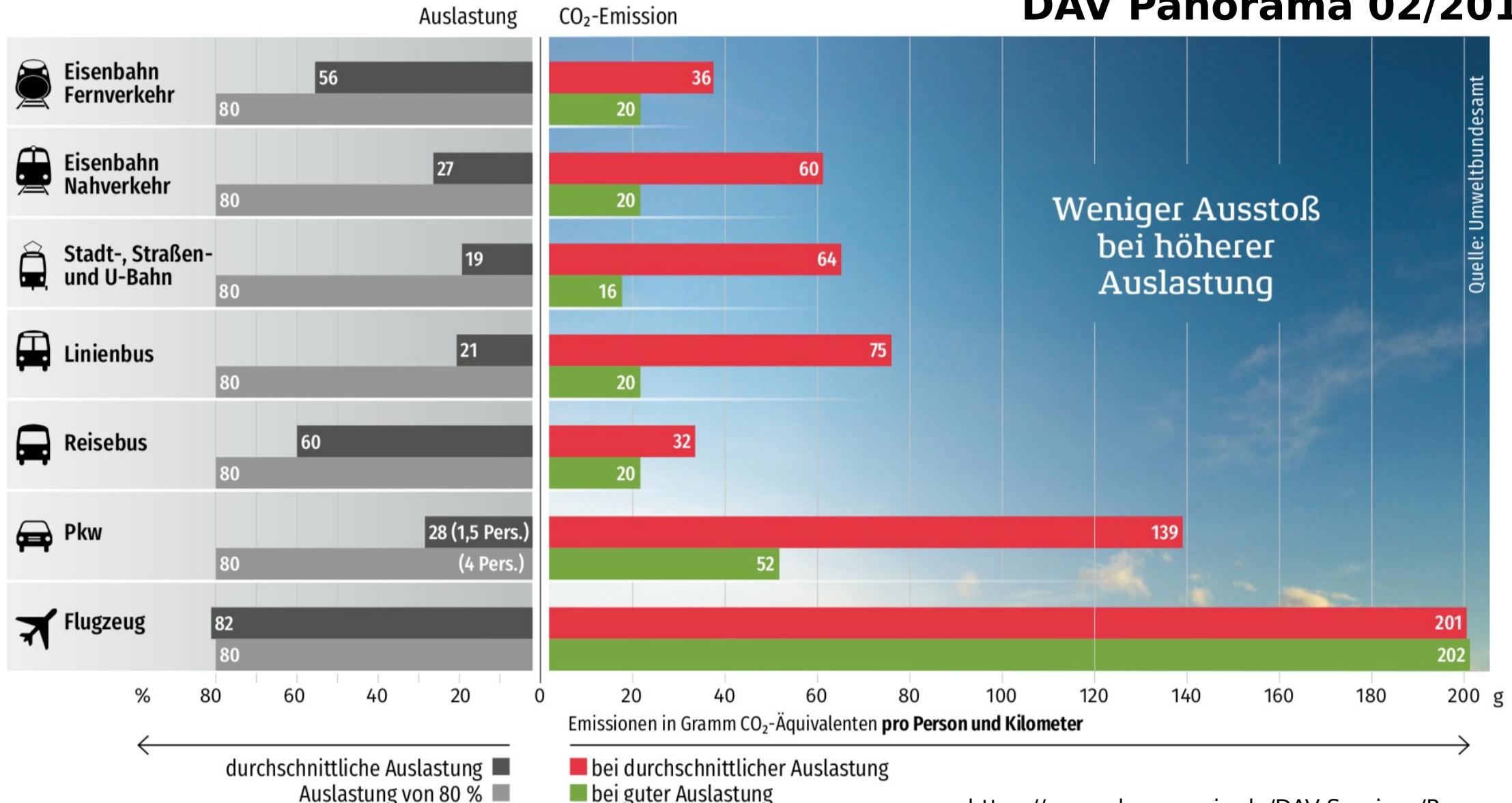
- Verdrängungsschwelle senken
- CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensieren („Ablasshandel“)
- CO<sub>2</sub> loswerden
- CO<sub>2</sub> vermeiden

# Verdrängungsschwelle senken

# Verdrängungsschwelle senken

Wie klimafreundlich sind Sie unterwegs?

DAV Panorama 02/2019



# $\text{CO}_2$ -Emissionen kompensieren („Ablasshandel“): Beispiel 1

nachdenken • klimabewusst reisen



[www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de)

Suche ...



[ÜBER UNS](#) [STANDARDS](#) [KLIMASCHUTZPROJEKTE](#) [GRÜN REISEN](#) [FLIEGEN & KLIMA](#) [FÜR UNTERNEHMEN](#) [KOMPENSIEREN/SPENDEN](#)



Beim Testsieger kompensieren

Hier können Sie Ihren Flug kompensieren und zertifizierte Klimaschutzprojekte mit Ihrer Spende unterstützen.

[Jetzt kompensieren](#)

$\text{CO}_2$  Kompensieren

-  Flug
-  Kreuzfahrt
-  Wunschmenge  $\text{CO}_2$
-  Spenden

# missionsberechnung für Flugreisen

1 Hin- und Rückflug für 1 Person

von	– nach	Sitzklasse	Flugart	Flugzeugtyp
Leipzig (LEJ)	– Wien Schwechat (VIE)	Economy	Linie	
Wien Schwechat (VIE)	– Tirana - Rinas (TIA)	Economy	Linie	

[Bearbeiten](#)

[www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de)

nachdenken • klimabewusst reisen



<https://www.atmosfair.de/de/kompensieren/flug>

## Ihr Flug - Klimawirkung der CO<sub>2</sub>-effizientesten Airlines im Vergleich\*

Ein CO<sub>2</sub>-Vergleich von Airlines ist bei Umsteigeflügen nicht möglich. Falls Sie einen Airline-Vergleich möchten, geben Sie die Flüge bitte [einzelne](#) ein.

## Ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>①</sup>

Klimawirkung **682 kg CO<sub>2</sub>**

Kompensationsbetrag **21 €**

[Detaillierte Emissionsdaten einblenden](#) ▾

## Ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich

Ihr Flug (pro Person)

**682 kg** = **186 kg C \* ± 2.4 x**

Pro-Kopf-Jahresemission (in der EU)  
**Kamil**

**1.600 kg**

Ein Jahr Autofahren (Mittelklassewagen, 12.000 km)

**2.000 kg**

Klimaverträgliches Jahresbudget eines Menschen<sup>①</sup>

**2.300 kg**

$$\begin{aligned} \text{*) Molekülmasse CO}_2: 12 + 16 + 16 \\ = 44 \end{aligned}$$

$$\text{davon C: } (1000 \text{ g} / 44) * 12 = 273 \text{ g}$$

**1000 g CO<sub>2</sub> ... 273 g C**

Mein Kompensationsbeitrag  
Ich kompensierte meine Emissionen von insgesamt **682 kg CO<sub>2</sub>** zu 100 %, indem ich mit **folgendem Betrag** Klimaschutzprojekte<sup>①</sup> unterstützte.

**21** €

**Weiter**

## Flexible Bezahlarten



Bankeinzug | Kreditkarte | Rechnung | Überweisung | PayPal



# $\text{CO}_2$ -Emissionen kompensieren („Ablasshandel“): Beispiel 1

Projekte nach Technologien



ENERGIEEFFIZIENZ



WINDKRAFT



WASSERKRAFT



BIOGAS & BIOMASSE



SOLARENERGIE



UMWELTBILDUNG

nachdenken • klimabewusst reisen

atmosfair



# $\text{CO}_2$ -Emissionen kompensieren („Ablasshandel“): Beispiel 2

## Internet-Suchmaschine auf Ecosia umstellen



Certified



### SITEMAP

- [News](#)
- [How Ecosia works](#)
- [About us](#)
- [Mobile app](#)
- [Privacy](#)
- [Settings](#)

### RESOURCES

- [FAQ](#)
- [Financial reports](#)
- [Blog](#)
- [Shop](#)
- [Press](#)
- [Jobs](#)

### IMPRINT

Ecosia GmbH  
Schinkelstraße 9  
12047 Berlin, Germany  
  
Chairman Christian Kroll  
VAT ID: DE273999090  
Commercial Register:  
HRB 170873, Amtsgericht  
Charlottenburg

### APPS



# $\text{CO}_2$ -Emissionen kompensieren („Ablasshandel“): Beispiel 2

## Internet-Suchmaschine auf Ecosia umstellen



### How it works



You search the web with  
Ecosia.



Search ads generate income  
for Ecosia.



Ecosia uses this income to  
plant trees.

[www.ecosia.org](http://www.ecosia.org)

# $\text{CO}_2$ -Emissionen kompensieren („Ablasshandel“): Beispiel 2

## Internet-Suchmaschine auf Ecosia umstellen



We're planting all around the world

Trees mean a happy environment, healthy people, and a strong economy.

[www.ecosia.org](http://www.ecosia.org)

### **3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“**

- Verdrängungsschwelle senken
- CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensieren („Ablasshandel“)
- CO<sub>2</sub> loswerden
- CO<sub>2</sub> vermeiden

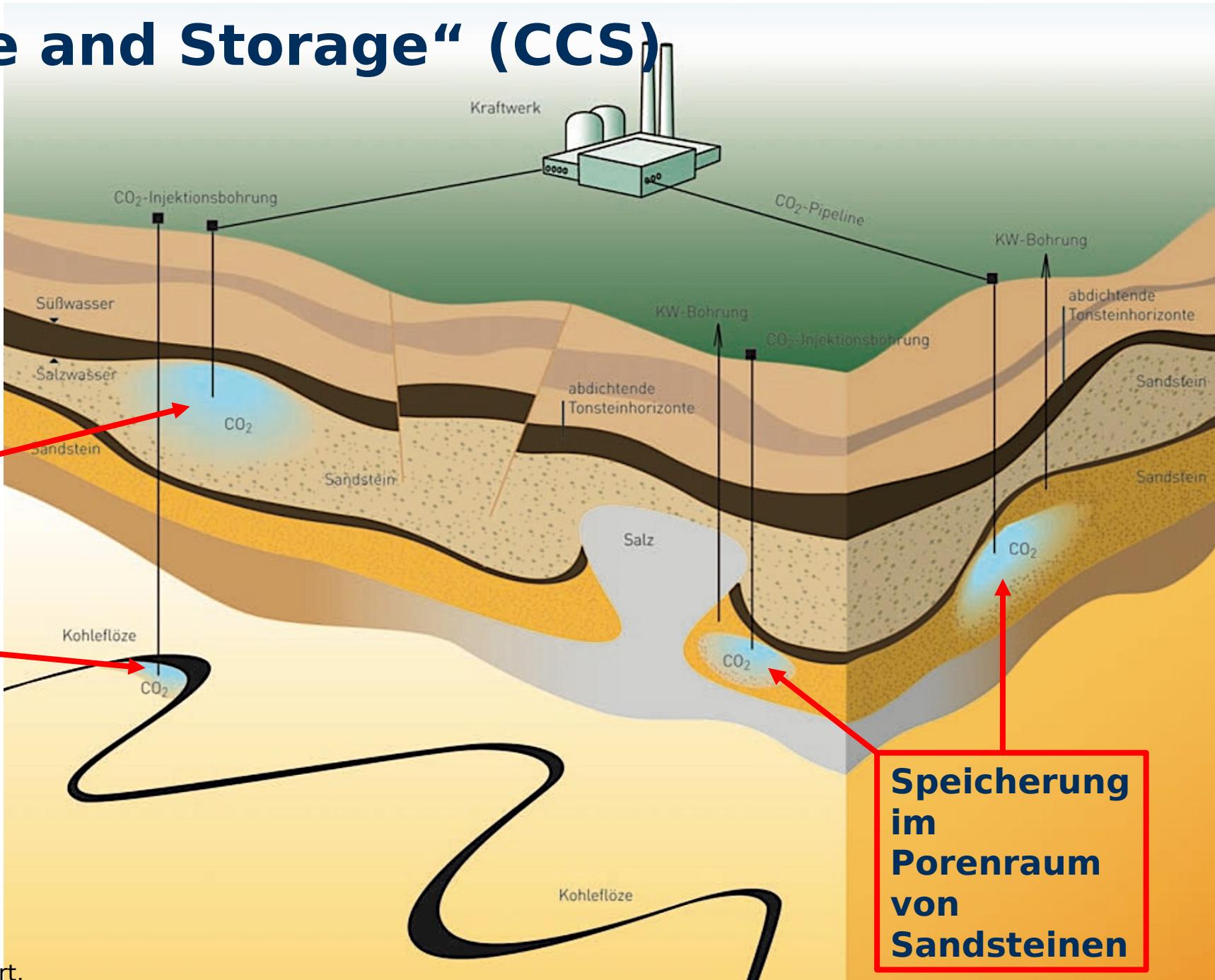
# „Carbon Capture and Storage“ (CCS)

## Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>- Speicherung im Untergrund

**Speicherung in  
gelöster Form in  
Solen**

**Speicherung durch  
Adsorption an  
Kohle**

**Speicherung  
im  
Porenraum  
von  
Sandsteinen**



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS)

## Darstellung großer CO<sub>2</sub>-Quellen und potenzieller CO<sub>2</sub>-Senken in Deutschland

### Bedeutende CO<sub>2</sub>-Quellen

● Kraftwerke, Hütten- und Zementwerke, Raffinerien u. a.

• 0,2 → ● 20 Mt/a

### Regionen mit Speichermöglichkeiten

zunehmende Mächtigkeit der Sedimentgesteine

1km  
3km  
5km  
7km  
9km  
10km

tiefliegende und Salzwasser führende Speichergesteine (Aquifere)

//// Steinkohle - Flöze

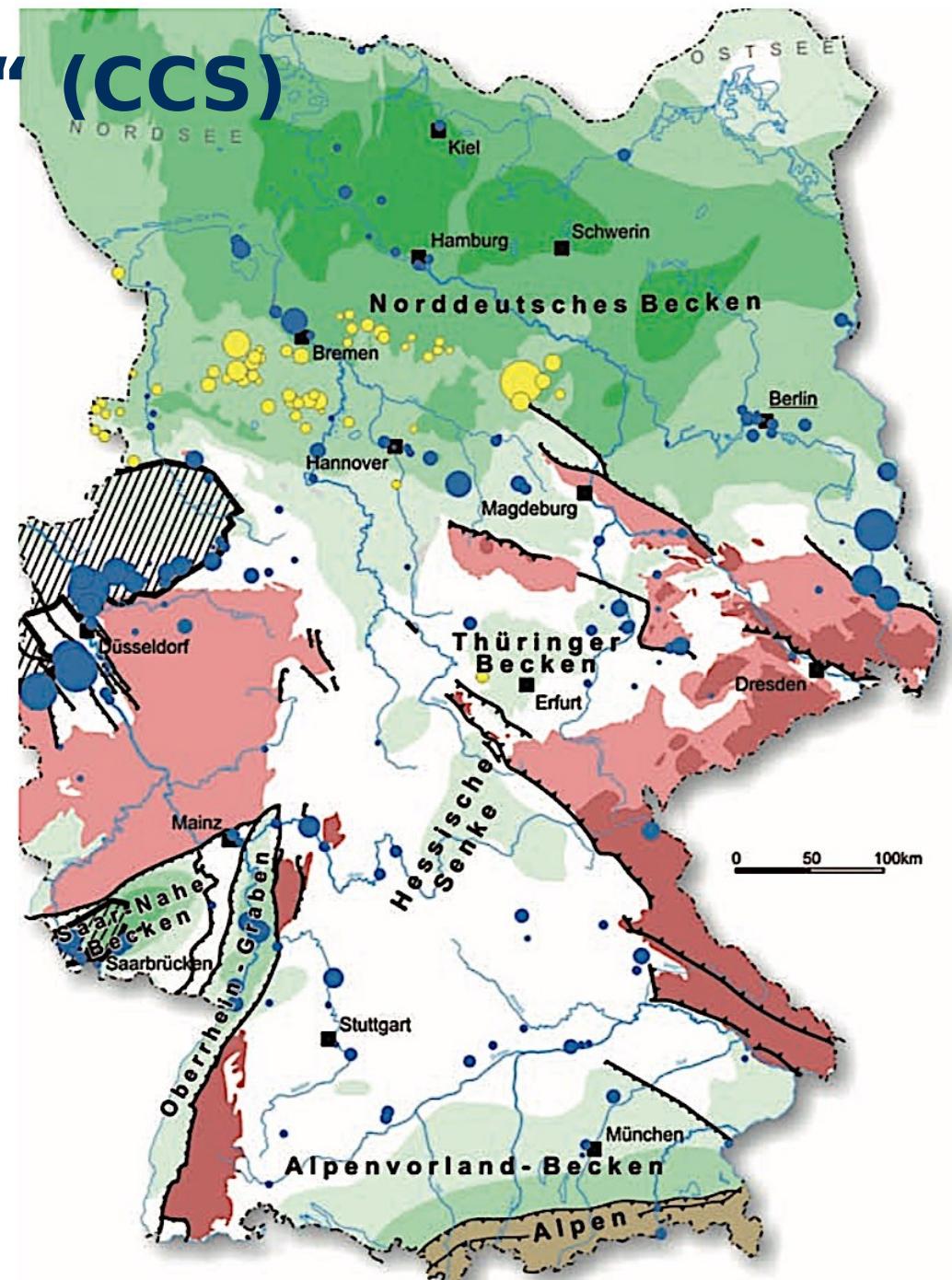
● Erdgas - Felder

### Regionen ohne bedeutende Speicher - möglichkeiten

■ metamorphe Gesteine

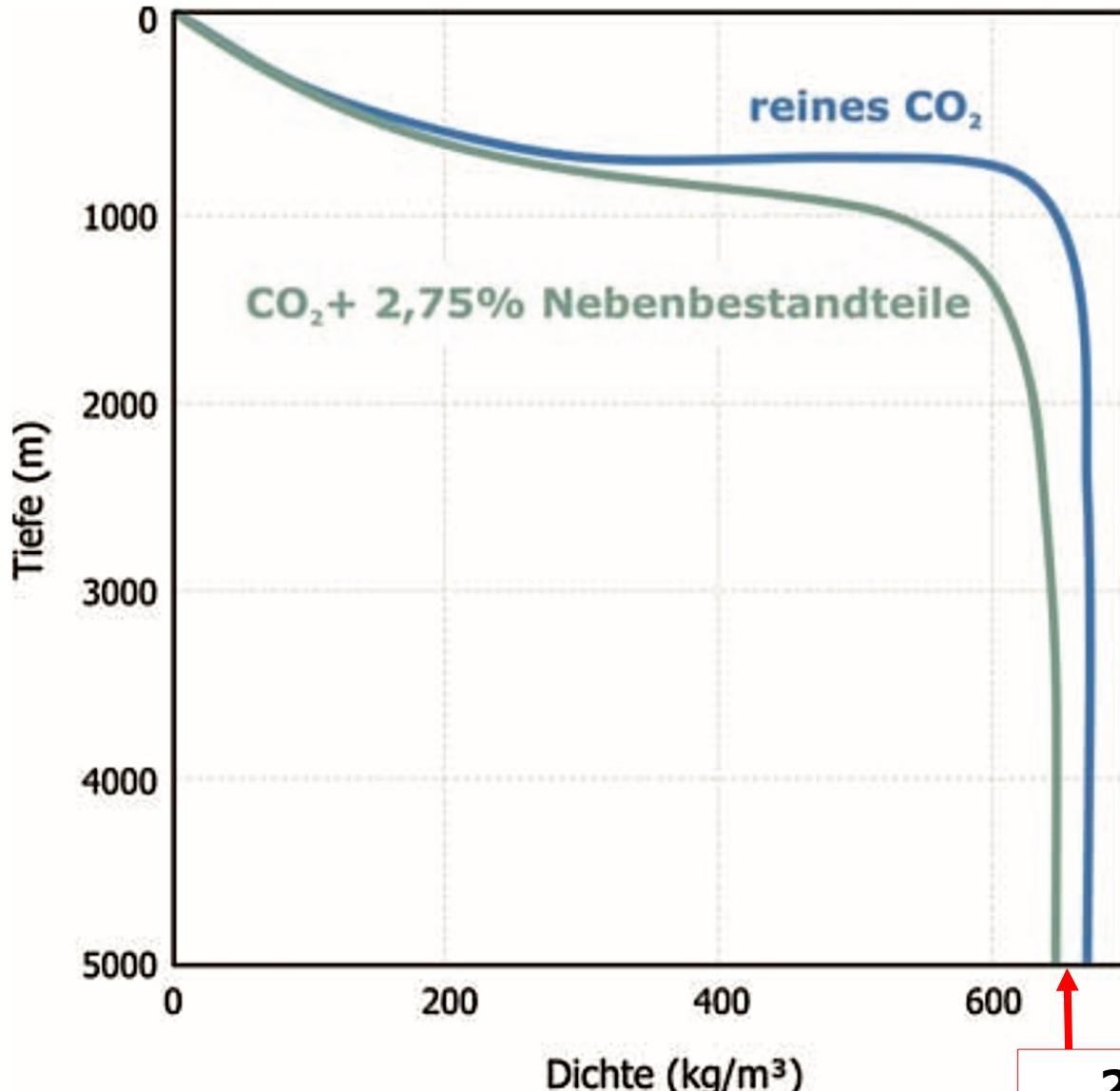
■ magmatische und hochmetamorphe Gesteine

□ Speichergesteine nicht oder in zu geringen Tiefen vorhanden



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS)

**Verhalten von  
CO<sub>2</sub>- bei  
Einbringung in  
einen  
Porenspeicher in  
Abhängigkeit der  
Tiefe**

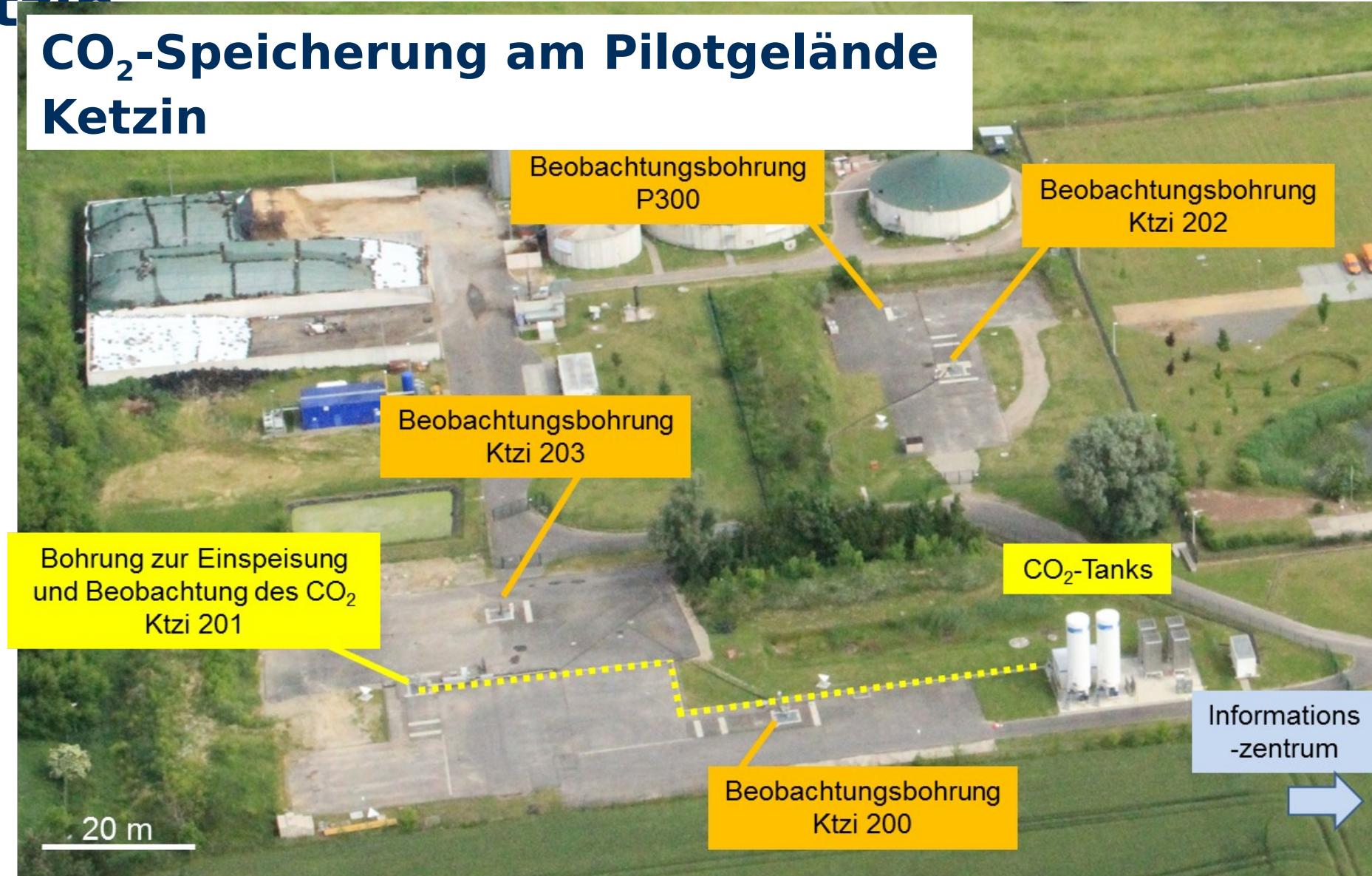


# „Carbon Capture and Storage“ (CCS): Pilotprojekt

[www.co2ketzin.de](http://www.co2ketzin.de)

Ket=zin

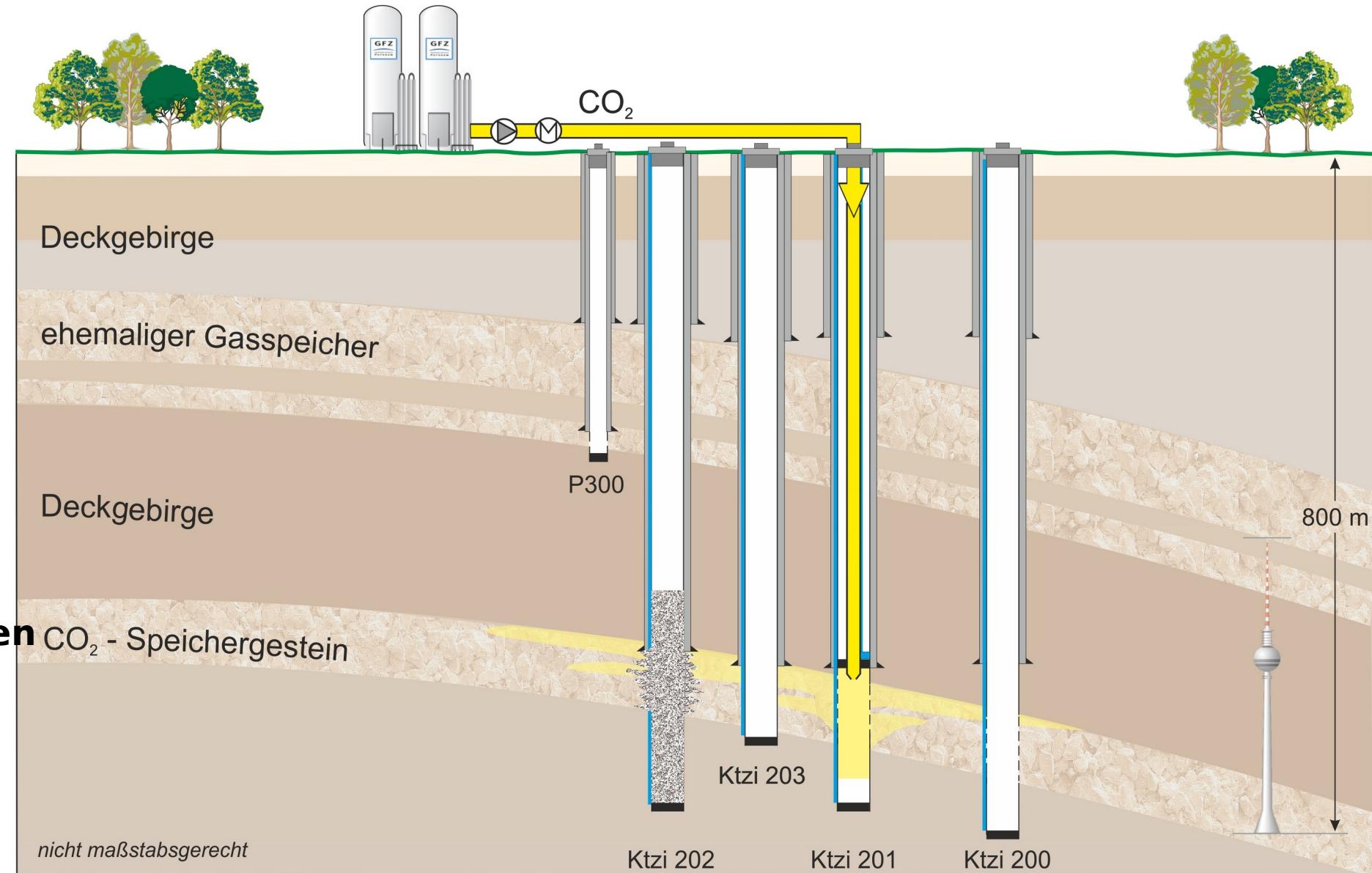
## CO<sub>2</sub>-Speicherung am Pilotgelände Ketzin



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS): Pilotprojekt

[www.co2ketzin.de](http://www.co2ketzin.de)

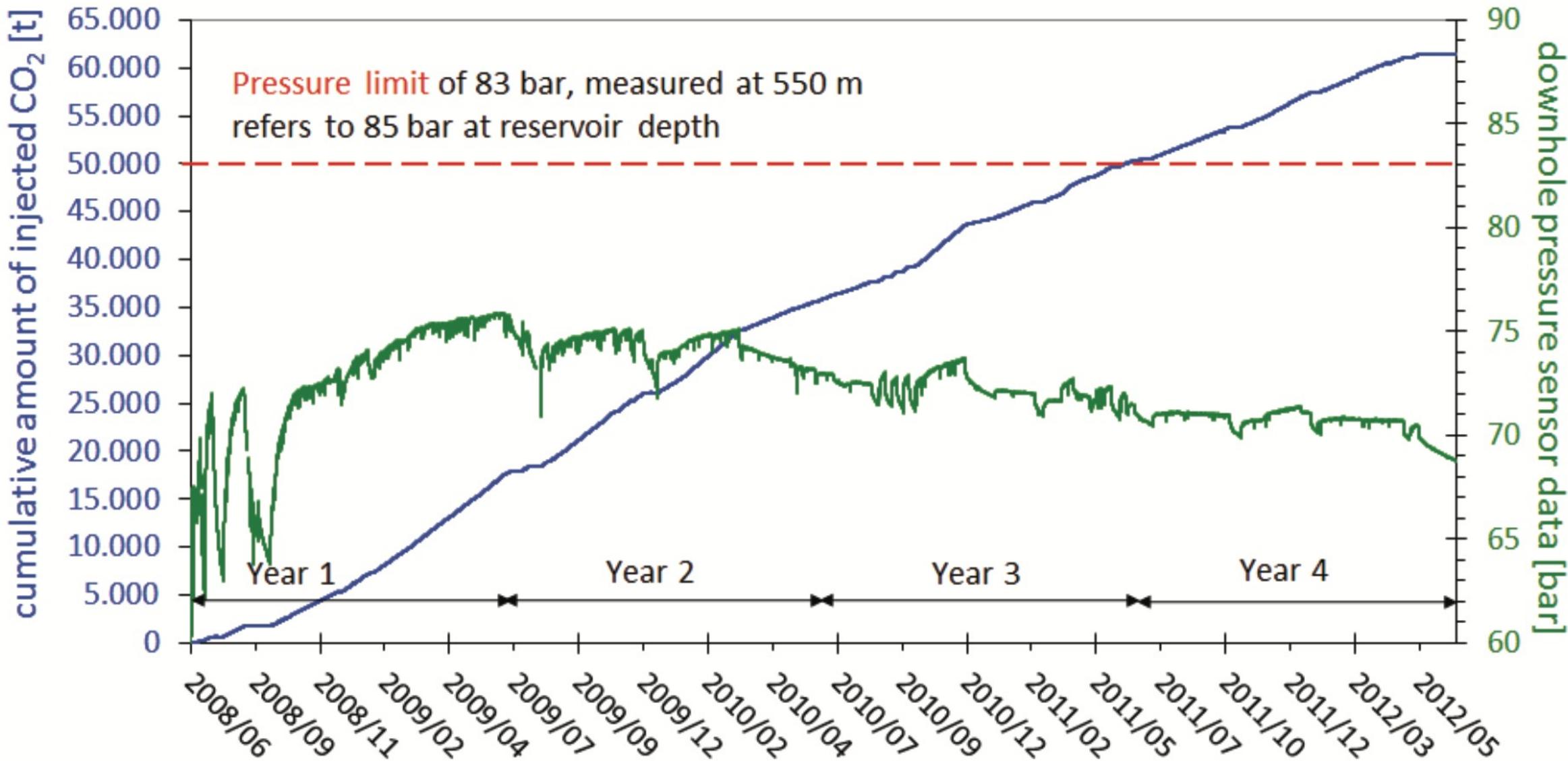
## Ketzin



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS): Pilotprojekt

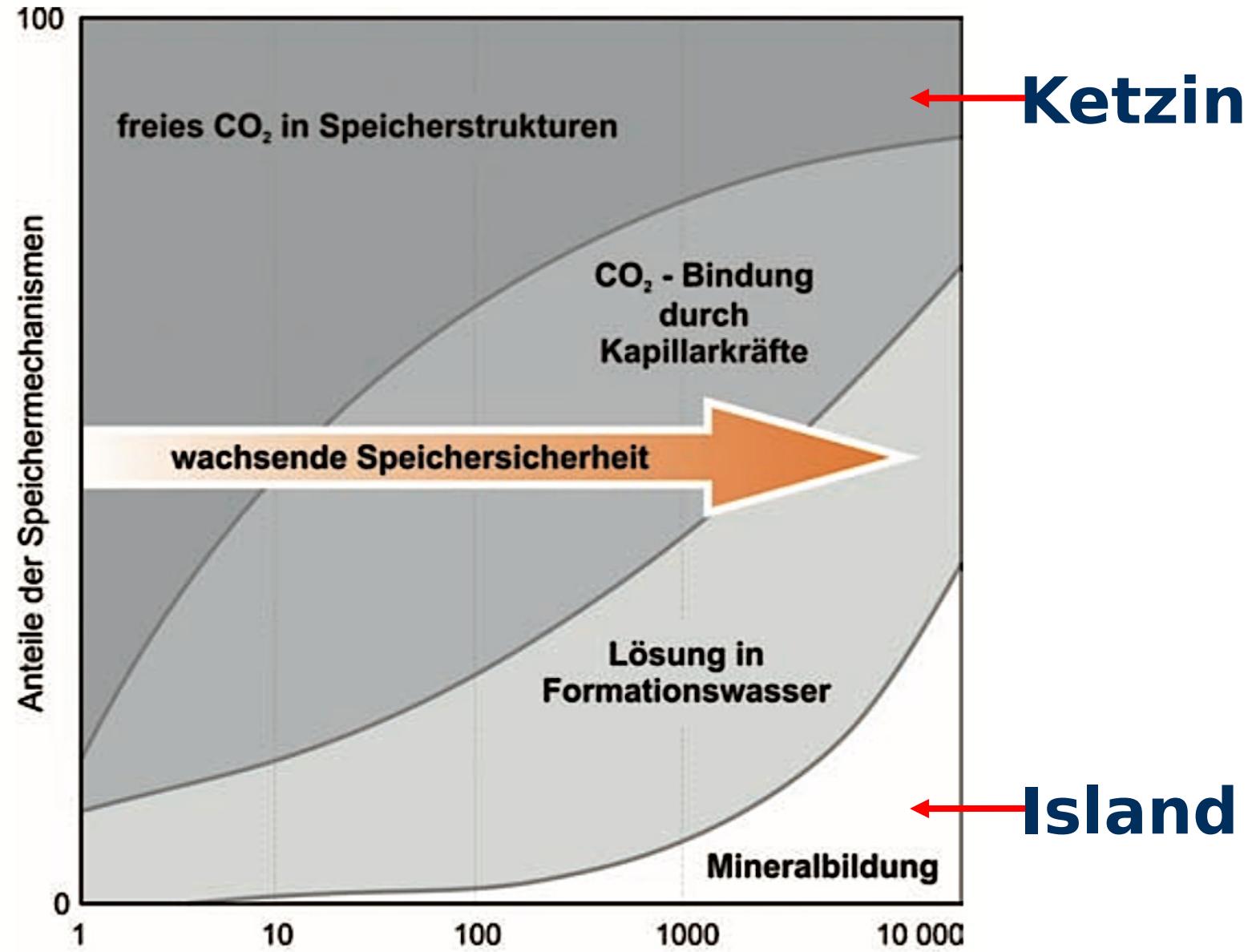
[www.co2ketzin.de](http://www.co2ketzin.de)

## Ketzingo<sub>2</sub>-Injektion von 06/2008 - 08/2013, insgesamt 67.271 t



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS)

**Effektive Wirkung  
bzw. Änderung der  
Anteile der  
verschiedenen  
Speichermechanis-  
men mit  
fortschreitender  
Zeit** (nach IPCC  
2005)



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS) via Mineral Sequestration

An aerial photograph of a geothermal energy facility in a rugged, green landscape. Several large, white plumes of steam rise from the ground, indicating active geothermal wells. In the foreground, a complex network of blue and grey pipes and structures of a power plant is visible. The background features rolling hills and mountains under a cloudy sky.

HOME NEWS CARBFIX EU SUPPORT PUBLICATIONS CONTACT US



<https://www.carbfix.com/>

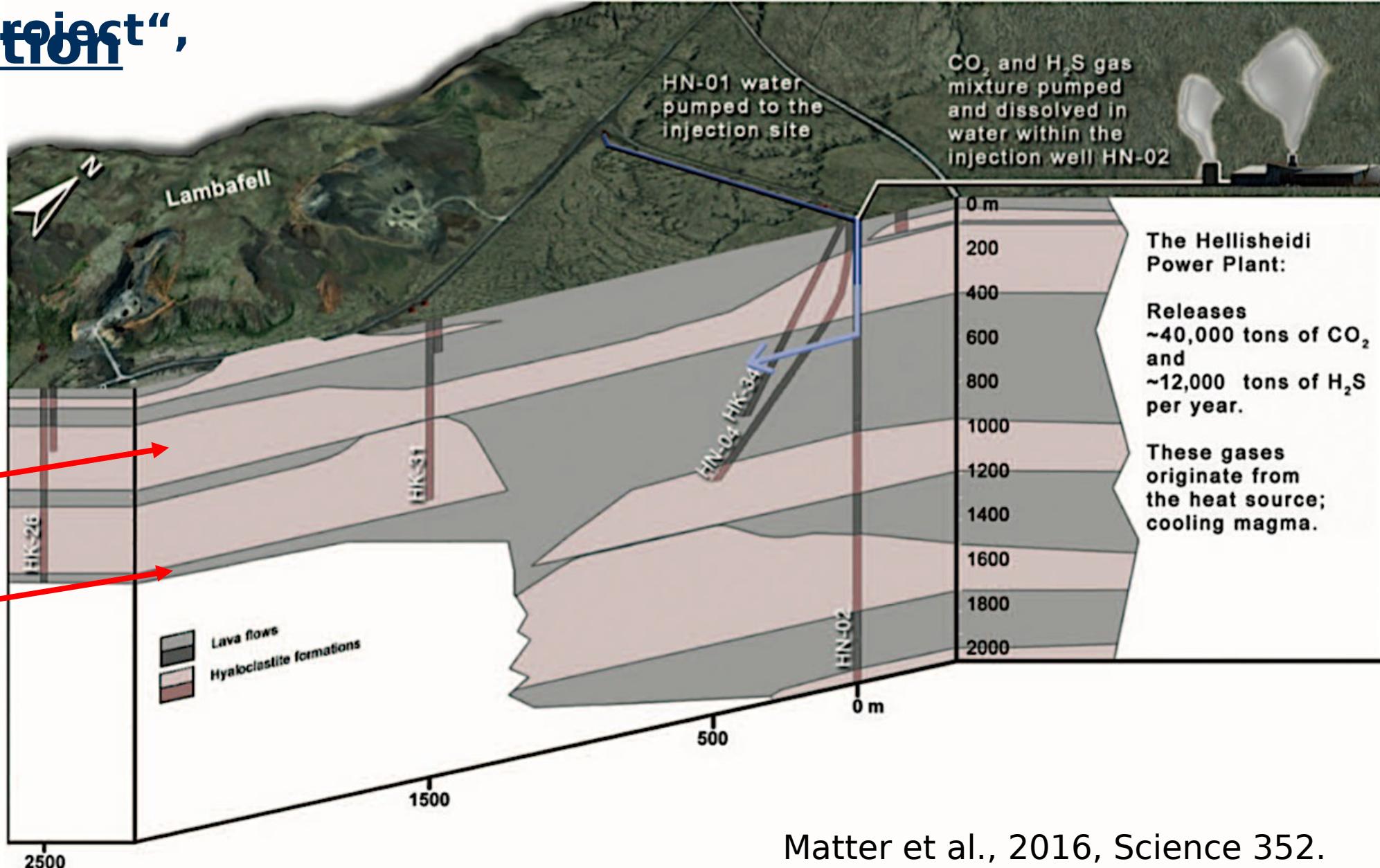
# „Carbon Capture and Storage“ (CCS) via Mineral Sequestration, Iceland

Geological cross-section of the CarbFix injection site.

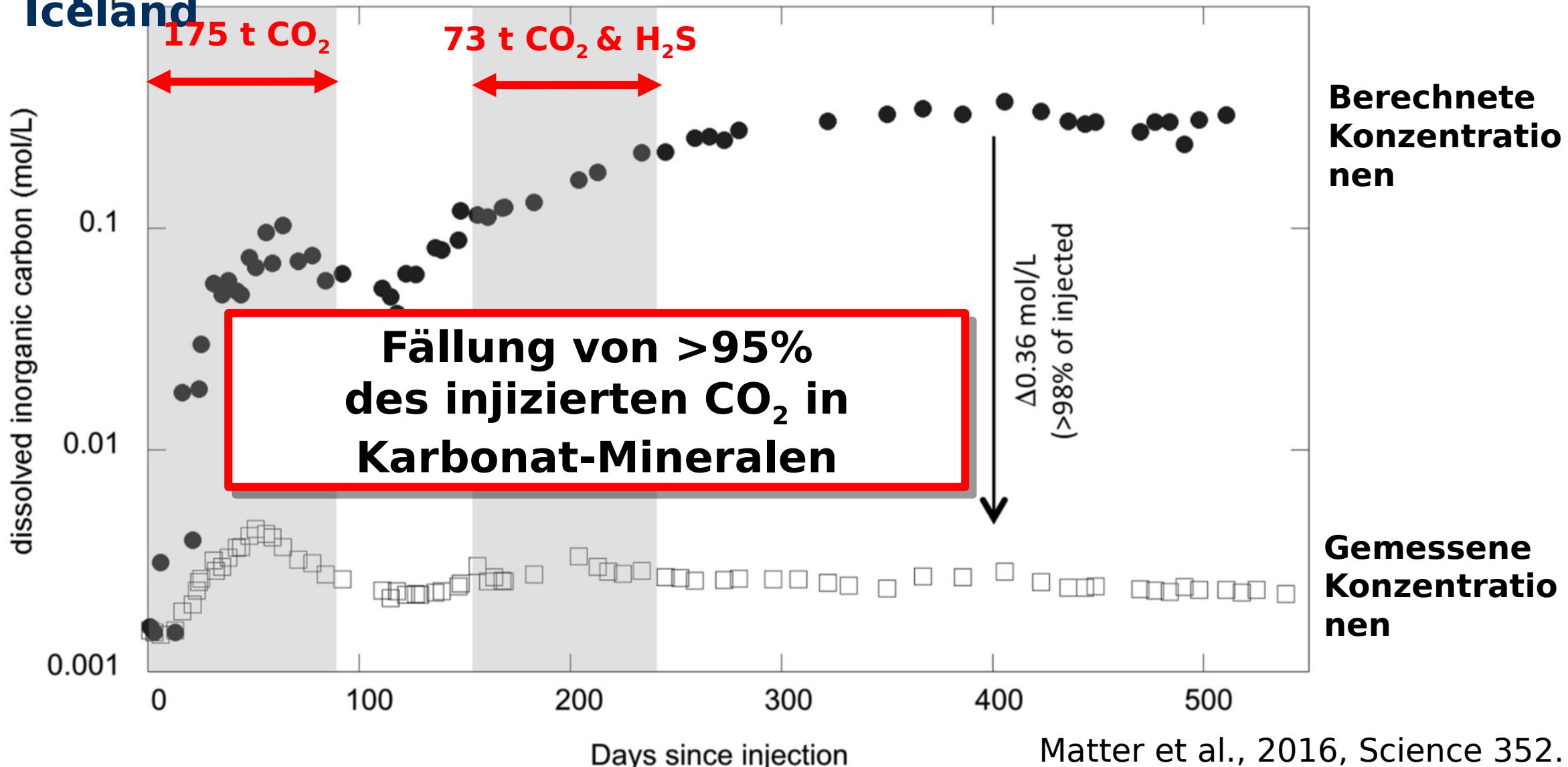
CO<sub>2</sub> & H<sub>2</sub>S injected dissolved in water in injection well HN02 at 400 - 540 m depth.

**impermeable**

**permeable**



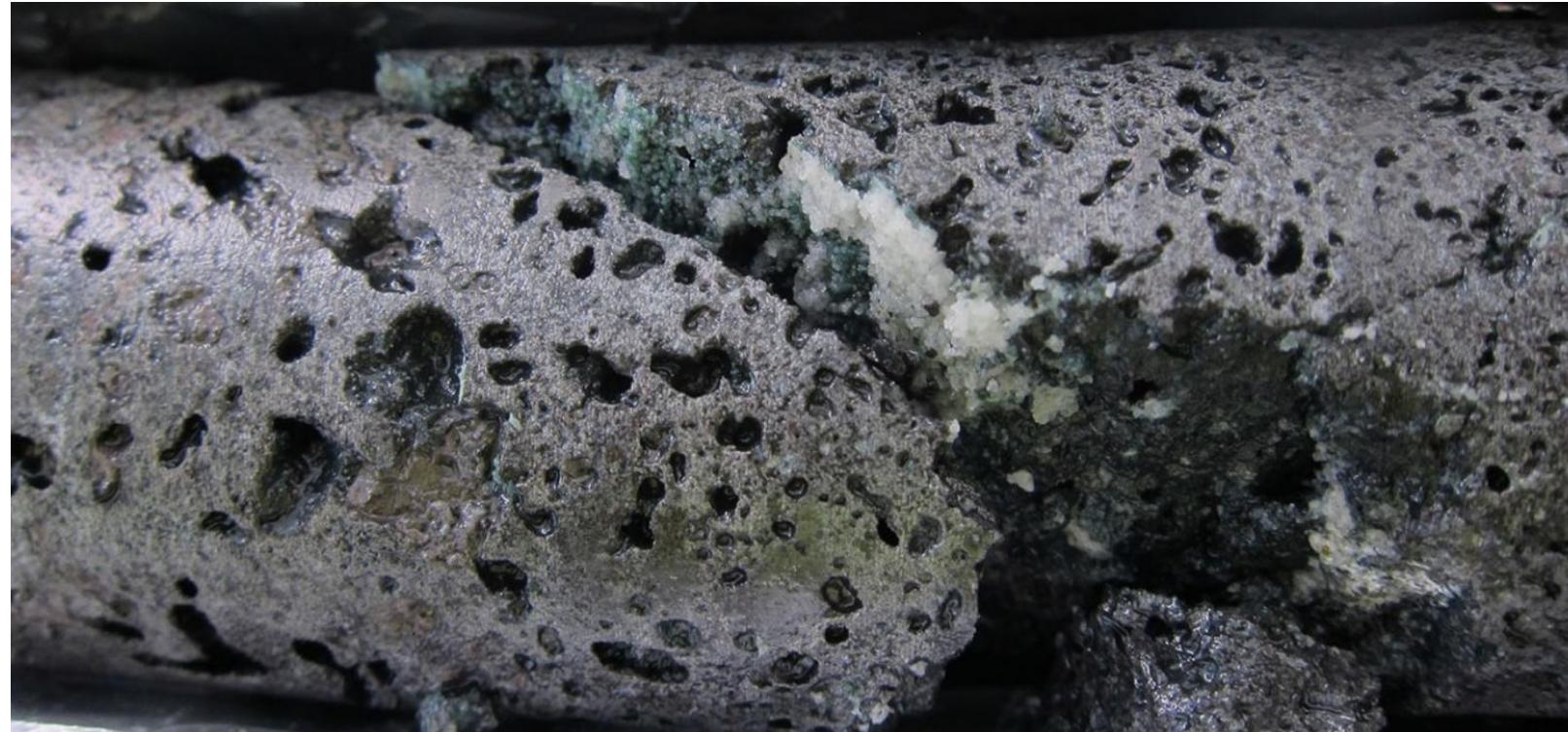
# „Carbon Capture and Storage“ (CCS) via Mineral Sequestration, Iceland



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS) via Mineral Sequestration, Iceland

**Basalt:**  
 **$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  wird**  
**aus Silikaten**  
**gelöst...**

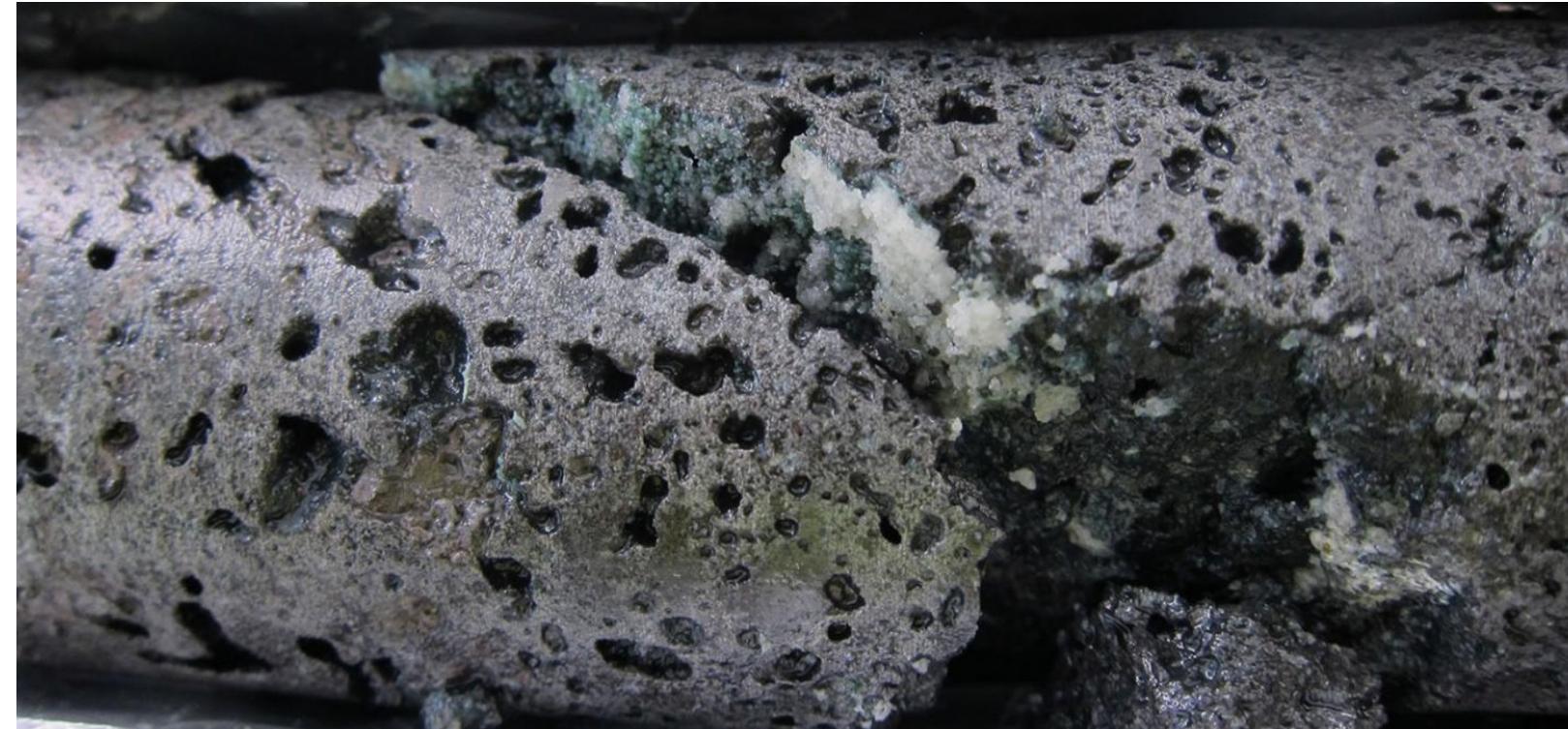
**... und reagiert mit**  
 **$\text{CO}_2$  zu**  
**Karbonatmineralen,**  
**z.B.  $\text{CaCO}_3$**



# „Carbon Capture and Storage“ (CCS) via Mineral Sequestration, Iceland

“(...) over 95% of the CO<sub>2</sub> injected into the CarbFix site in Iceland was mineralized to carbonate minerals in less than 2 years.”

“This contrasts with the common view that the immobilization of CO<sub>2</sub> as carbonate minerals within geologic reservoirs takes several hundreds to thousands



**“(...) the safe long-term storage of anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions through mineralization can be far faster than previously postulated.”** Matter et al., 2016, Science 352.

### **3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“**

- Verdrängungsschwelle senken
- CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensieren („Ablasshandel“)
- CO<sub>2</sub> loswerden
- CO<sub>2</sub> vermeiden

# $\text{CO}_2$ vermeiden: weg von fossilen Energieträgern!

Verbrauch 2016-2017 §

China:  $63.1 * 10^8 \text{ MWh yr}^{-1}$

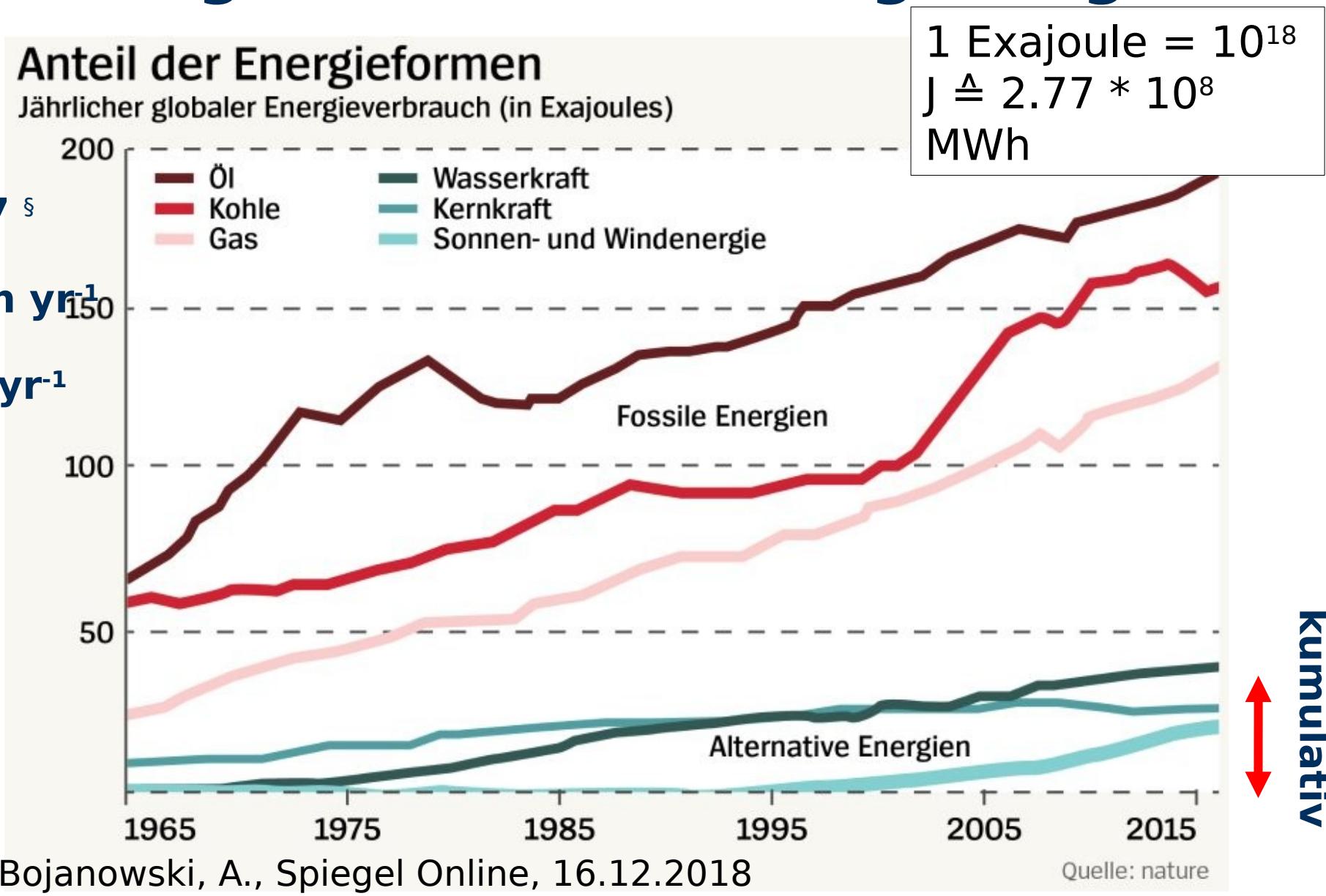
USA:  $39.1 * 10^8 \text{ MWh yr}^{-1}$

DE:  $5.3 * 10^8 \text{ MWh yr}^{-1}$

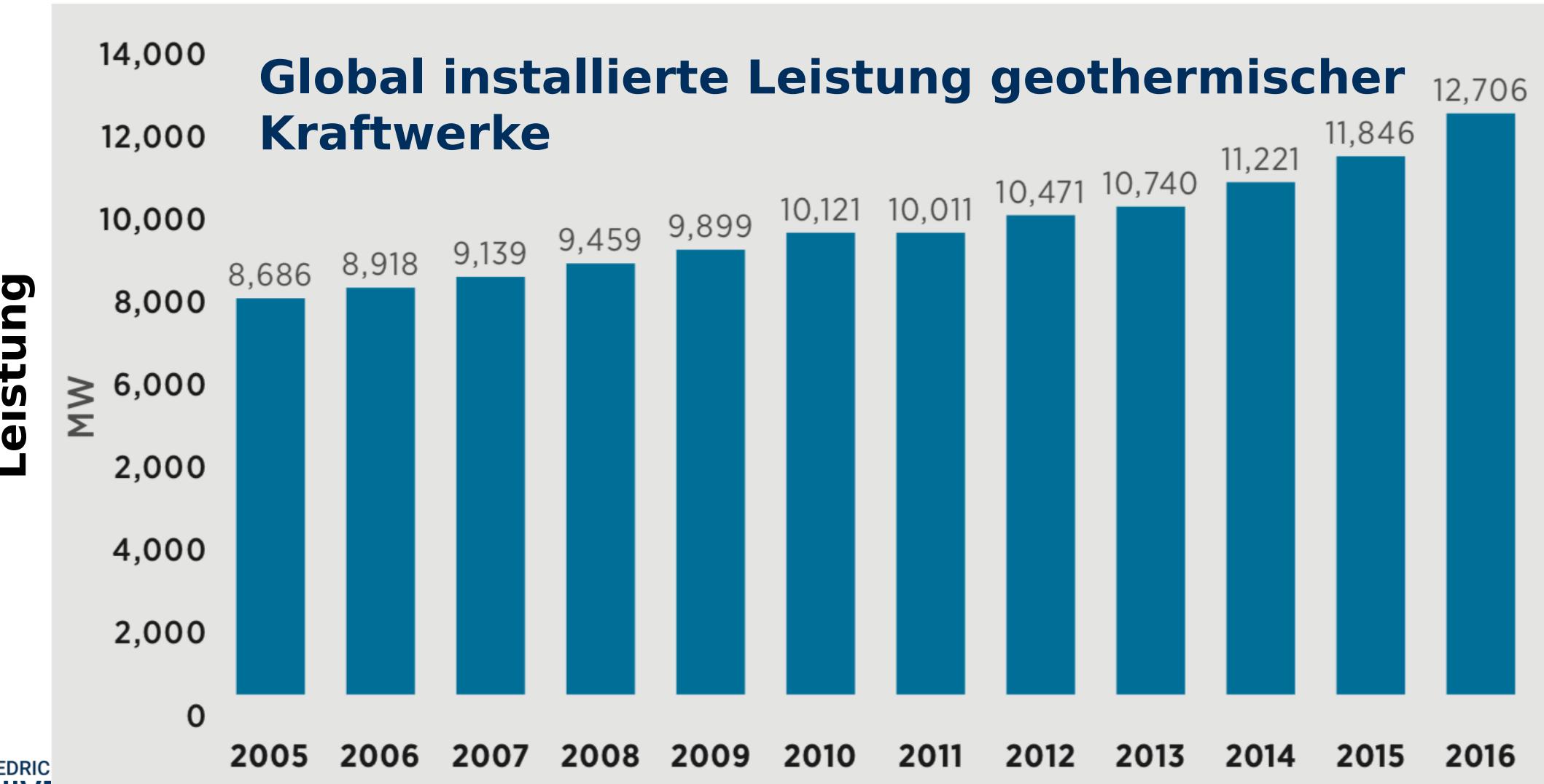
§)

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_electricity\\_consumption#cite\\_note-CIA-1](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_electricity_consumption#cite_note-CIA-1)

FRIEDRICH-SCHILLER-  
UNIVERSITÄT  
JENA



# O<sub>2</sub> vermeiden: weg von fossilen Energieträgern... ... z.B. mit Geothermie



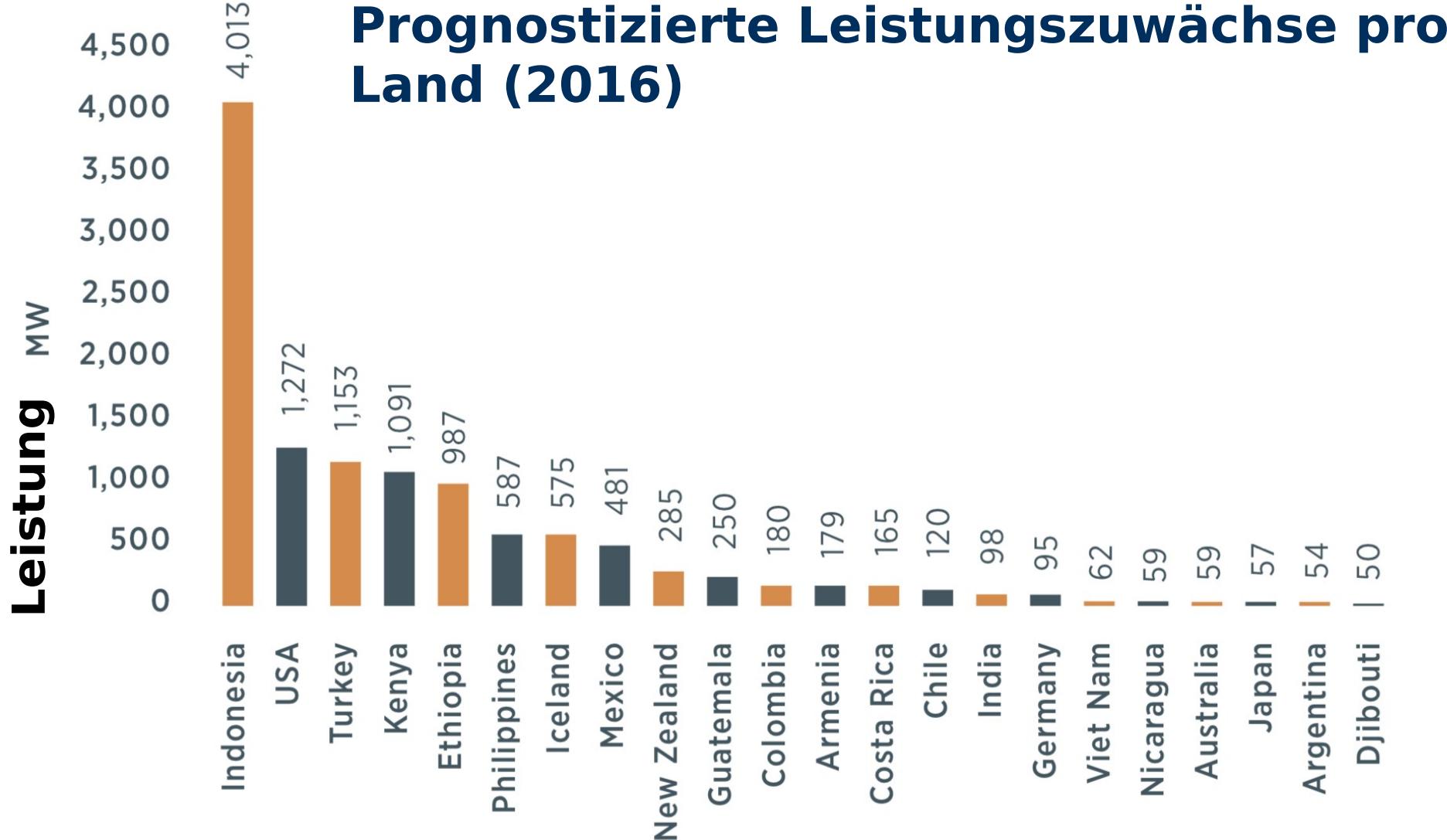
# O<sub>2</sub> vermeiden: weg von fossilen Energieträgern... ... z.B. mit Geothermie

## Installierte Leistung geothermischer Kraftwerke nach Ländern (2016)

Country	Capacity (MW)
USA	2 511
Philippines	1 916
Indonesia	1 534
Kenya	1 116
New Zealand	986
Mexico	951
Italy	824
Turkey	821

Iceland	665
Japan	533
Costa Rica	207
El Salvador	204
Nicaragua	155
Russian Federation	78
Papua New Guinea	53

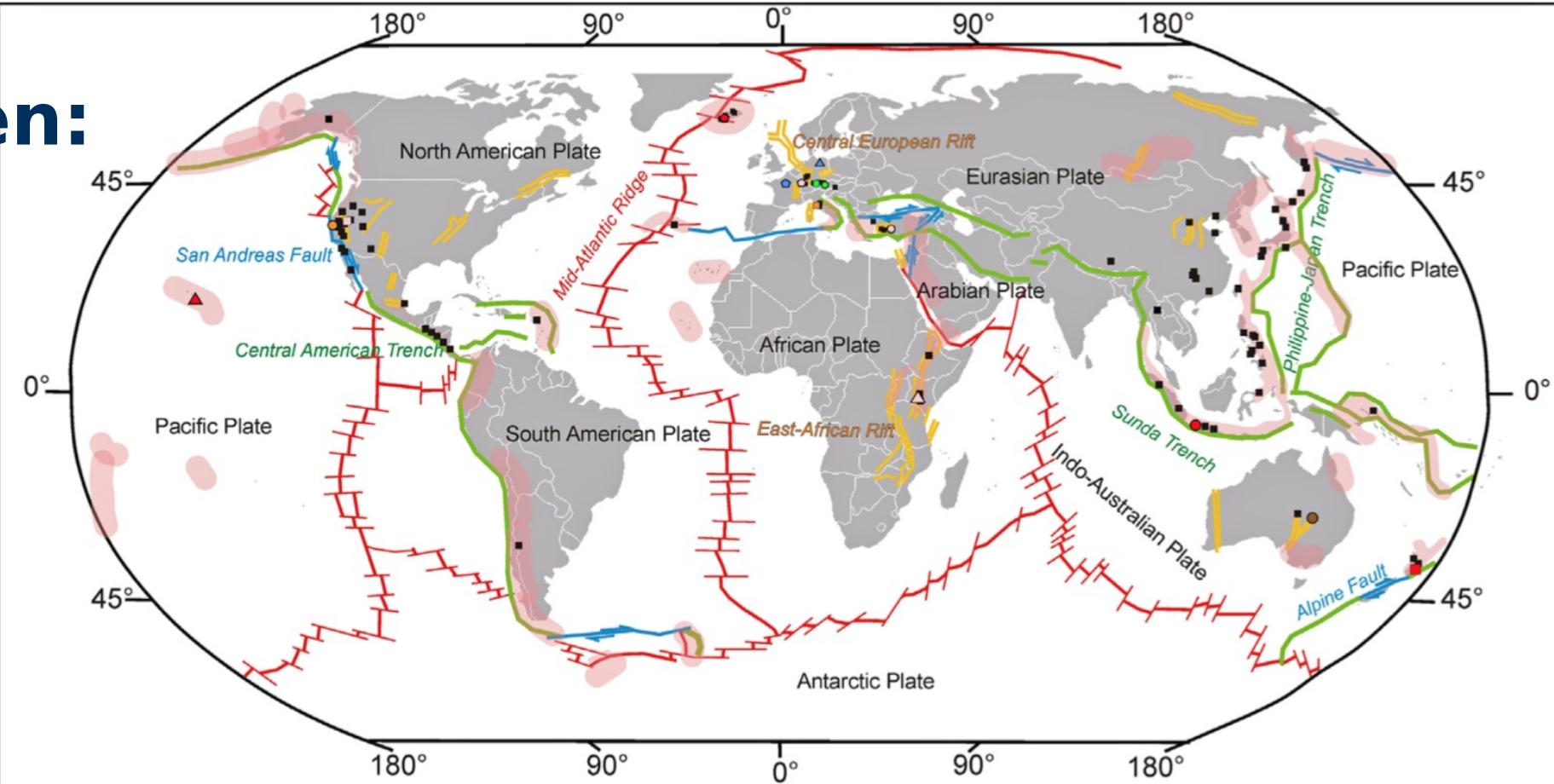
# O<sub>2</sub> vermeiden: weg von fossilen Energieträgern... ... z.B. mit Geothermie



IRENA Geothermal  
Power Technology  
Brief Sept. 2017,  
<https://www.irena.org>

# CO<sub>2</sub> vermeiden:

Gegenwärtig produzierende Geothermiefelder nach plattentektonischem Setting



#### Plate boundary types

- Divergent type: Mid-oceanic ridges transected by transform faults
- Convergent type: Subduction zone
- Transform type: Strike-slip zone

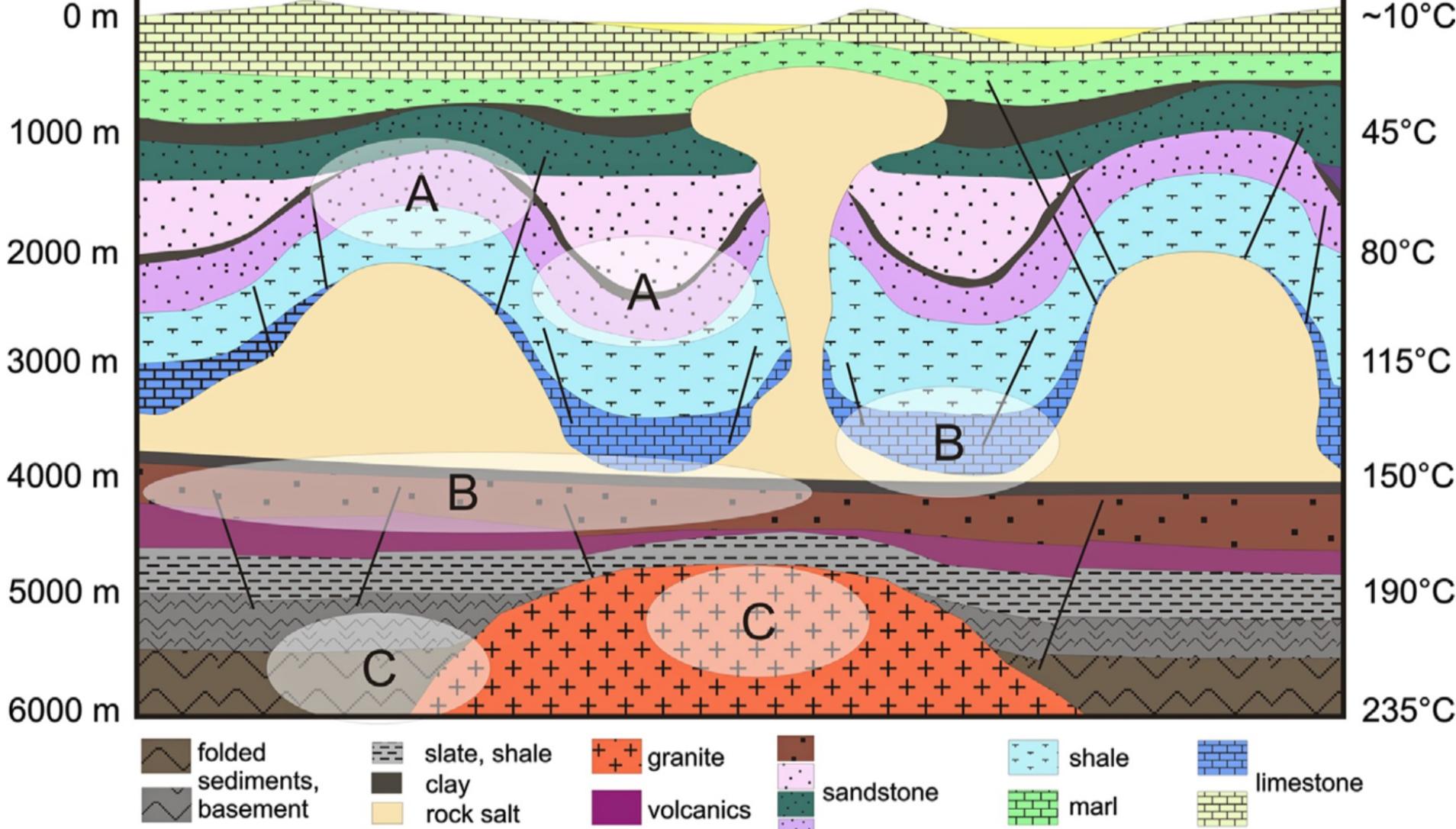
- Major zones of active volcanism
- ▲ Intracontinental rifts
- Installed geothermal fields (pilots + commercial)

#### Examples of geothermal play types with current production

- CV1 - Magmatic - Volcanic field type:** Taupo (New Zealand), Kamojang (Indonesia), Reykjanes (Iceland), Puna (Hawai/USA)
- CV1 - Magmatic - Plutonic type:** Larderello (Italy), The Geysers (USA)
- CV3 - Extensional domain type:** Bradys (Nevada/USA), Kizildere (Turkey), Soulz-sous-Forets (France), Olkaria (Kenya)
- CD1 - Intracratonic basin type:** Neustadt-Glewe [heat] (Germany), Paris Basin [heat] (France)
- CD2 - Orogenic belt/foreland basin type:** Unterhaching (Germany), Altheim (Austria)
- CD3 - Basement (hot dry rock) type:** Habanero (Australia)

# **CO<sub>2</sub> vermeiden:** Realistische geothermische *play types* in

## **Deutschland**



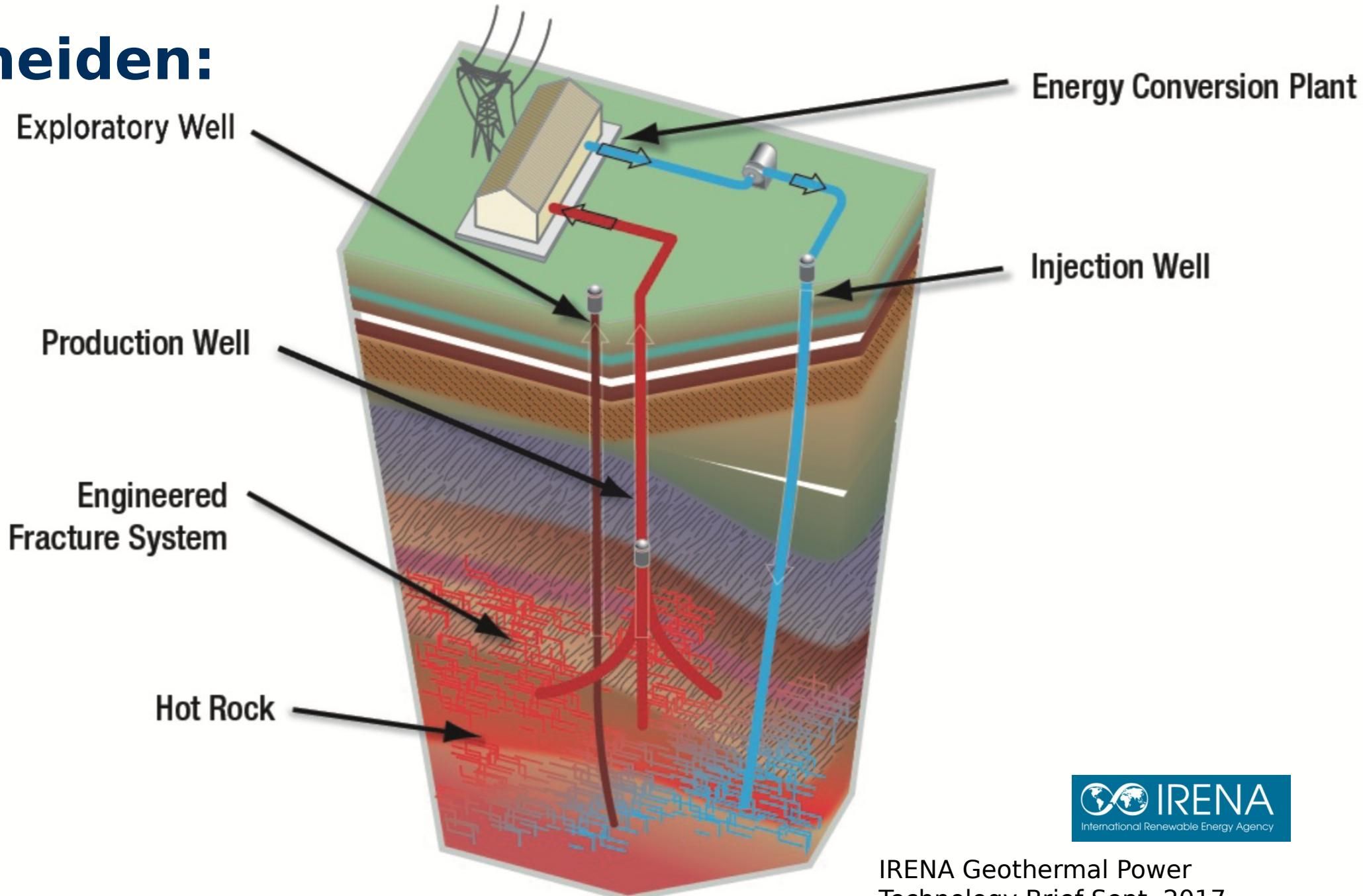
Intracratonic sedimentary basin and various geothermal play types at different depth and temperature ranges, assuming a geothermal gradient of 32 °C/km.

A – Geothermal plays above 3 km depth with temperature suitable for district heating  
B – Deep geothermal plays below 3 km depth suitable for heating and electricity

Moeck et al. 2014

# CO<sub>2</sub> vermeiden:

Petrotherm  
ale oder  
„hot-dry-  
rock“  
(HDR) *play*  
*types*



# O<sub>2</sub> vermeiden: weg von fossilen Energieträgern... ... z.B. mit Geothermie

## RELATED NEWS

22 DEC 2019

**European Green Deal must look to heat sector and geothermal energy**

Report on mitigation measures  
Adapted solutions and recommendations to overcome environmental concerns

20 DEC 2019

**Swedish Climeon to collaborate with NZ-based geothermal minerals firm**

19 DEC 2019

**SWM looking at additional location for geothermal heating plant in Munich,**

16 December 2019

19 DEC 2019

**Iceland and UNESCO establish Int'l Center for Capacity Development, incl.**

22 DEC 2019

**Report on environmental mitigation measures for geothermal development**

19 DEC 2019

**IGC Invest Geothermal 26 March 2020 – IGC.events, events for the geothermal**

19 DEC 2019

**New geothermal heating project targets deeper depths in Paris area**

Events

Decarbonising cities  
geothermal district heating:  
to finance it?

13 December 2019

**Presentations released of Georisk geothermal district heating seminar**

### 3. Auswege aus der „CO<sub>2</sub>-Falle“

- ✓ • Verdrängungsschwelle senken
- ✓ • CO<sub>2</sub>-Emissionen kompensieren („Ablasshandel“)
- ✓ • CO<sub>2</sub> loswerden
- ✓ ✓ • CO<sub>2</sub> vermeiden

**Wie?**

- ✓ Individuelle Verhaltensanpassung
- ✓ Gemeinschaftliche Herausforderung  
Erfordern Forschung & Technolog. Entwicklun





Apollo 8, 24 Dez. 1968

NASA/Bill Anders - <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a410/AS8-14-2383HR.jpg>

„Die dringende Herausforderung, unser gemeinsames Haus zu schützen, schließt die Sorge ein, die gesamte Menschheitsfamilie in der Suche nach einer nachhaltigen und ganzheitlichen Entwicklung zu vereinen, denn wir wissen, dass sich die Dinge ändern können.  
(...)“



**„Wir brauchen eine neue universale Solidarität.“**

Papst Franziskus (2015)  
Enzyklika „*Laudato Si'*:  
***Über die Sorge für das  
gemeinsame Haus***  
***Mein Aufruf [13-14]***

[http://w2.vatican.va/content/francesco/de/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://w2.vatican.va/content/francesco/de/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)

Apollo 8, 24 Dez. 1968

NASA/Bill Anders - <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/alsj/a410/AS8-14-2383HR.jpg>

