



# Das große Schmelzen

## Klimawandel und seine Folgen

Prof. Dr. Dirk Notz

19. April 2021

# Wovon dieser Vortrag handelt (und wovon nicht. . .)

Handeln



Wissen

# Wovon dieser Vortrag handelt (und wovon nicht. . .)



## Naturwissenschaftliches „Wissen“

- Kann durch naturwissenschaftliches Forschen hinterfragt werden
- Ist nicht gesellschaftlich verhandelbar
- Ist im Kern weltanschaulich- und wertneutral

# Wovon dieser Vortrag handelt (und wovon nicht. . .)



## Naturwissenschaftliches „Wissen“

- Kann durch naturwissenschaftliches Forschen hinterfragt werden
- Ist nicht gesellschaftlich verhandelbar
- Ist im Kern weltanschaulich- und wertneutral

## Gesellschaftliches „Handeln“

- Ist außerhalb der Grenzen des naturwissenschaftlichen Wissens verhandelbar
- Ist werteabhängig
- Zentrale Rolle des gesamtgesellschaftlichen Interesses

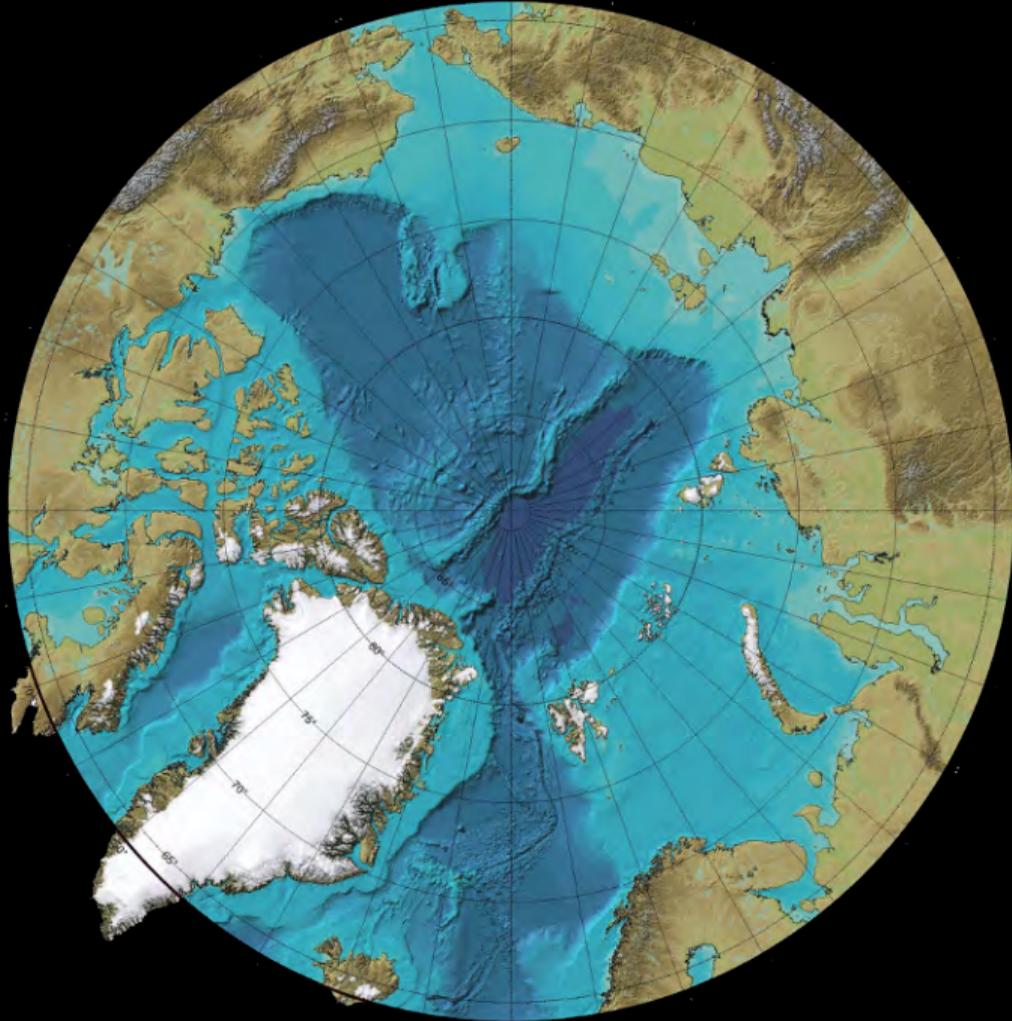
# Klimawandel in 18 Worten

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache
- 3 Er ist gefährlich
- 4 Expert:innen sind sich einig
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung

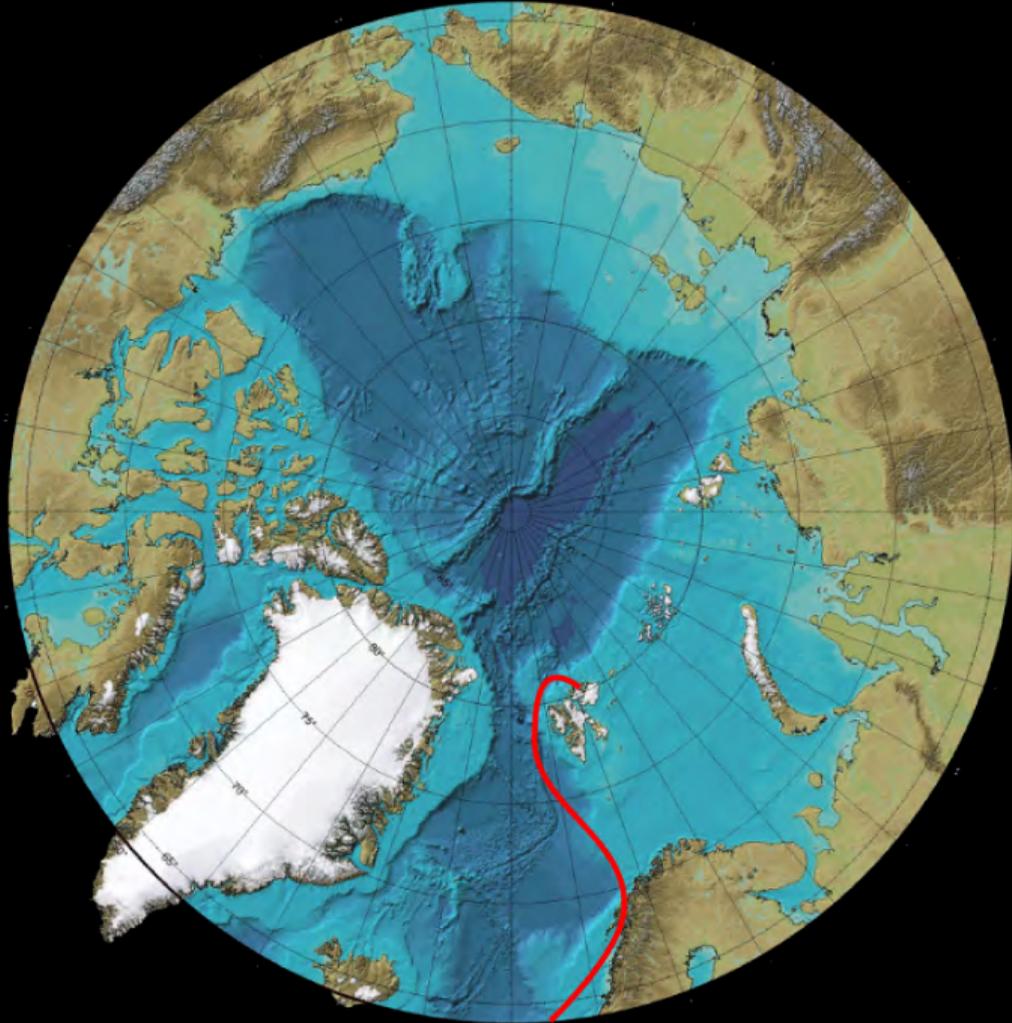
# Überblick

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache
- 3 Er ist gefährlich
- 4 Expert:innen sind sich einig
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung

# Die Arktis



# Die Arktis



Spitzbergen, Sorgebucht, September 1912



wo die Gefahren ihre gesunden Glieder regten und der Heimat zu-  
strebten. Ja, zur Heimat — auch dahin konnte ich nur im Geiste mit-  
ziehen, und je mehr die Möglichkeit schwand, daß ich sie noch in diesem  
Jahre wiedersehen sollte, je tiefer mir dies ins Bewußtsein drang, desto  
weiteren Spielraum ließ ich meiner Phantasie. Es ist ohne Zweifel



Ein Skier.  
St. Gallen - Bild 15. Okt. 1912







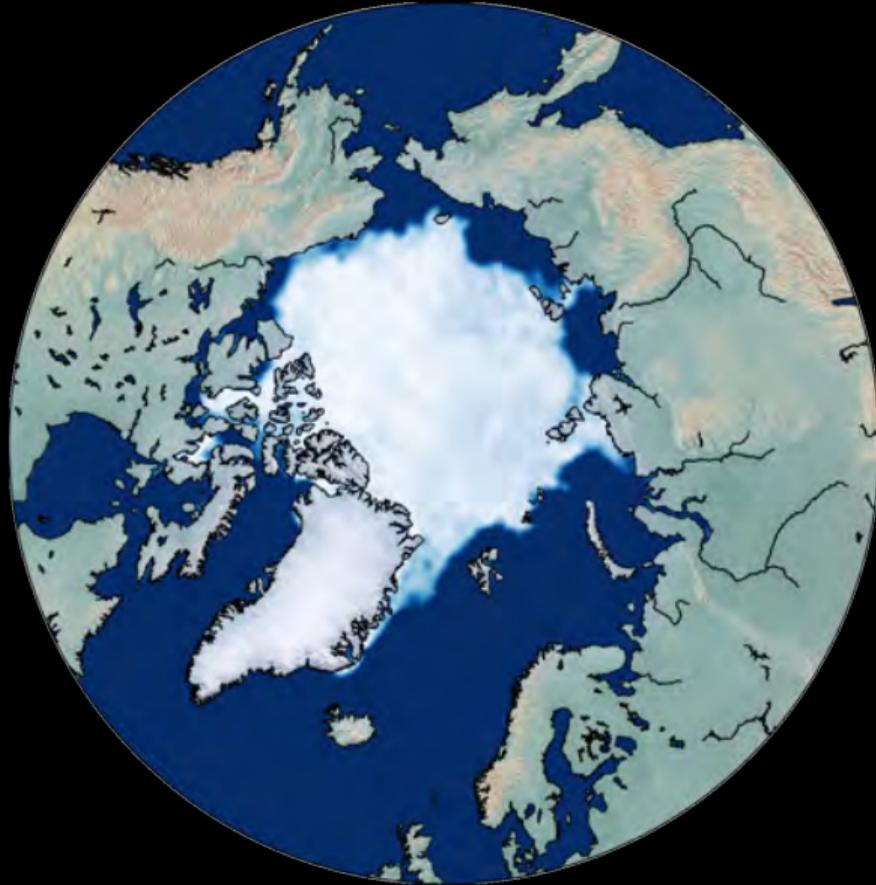


Spitzbergen, Sorgebucht, September 2007



82° N, September 2007

21. September 1992



21. September 2020



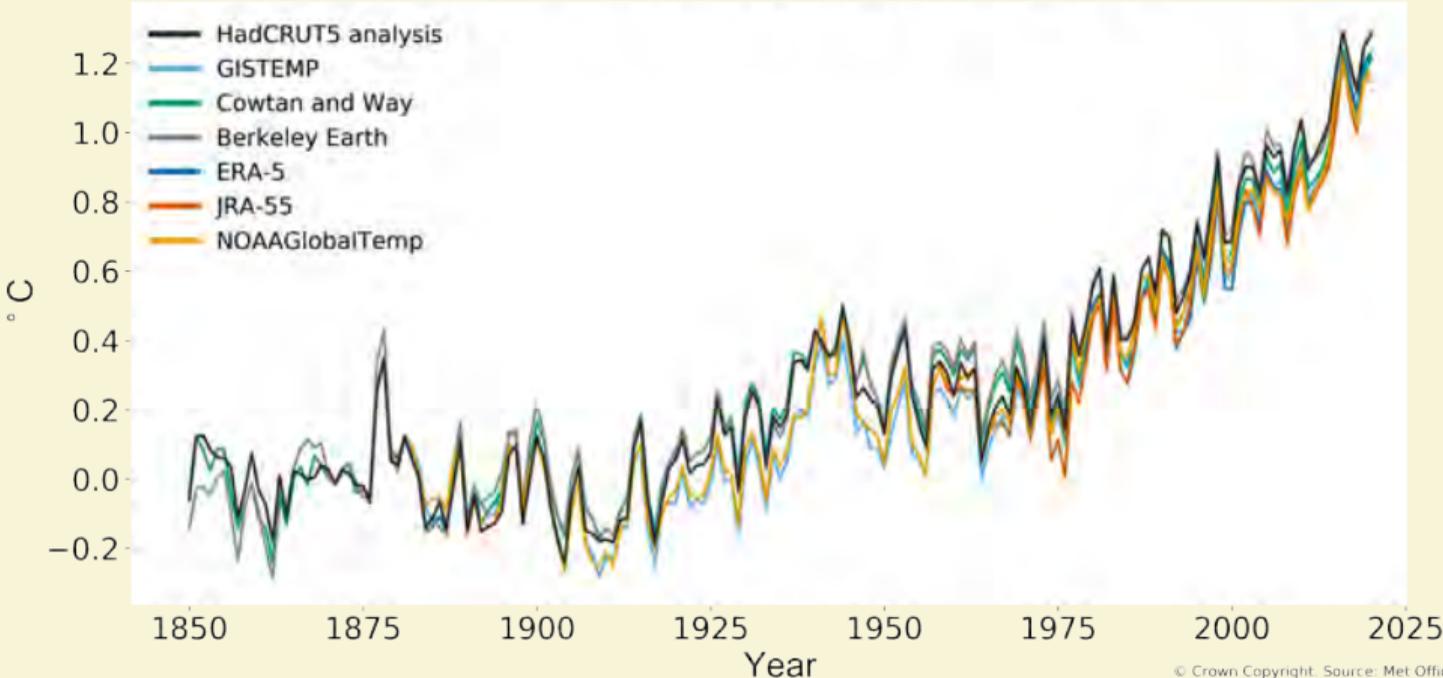
21. September 20xx



# Die globale Temperatur steigt

Met Office

Global mean temperature difference from 1850-1900 ( ° C)

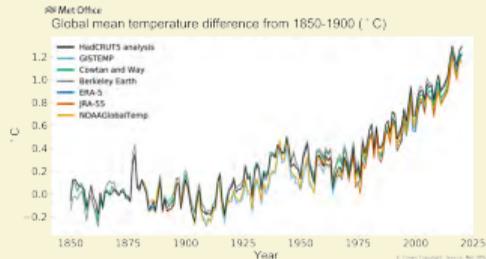


© Crown Copyright. Source: Met Office

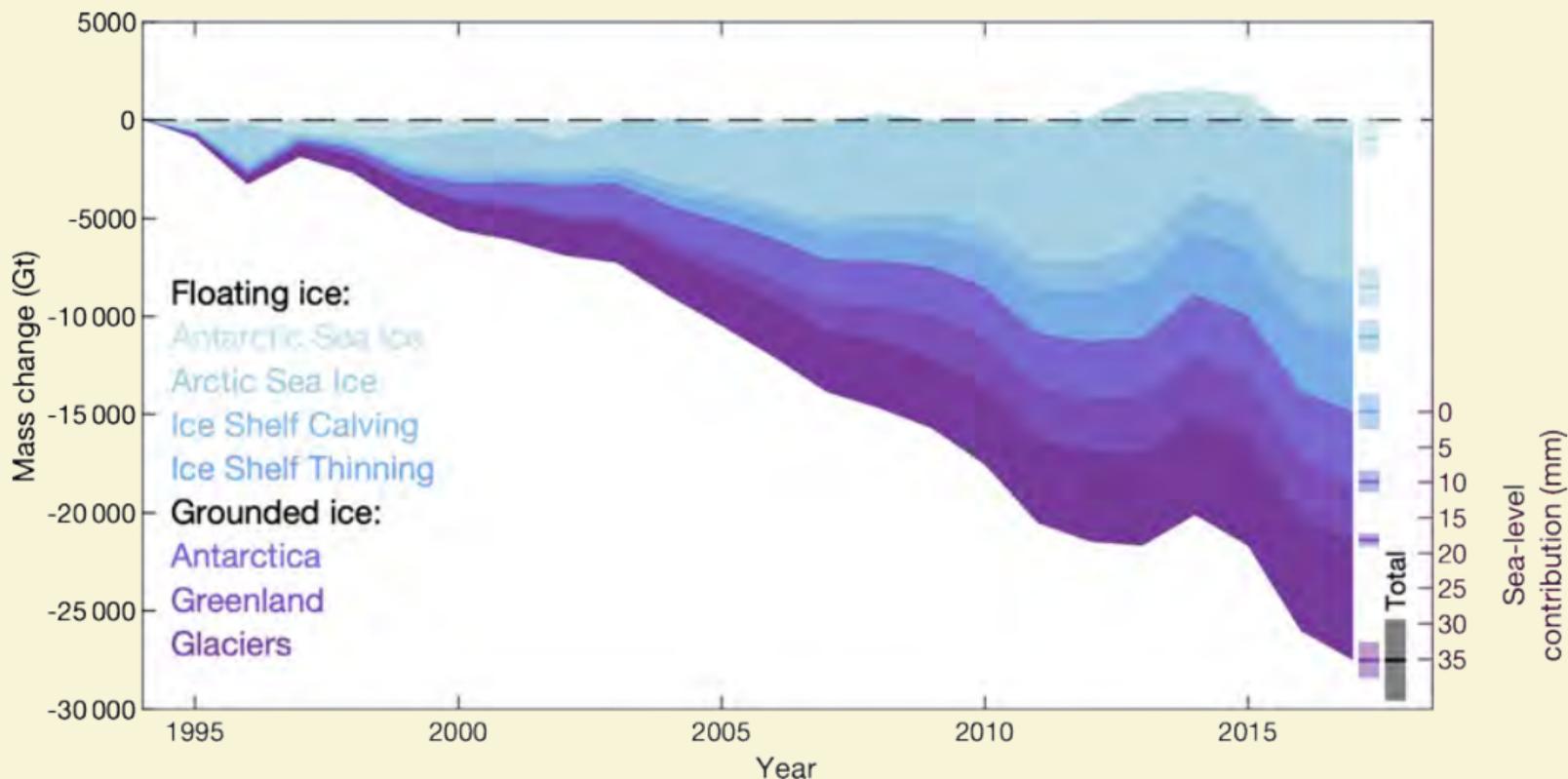
# Die globale Temperatur steigt

## Die Erwärmung in Zahlen

- Die 10 wärmsten Jahre im Zeitraum 1850-2020 liegen alle nach 2005
- Die 7 wärmsten Jahre sind die Jahre 2014-2020
- 2020 war etwa 1 °C wärmer als der vorindustrielle Zeitraum 1850-1900.

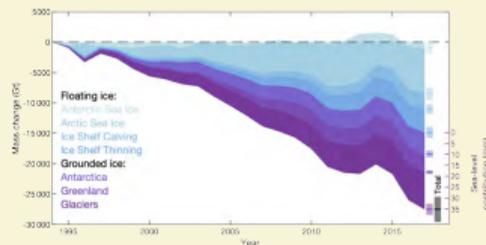


# Das Eis schmilzt

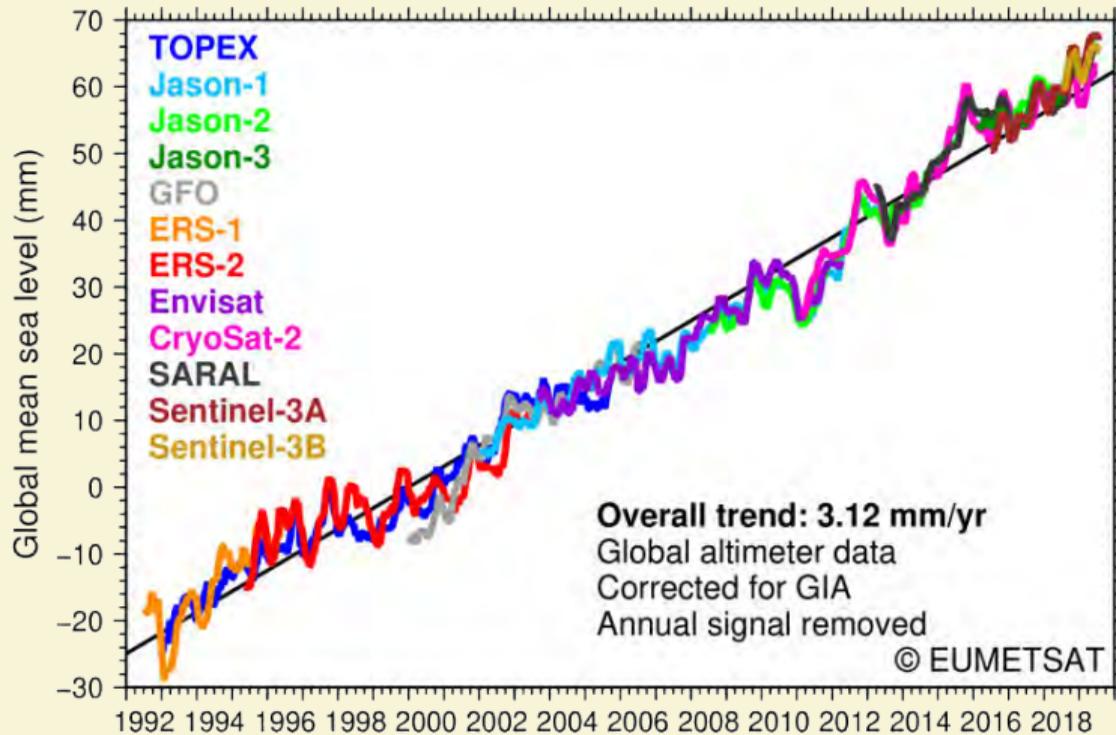


## Der Eisverlust in Zahlen

- Seit 1994 hat die Erde etwa 30 Billionen Tonnen Eis verloren
- Eisverlust von Grönland und der Antarktis im Moment über 400 Milliarden Tonnen pro Jahr (über 1 mm Meeresspiegelanstieg pro Jahr)
- Eisverlust von Grönland und der Antarktis in den 1990er Jahren: weniger als 100 Milliarden Tonnen pro Jahr



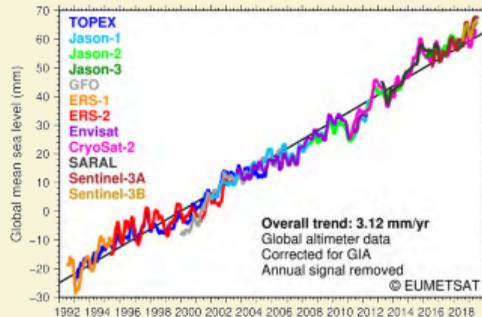
# Der Meeresspiegel steigt



# Der Meeresspiegel steigt

## Der Meeresspiegelanstieg in Zahlen

- Der Meeresspiegel steigt im Moment um fast 4 mm pro Jahr
- Der Anstieg stammt zu etwa 60 % aus schmelzendem Eis und zu etwa 40 % aus der Ausdehnung des wärmeren Meerwassers
- Der Anstieg der Meeresspiegel beschleunigt sich, insbesondere aufgrund des immer schnelleren Eisverlustes aus der Antarktis und aus Grönland



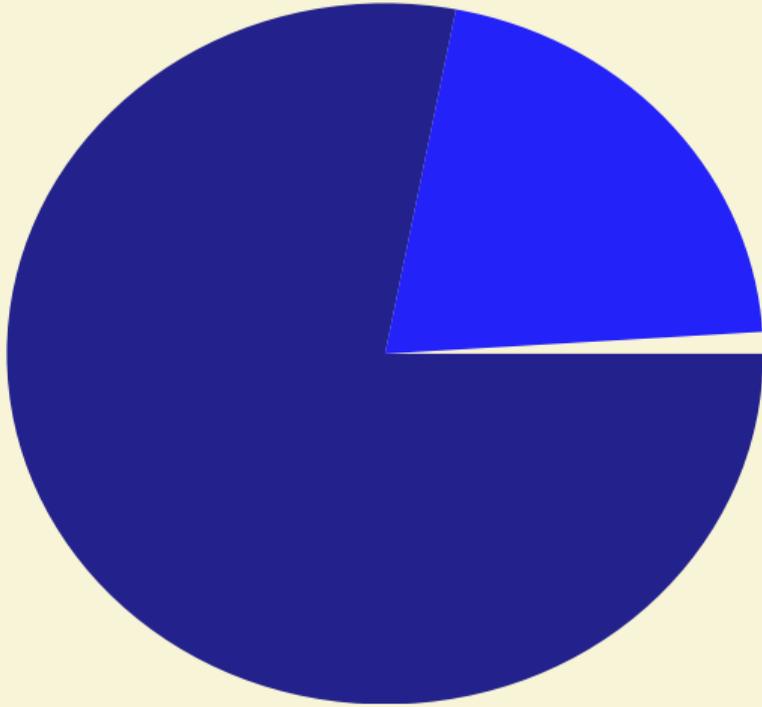
# Überblick

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache**
- 3 Er ist gefährlich
- 4 Expert:innen sind sich einig
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung

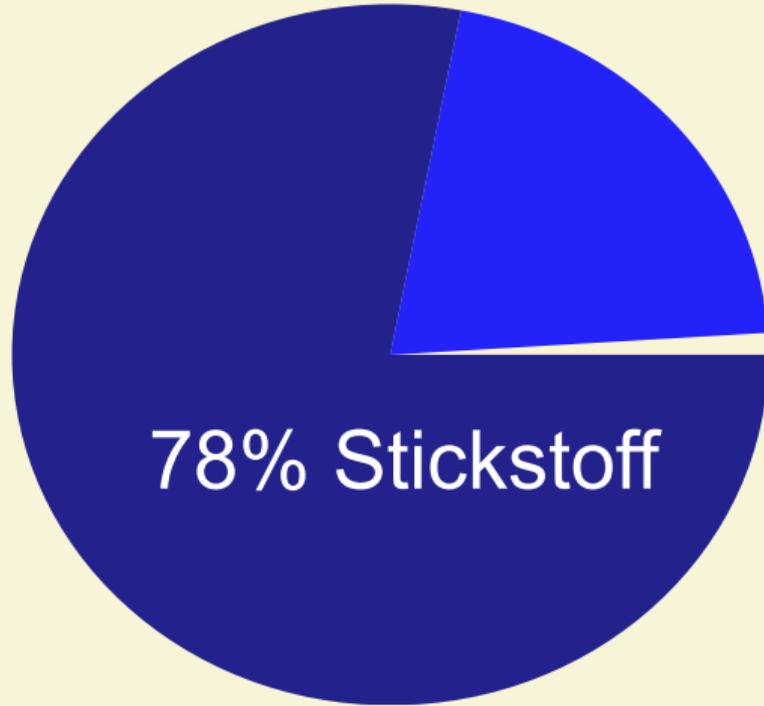
# Die -18 °C Erde



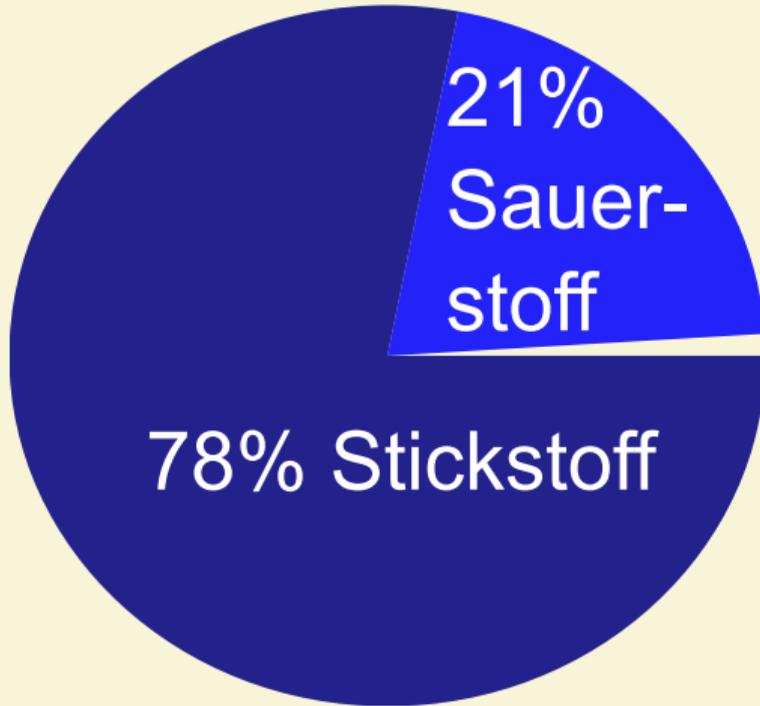
# Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre



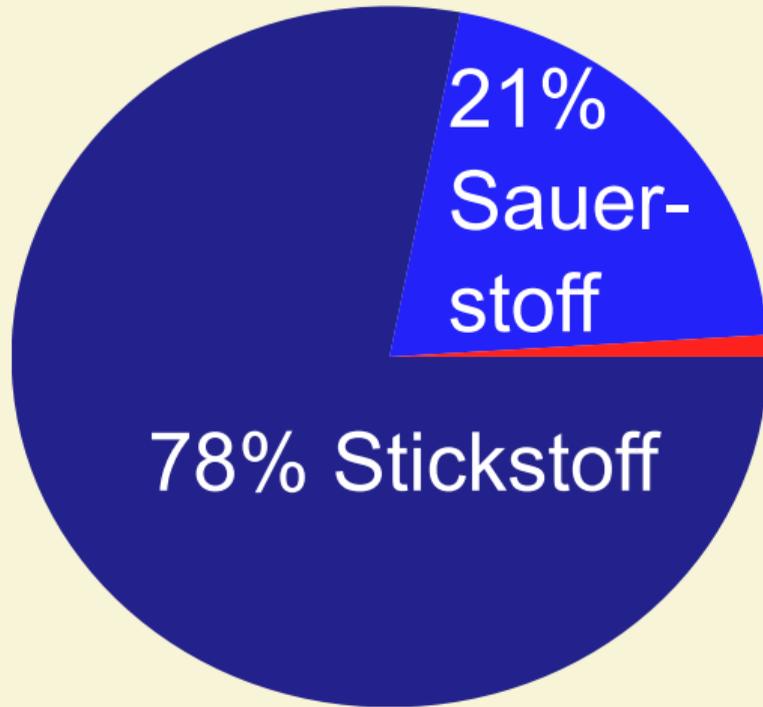
# Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre



# Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre



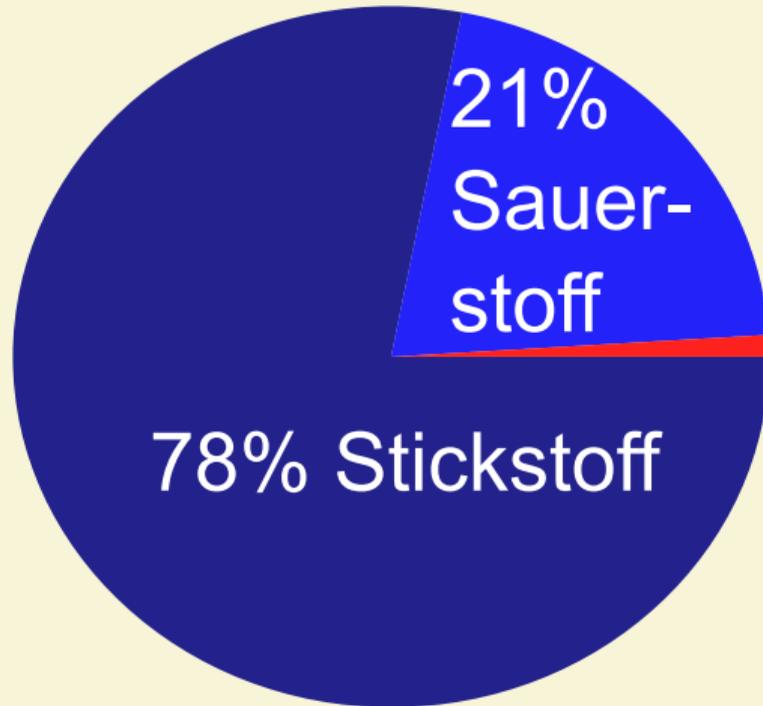
# Zusammensetzung der trockenen Atmosphäre



Das letzte Prozent

0,95 % Edelgas

# Zusammensetzung der Atmosphäre

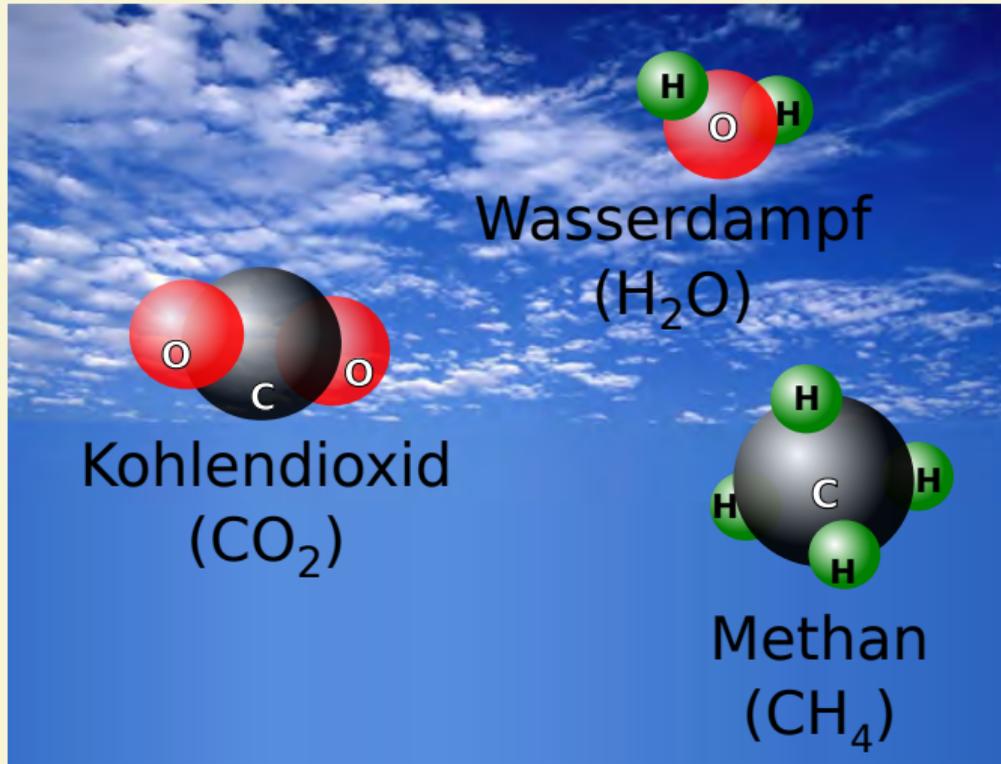


## Das letzte Prozent

0,95 % Edelgas

0,05 % Spurengase

# CO<sub>2</sub>, Methan und Wasserdampf



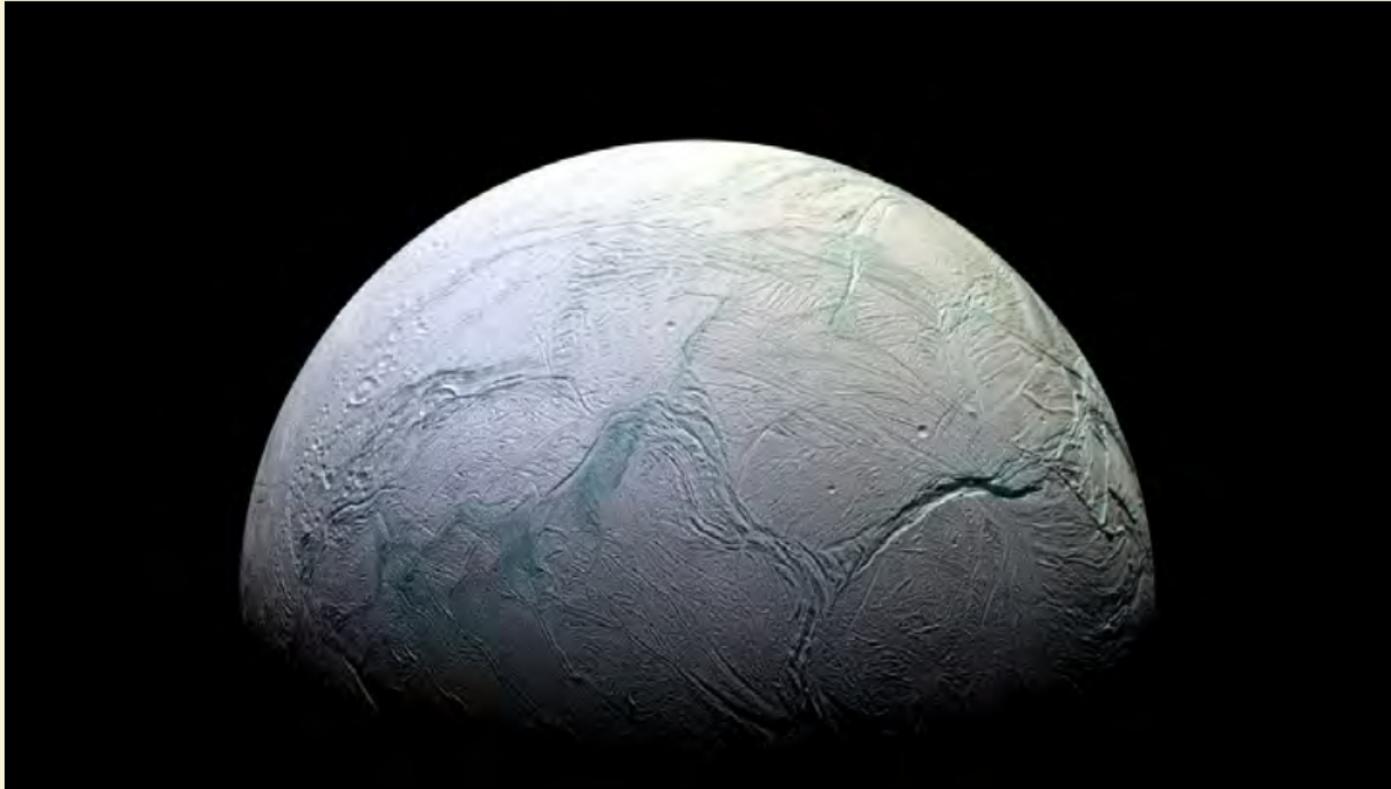
# Die +14 °C Erde (vereinfachte Darstellung)



# Woher wissen wir etwas über das Klima früher?



# vor 800 Millionen Jahren: Schneeball Erde

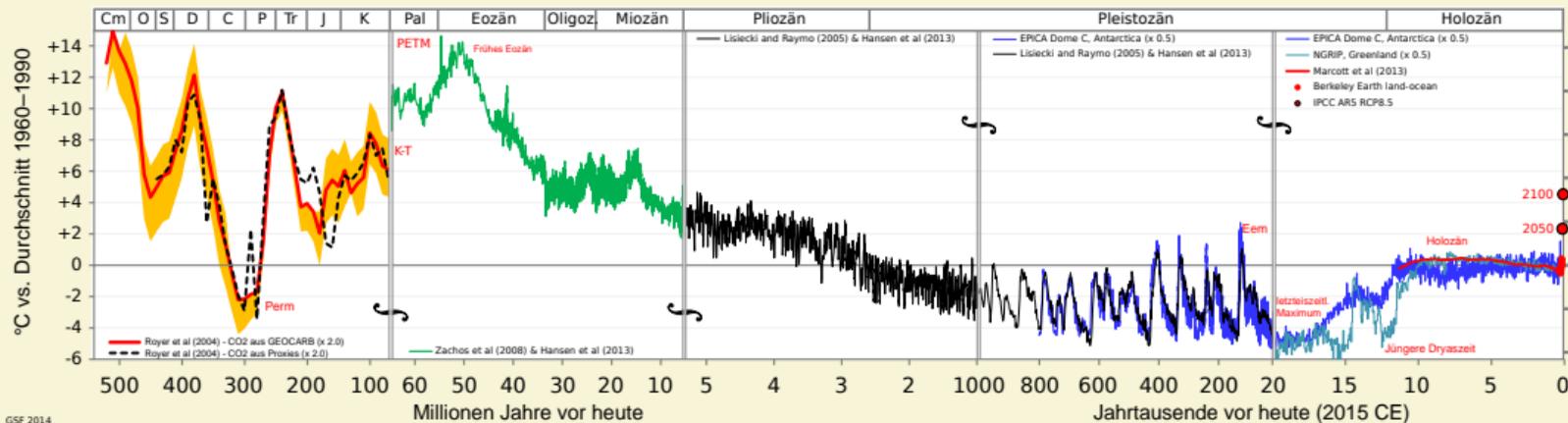


# vor 100 Millionen Jahren: Warme Erde



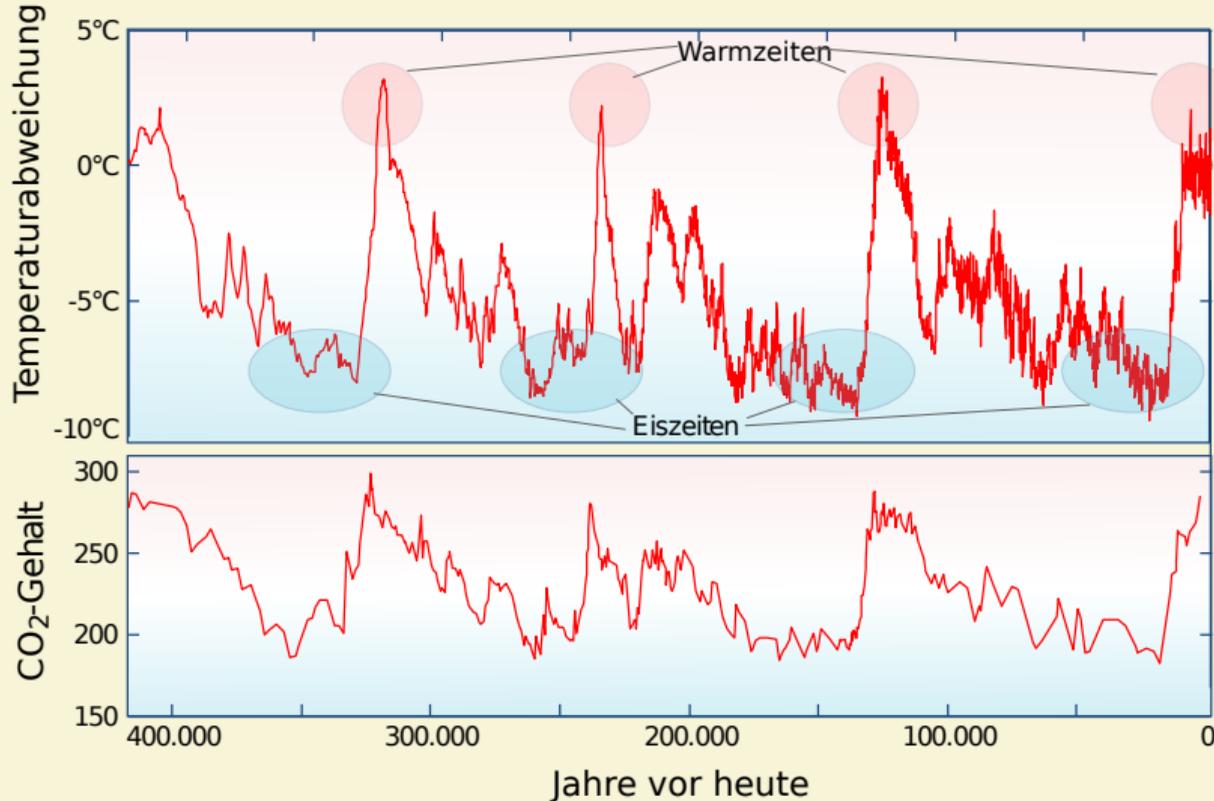
# Die letzten 500 Millionen Jahre

## Temperatur des Planeten Erde

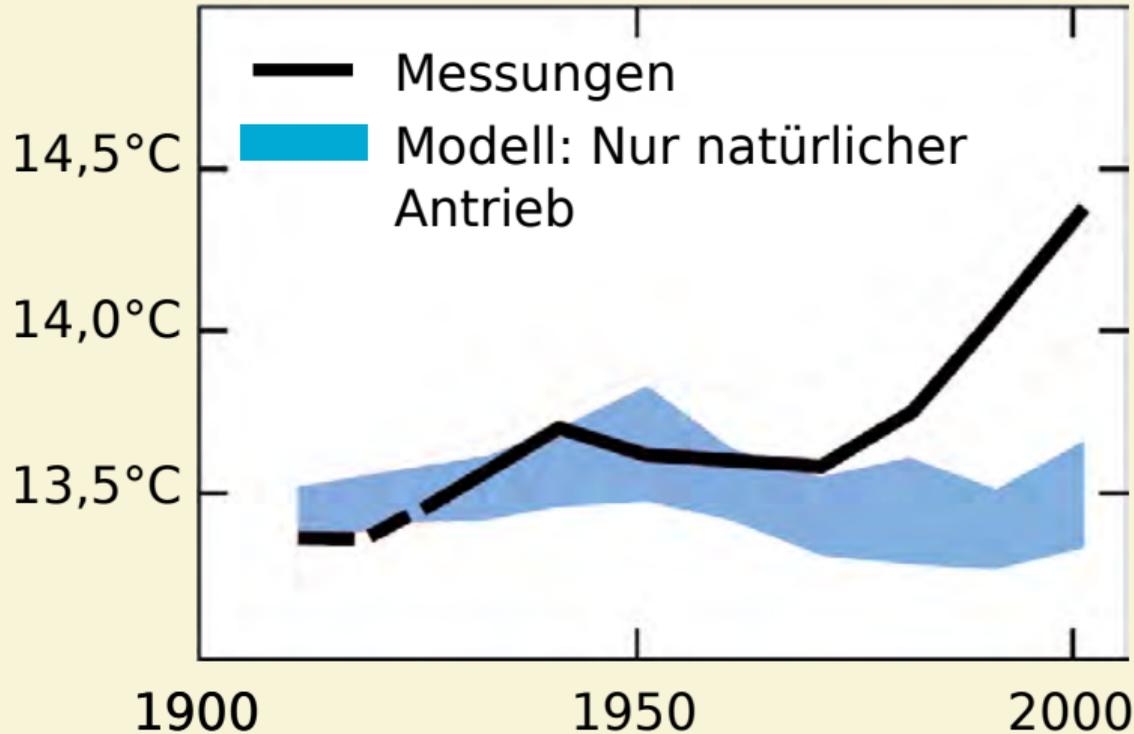


GSF 2014

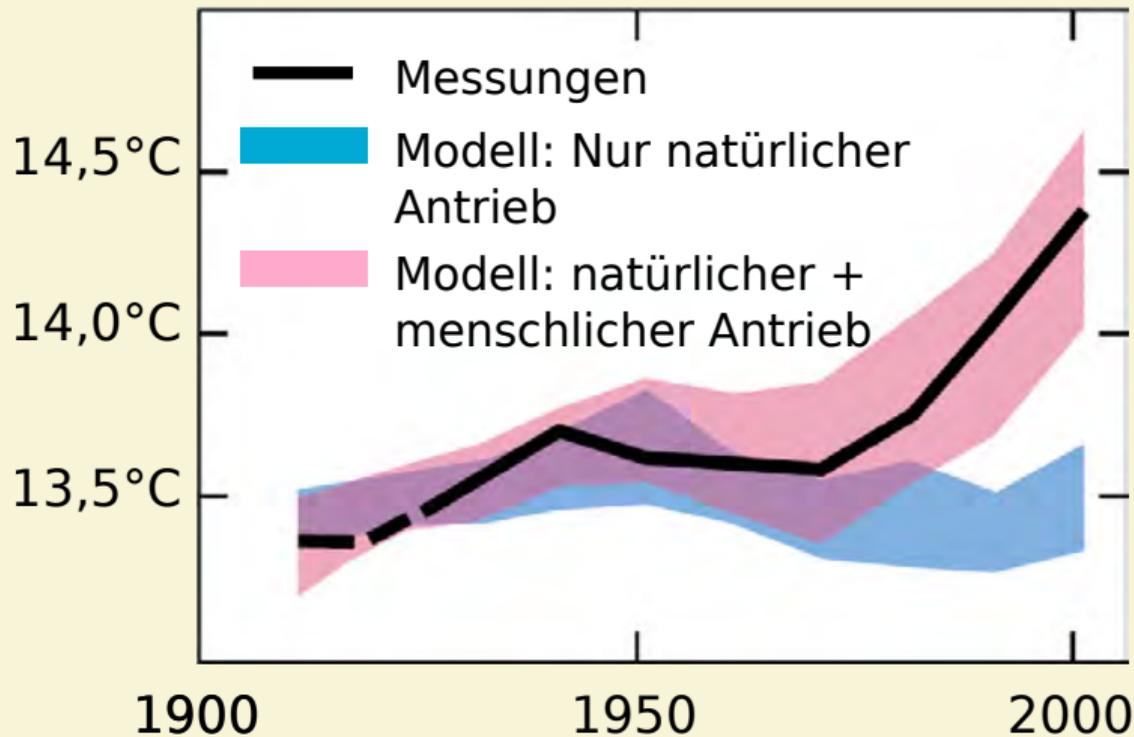
# Die vergangenen 400.000 Jahre



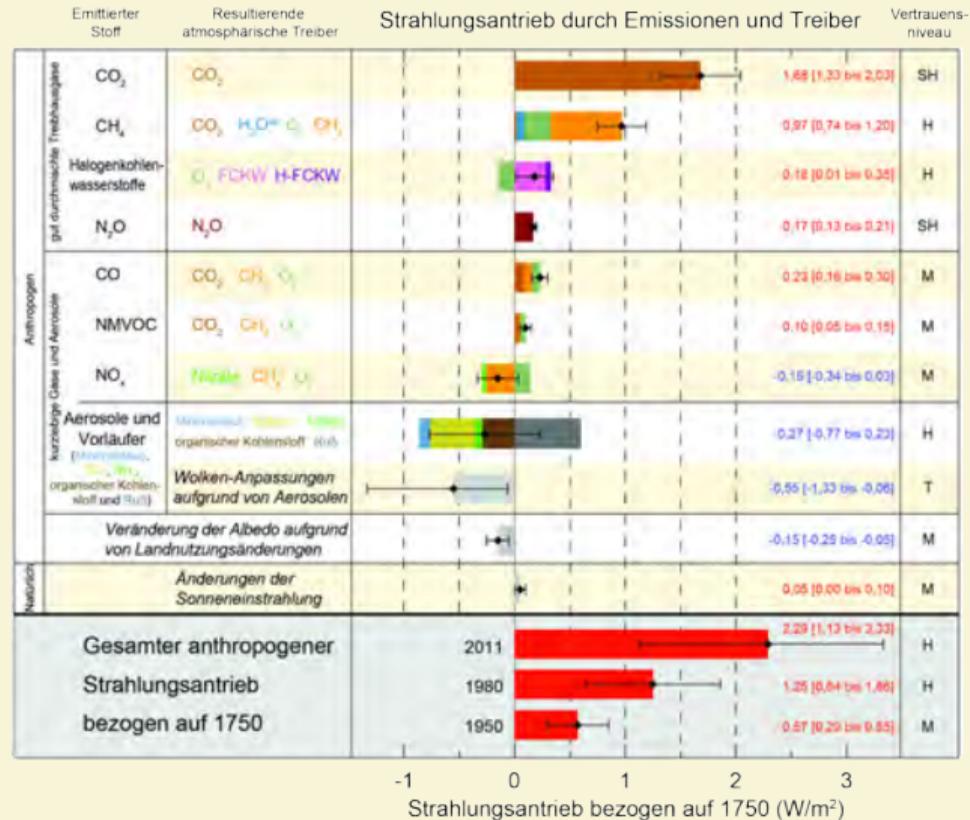
# Ursachen der Erwärmung aus Simulationen



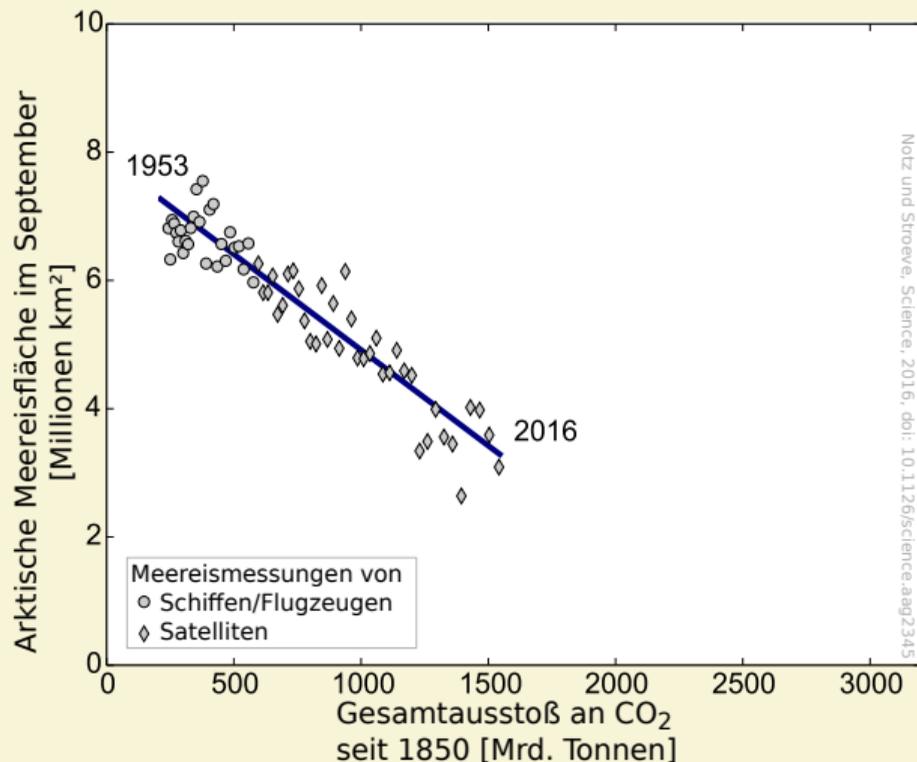
# Ursachen der Erwärmung aus Simulationen



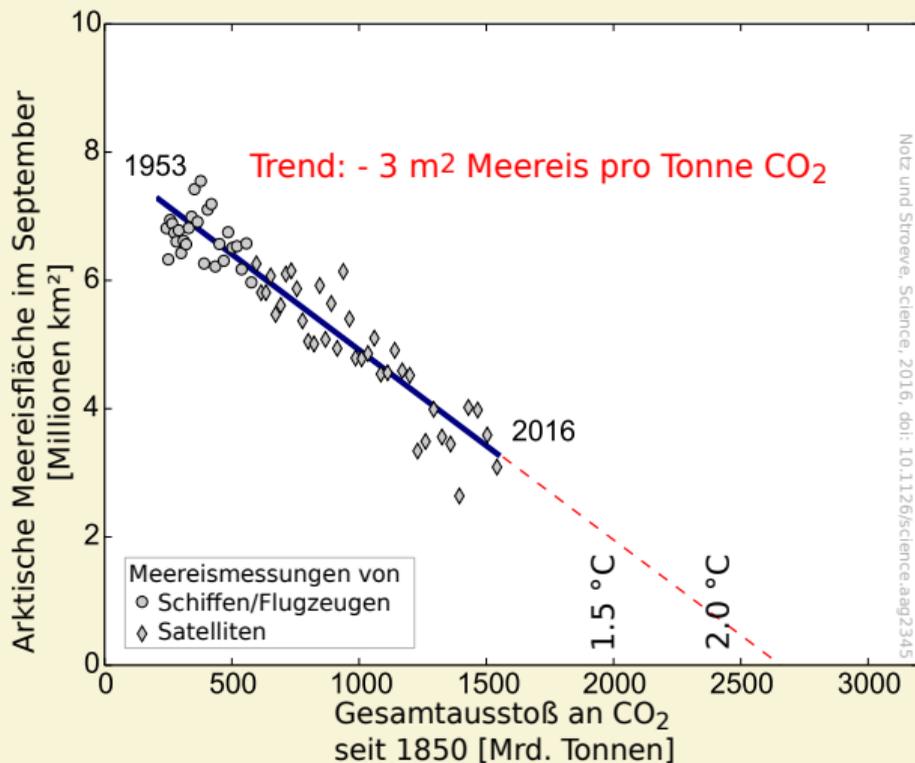
# Ursachen der Erwärmung



# Ursache des Meereis-Verlustes aus Messdaten



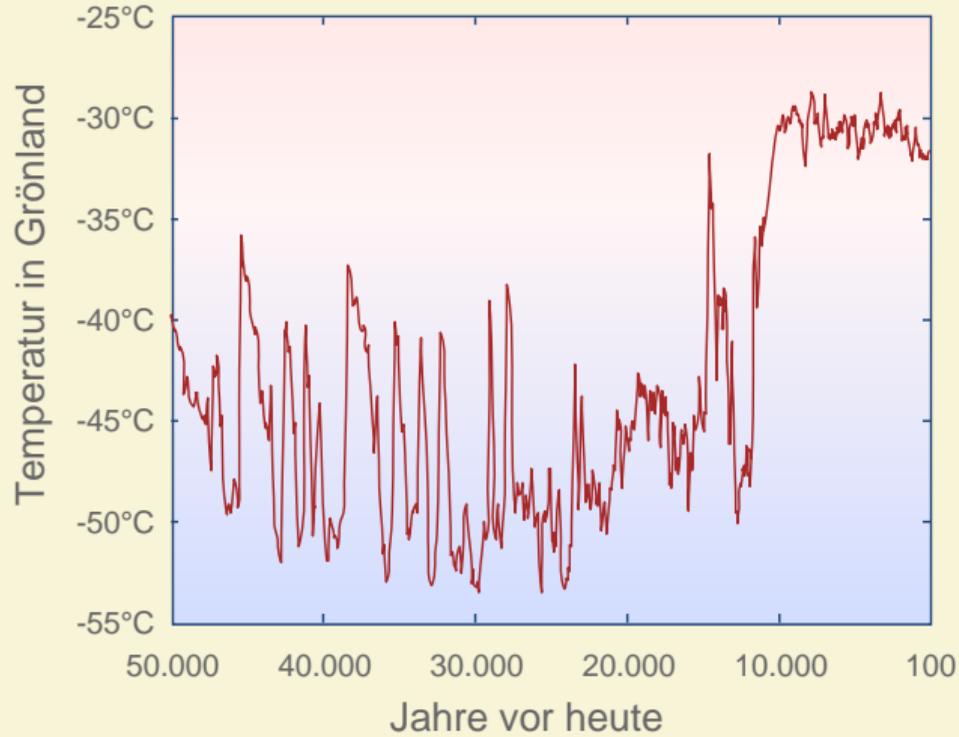
# Ursache des Meereis-Verlustes aus Messdaten



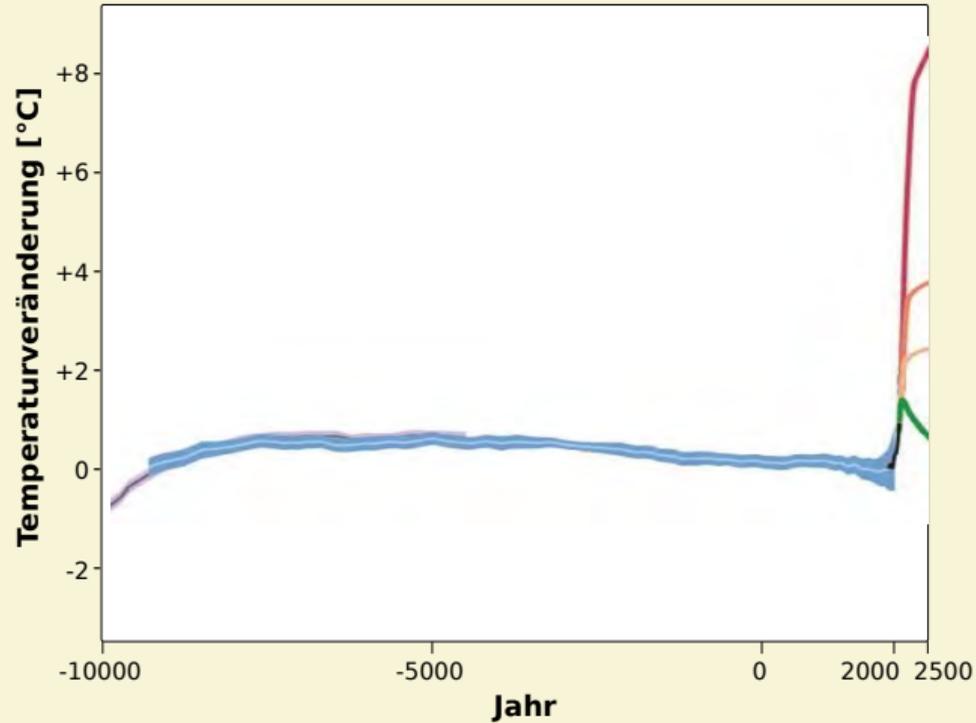
# Überblick

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache
- 3 Er ist gefährlich**
- 4 Expert:innen sind sich einig
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung

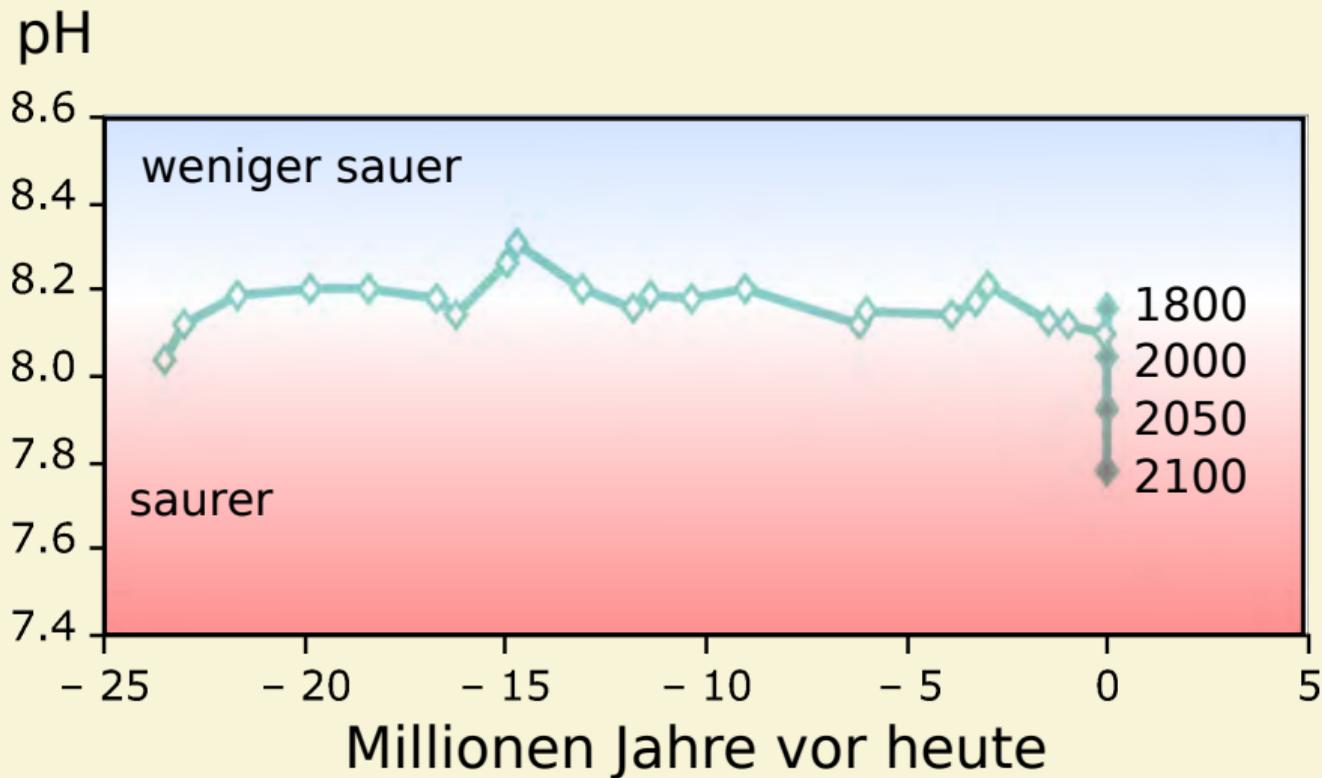
# Das Ende eines stabilen Klimas?



# Das Ende eines stabilen Klimas?

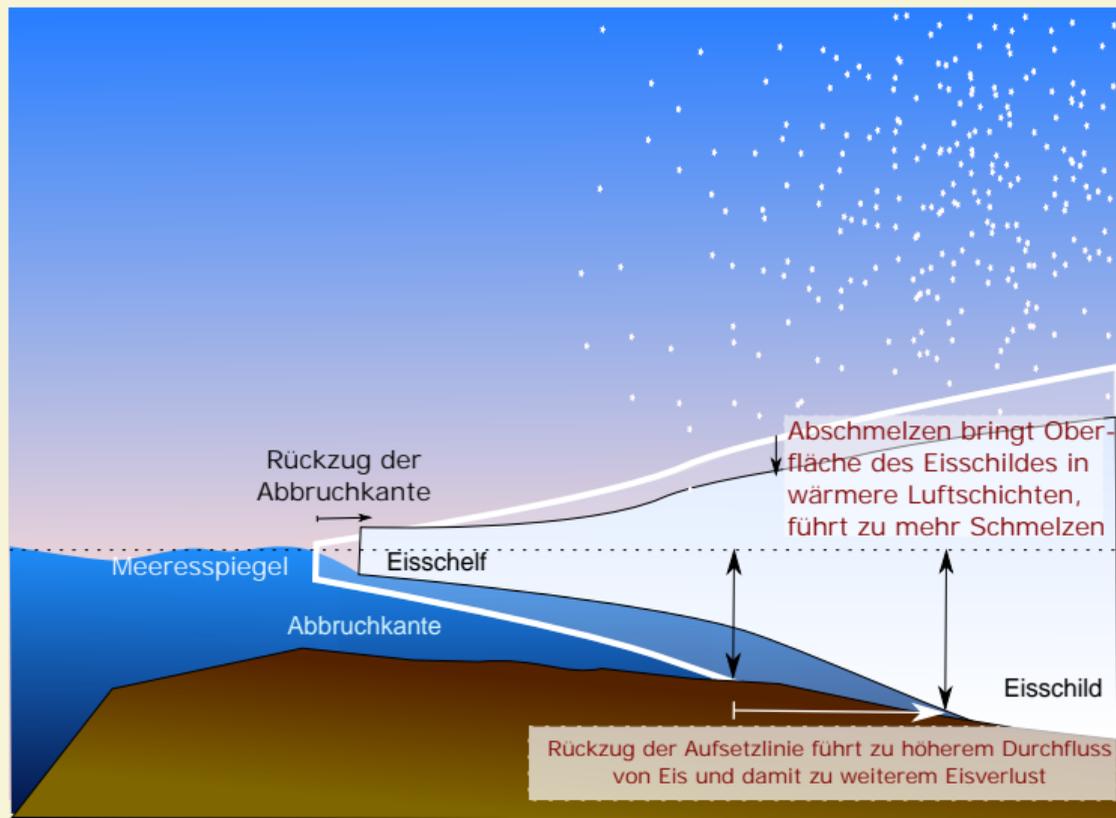


# Ein Blick in die tiefe Vergangenheit...



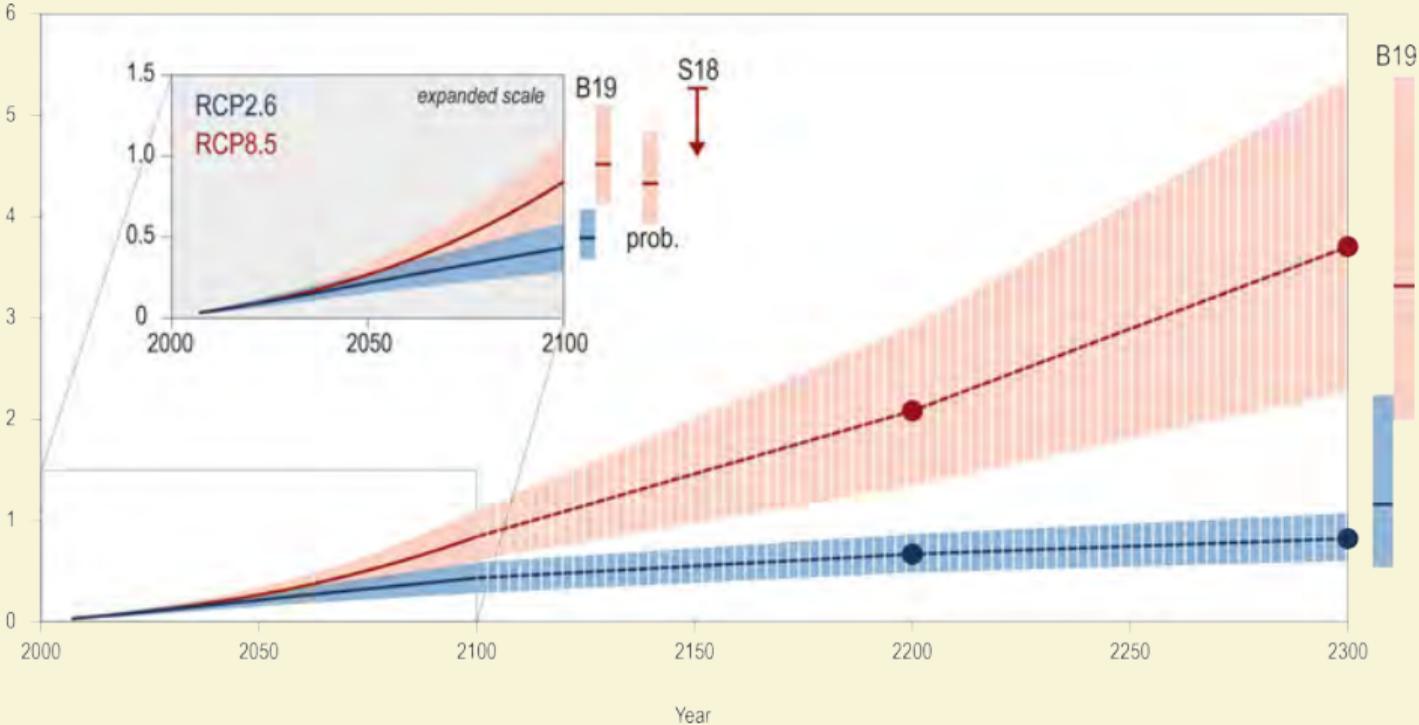


# Kippunkte bei Eisschilden

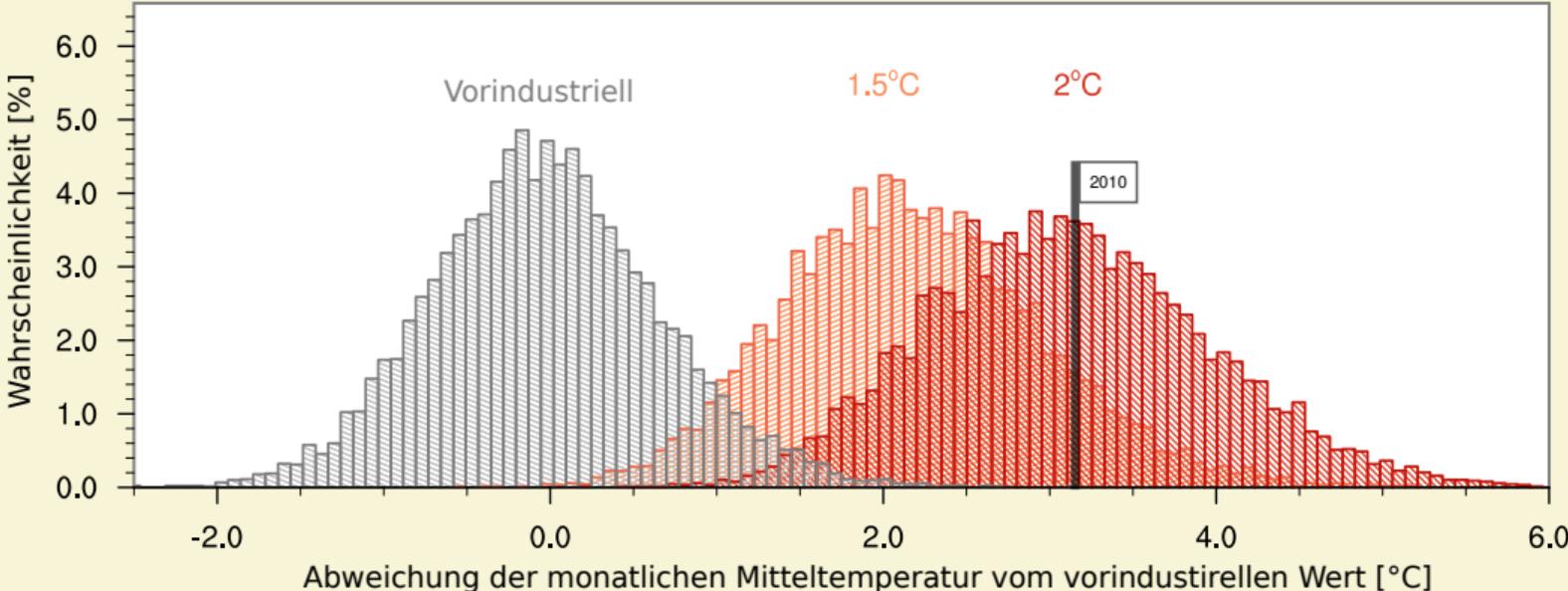


# Meeresspiegelanstieg

Global mean sea level (m)



# Sommertemperatur in Europa









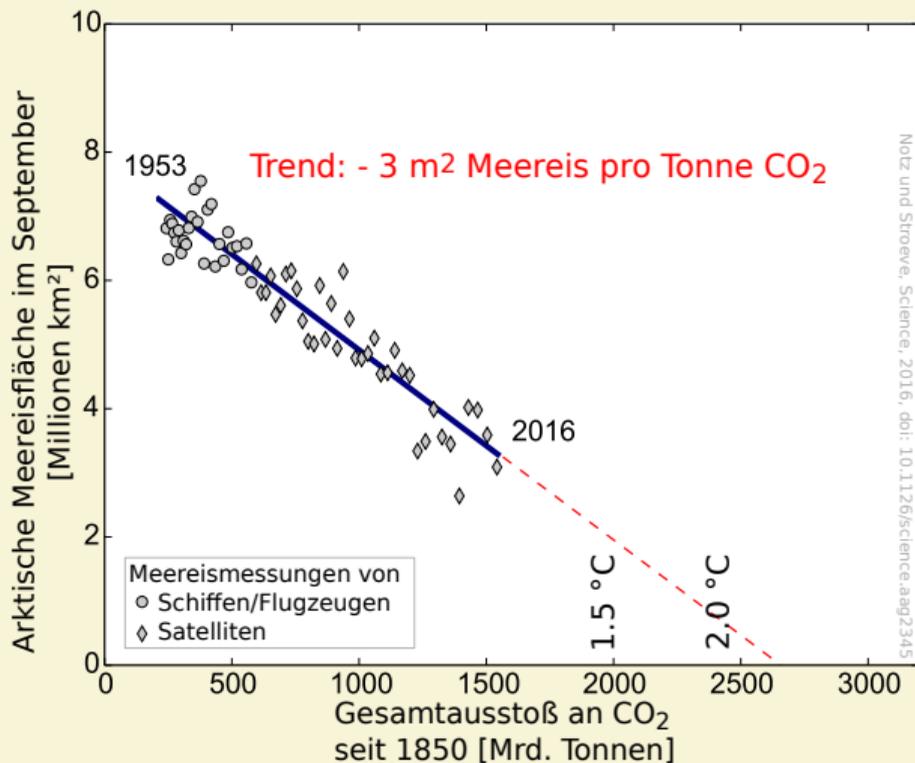
# Überblick

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache
- 3 Er ist gefährlich
- 4 Expert:innen sind sich einig**
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung

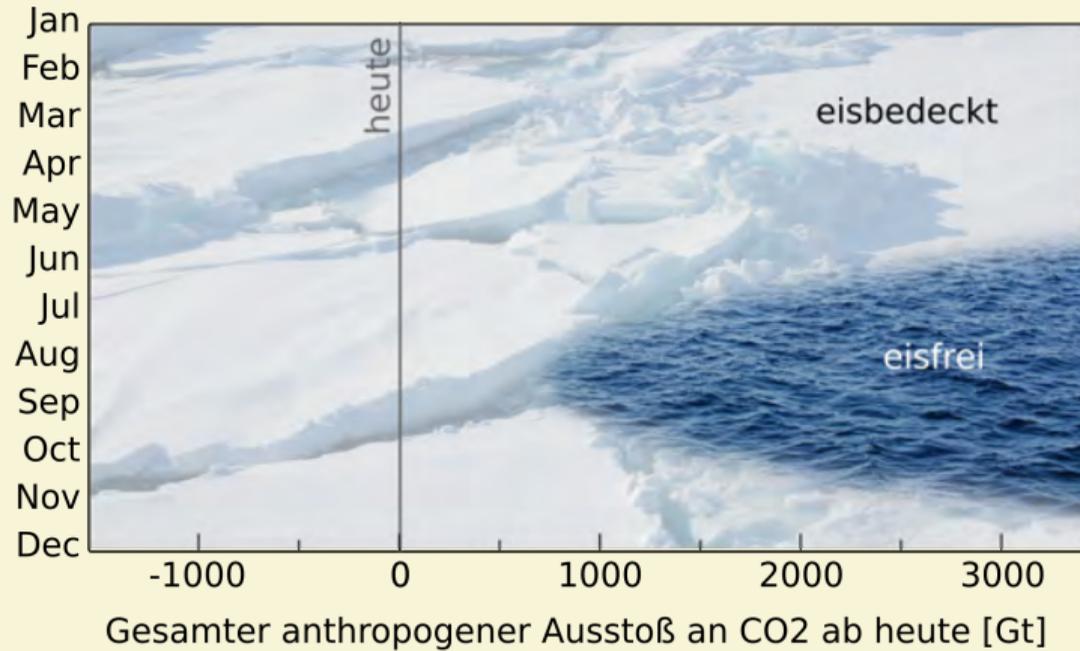
# Überblick

- 1 Er ist real
- 2 Wir sind die Ursache
- 3 Er ist gefährlich
- 4 Expert:innen sind sich einig
- 5 Es gibt (noch) Hoffnung**

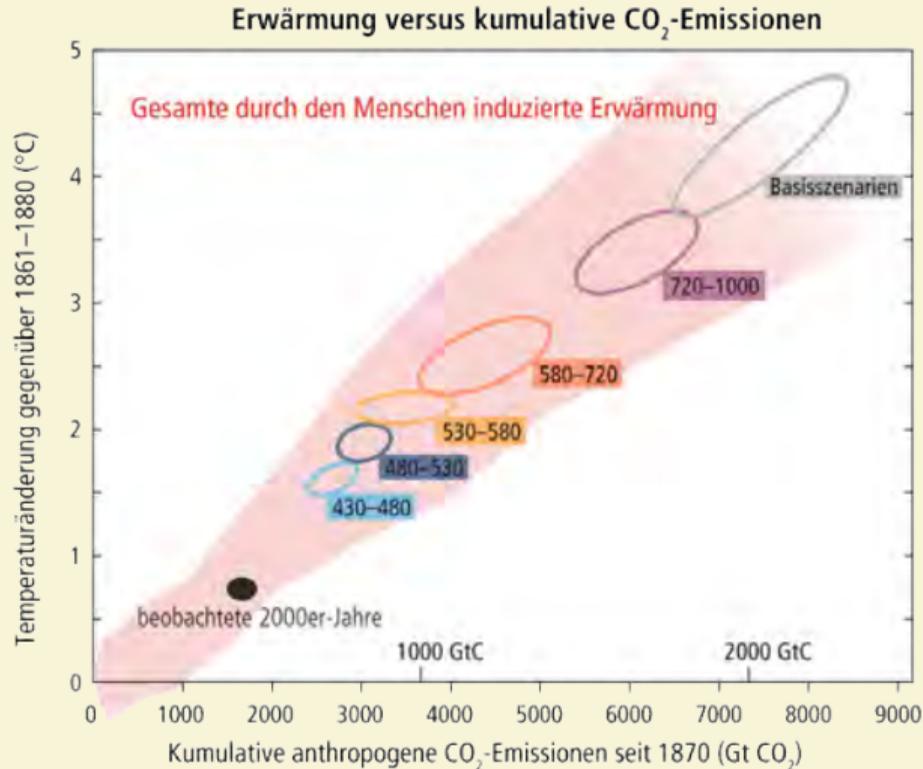
# Ursache des Meereis-Verlustes aus Messdaten



# Die Zukunft des Meereises



# Temperatur vs. CO<sub>2</sub>-Emissionen



# CO<sub>2</sub>-Budget

Additional Warming since 2006–2015 [°C] <sup>(1)</sup>	Approximate Warming since 1850–1900 [°C] <sup>(1)</sup>	Remaining Carbon Budget (Excluding Additional Earth System Feedbacks <sup>(3)</sup> ) [GtCO <sub>2</sub> from 1.1.2018] <sup>(2)</sup>			Key Uncertainties and Variations <sup>(4)</sup>					
		Percentiles of TCRE <sup>(3)</sup>			Earth System Feedbacks <sup>(5)</sup>	Non-CO <sub>2</sub> scenario variation <sup>(6)</sup>	Non-CO <sub>2</sub> forcing and response uncertainty	TCRE distribution uncertainty <sup>(7)</sup>	Historical temperature uncertainty <sup>(1)</sup>	Recent emissions uncertainty <sup>(8)</sup>
		33rd	50th	67th	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]
0.3		290	160	80	Budgets on the left are reduced by about –100 on centennial time scales	±250	–400 to +200	+100 to +200	±250	±20
0.4		530	350	230						
0.5		770	530	380						
<b>0.53</b>	<b>–1.5°C</b>	<b>840</b>	<b>580</b>	<b>420</b>						
0.6		1010	710	530						
0.63		1080	770	570						
0.7		1240	900	680						
0.78		1440	1040	800						
0.8		1480	1080	830						
0.9		1720	1260	980						
1		1960	1450	1130						
<b>1.03</b>	<b>–2°C</b>	<b>2030</b>	<b>1500</b>	<b>1170</b>						

## Für das 1,5 °C Ziel

- Um mit 66 % Wahrscheinlichkeit die Erwärmung auf unter 1,5 °C zu halten, hatten wir als beste Abschätzung **zu Beginn 2018 noch 420 Gt CO<sub>2</sub>** Budget zur Verfügung.

## Für das 1,5 °C Ziel

- Um mit 66 % Wahrscheinlichkeit die Erwärmung auf unter 1,5 °C zu halten, hatten wir als beste Abschätzung **zu Beginn 2018 noch 420 Gt CO<sub>2</sub>** Budget zur Verfügung.
- Davon wurden **bis Ende 2020 etwa 120 Gt CO<sub>2</sub>** verbraucht (etwa 40 Gt/Jahr CO<sub>2</sub> Ausstoß)

## Für das 1,5 °C Ziel

- Um mit 66 % Wahrscheinlichkeit die Erwärmung auf unter 1,5 °C zu halten, hatten wir als beste Abschätzung **zu Beginn 2018 noch 420 Gt CO<sub>2</sub>** Budget zur Verfügung.
- Davon wurden **bis Ende 2020 etwa 120 Gt CO<sub>2</sub>** verbraucht (etwa 40 Gt/Jahr CO<sub>2</sub> Ausstoß)
- Es verbleiben damit **ab Anfang 2021 noch 300 Gt CO<sub>2</sub>** Budget.

## Für das 1,5 °C Ziel

- Um mit 66 % Wahrscheinlichkeit die Erwärmung auf unter 1,5 °C zu halten, hatten wir als beste Abschätzung **zu Beginn 2018 noch 420 Gt CO<sub>2</sub>** Budget zur Verfügung.
- Davon wurden **bis Ende 2020 etwa 120 Gt CO<sub>2</sub>** verbraucht (etwa 40 Gt/Jahr CO<sub>2</sub> Ausstoß)
- Es verbleiben damit **ab Anfang 2021 noch 300 Gt CO<sub>2</sub>** Budget.

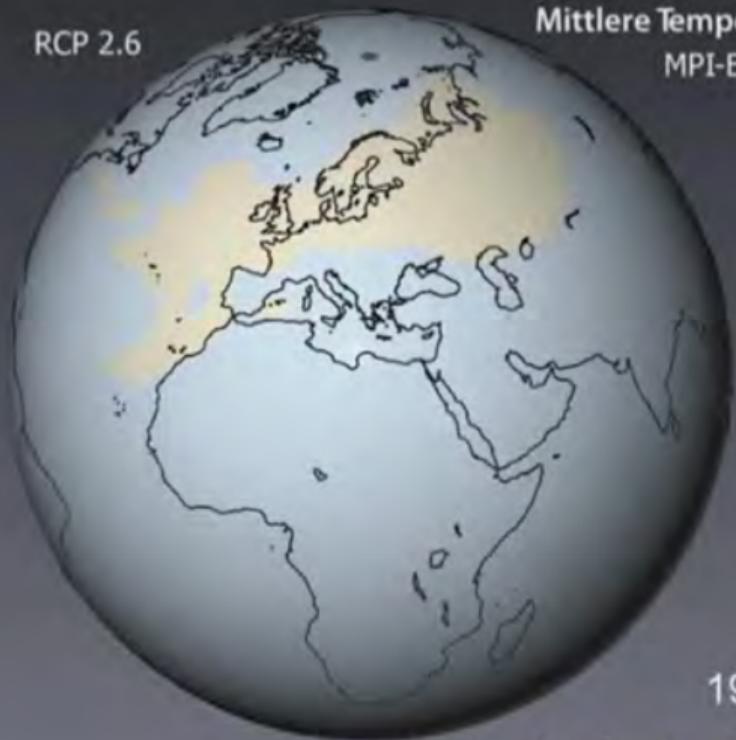
## Für das 2,0 °C Ziel

- Um mit 66 % Wahrscheinlichkeit die Erwärmung auf unter 2,0 °C zu halten, hatten wir als beste Abschätzung **zu Beginn 2018 noch 1170 Gt CO<sub>2</sub>** Budget zur Verfügung.
- Davon wurden **bis Ende 2020 etwa 120 Gt CO<sub>2</sub>** verbraucht (etwa 40 Gt/Jahr CO<sub>2</sub> Ausstoß)
- Es verbleiben damit **ab Anfang 2021 noch 1050 Gt CO<sub>2</sub>** Budget.

RCP 2.6

Mittlere Temperaturänderung  
MPI-ESM LR

RCP 8.5



1986

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 [°C]



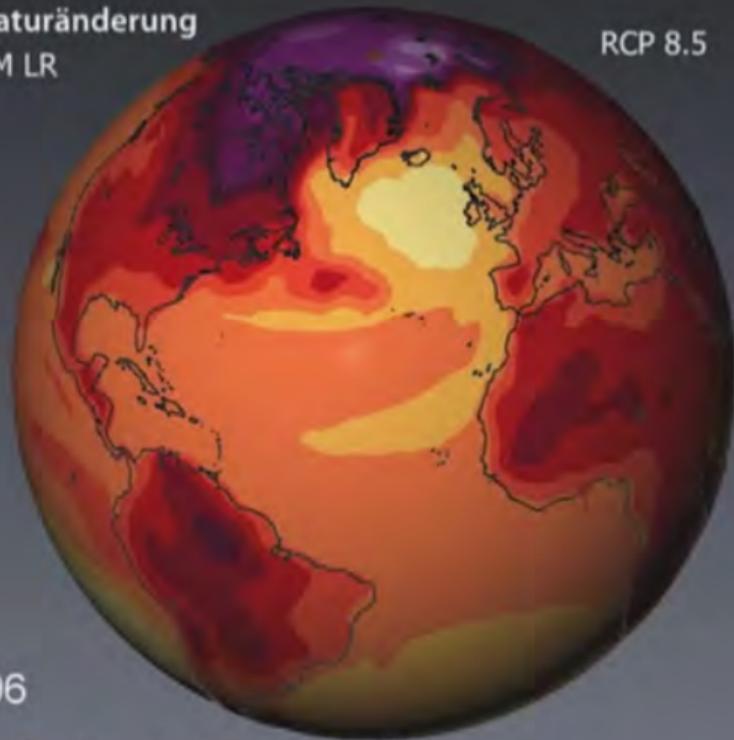
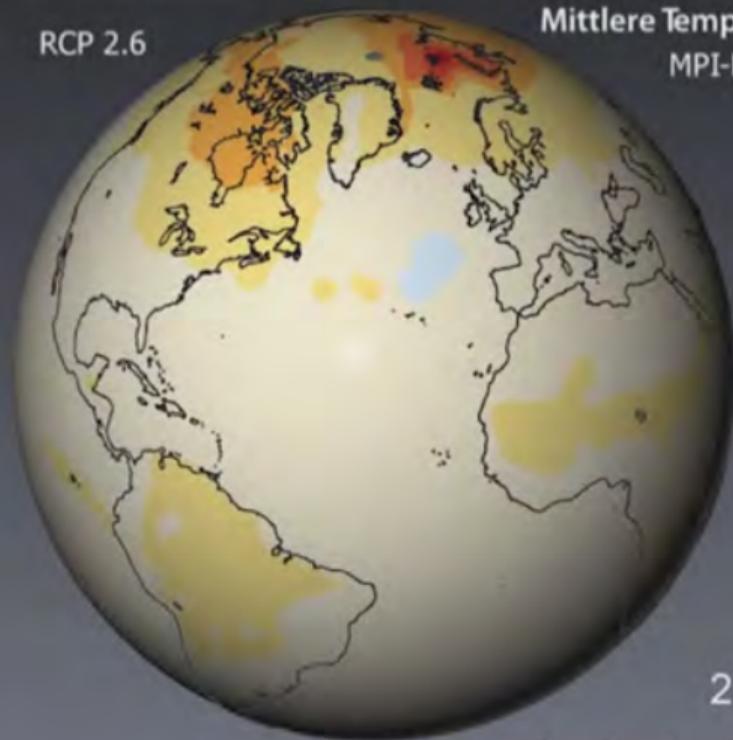
© DKRZ / MPI-M



RCP 2.6

Mittlere Temperaturänderung  
MPI-ESM LR

RCP 8.5



2096

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 [°C]



© DKRZ / MPI-M

- Das Klima der Erde erwärmt sich

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.
- Der derzeitige weltweite Jahresausstoß von CO<sub>2</sub> beträgt etwa 40 Gt.

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.
- Der derzeitige weltweite Jahresausstoß von CO<sub>2</sub> beträgt etwa 40 Gt.
- Um den Klimawandel zu stoppen, müssen wir die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Null reduzieren.

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.
- Der derzeitige weltweite Jahresausstoß von CO<sub>2</sub> beträgt etwa 40 Gt.
- Um den Klimawandel zu stoppen, müssen wir die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Null reduzieren.
- Das gilt für jedes Land, jede Region, jeden Sektor, jeden Menschen.

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.
- Der derzeitige weltweite Jahresausstoß von CO<sub>2</sub> beträgt etwa 40 Gt.
- Um den Klimawandel zu stoppen, müssen wir die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Null reduzieren.
- Das gilt für jedes Land, jede Region, jeden Sektor, jeden Menschen.
- Wie kann das gelingen?

# Zusammenfassung

- Das Klima der Erde erwärmt sich
- Die Klimaerwärmung wird schon in wenigen Jahrzehnten zu einem Klimazustand führen, dem der moderne Mensch noch nie ausgesetzt war
- Das 1.5 °C Ziel lässt sich nur erreichen, wenn zukünftige Netto-Emissionen deutlich unter 300 Gt CO<sub>2</sub> bleiben.
- Der derzeitige weltweite Jahresausstoß von CO<sub>2</sub> beträgt etwa 40 Gt.
- Um den Klimawandel zu stoppen, müssen wir die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Null reduzieren.
- Das gilt für jedes Land, jede Region, jeden Sektor, jeden Menschen.
- Wie kann das gelingen?

[dirk.notz@uni-hamburg.de](mailto:dirk.notz@uni-hamburg.de)