

Grünes Grönland?

Dr. Janin Schaffer

Greenland's ice sheet just lost 11 billion tons of ice -- in one day

By Mark Tutton, CNN

Updated 10:35 PM EDT, Thu August 15, 2019

= 4.4 Mio. Olympische Schwimmbecken



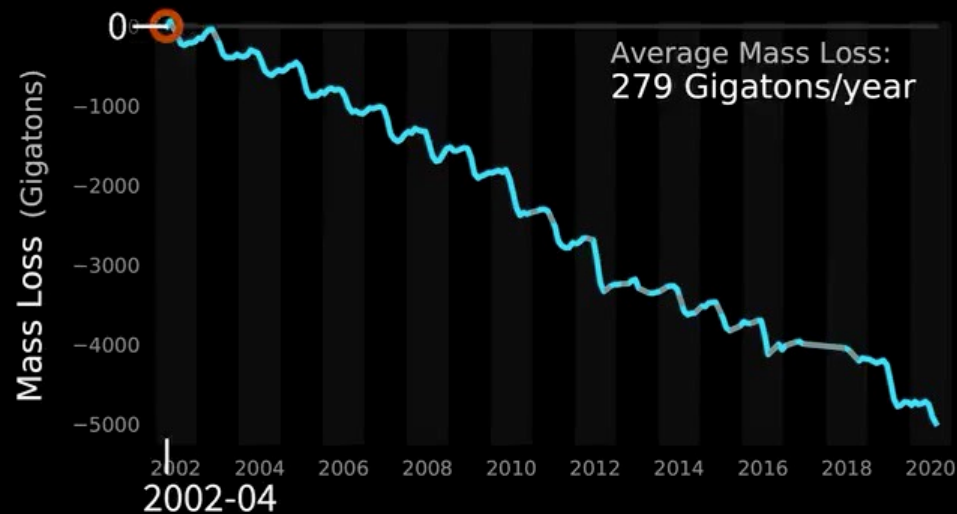
Outline

- Wie stark schmilzt der Eispanzer?!
- Wodurch taut es?
- Welche Rolle spielt der Ozean?
- Grünes Grönland?
- Der Meeresspiegel steigt!



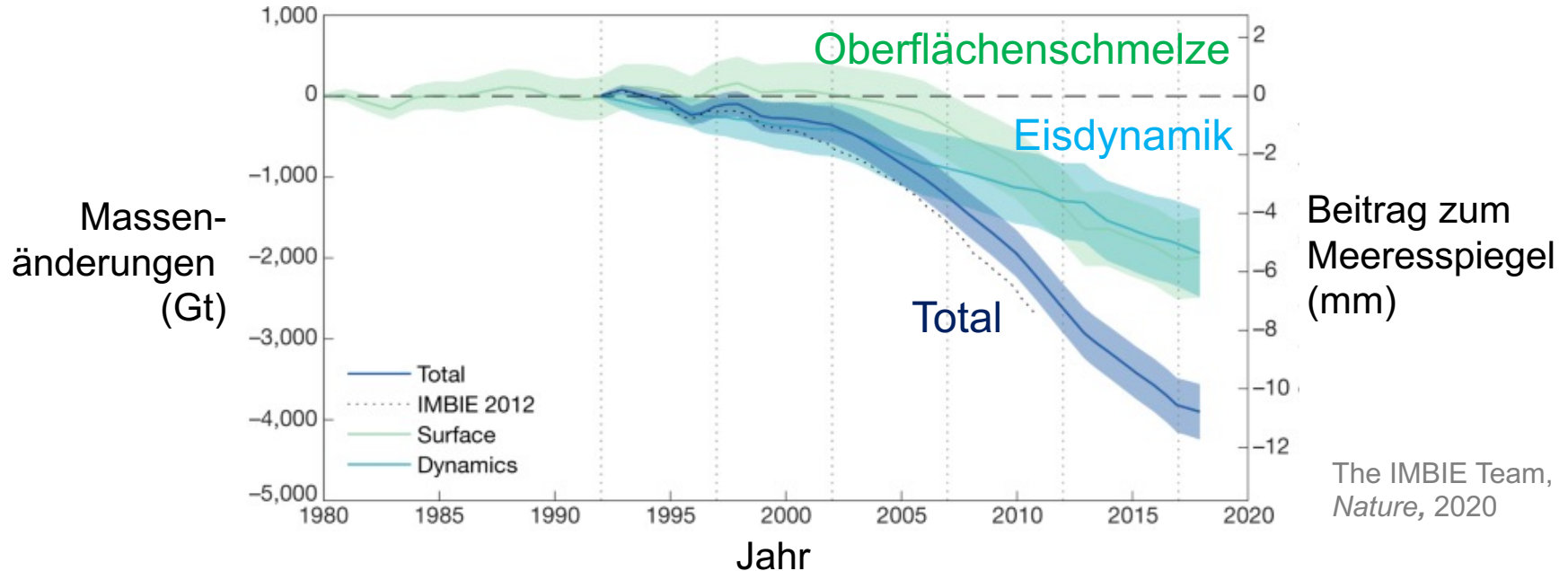
GRACE AND GRACE-FO

Observations of Greenland Ice Mass Changes



Der Eispanzer verliert an Masse

- Der Massenverlust hat sich seit den 1980er Jahren versechsfacht.



- Zwischen 1992 und 2018 hat Grönland 3902 ± 342 Mrd t Eis verloren, wodurch der mittlere Meeresspiegel um $10,8 \pm 0,9$ mm angestiegen ist.

Wodurch taut es?

Der Grönländische Eisschild verliert immer schneller an Masse.

- Anstieg der Oberflächenschmelze durch steigende Temperaturen

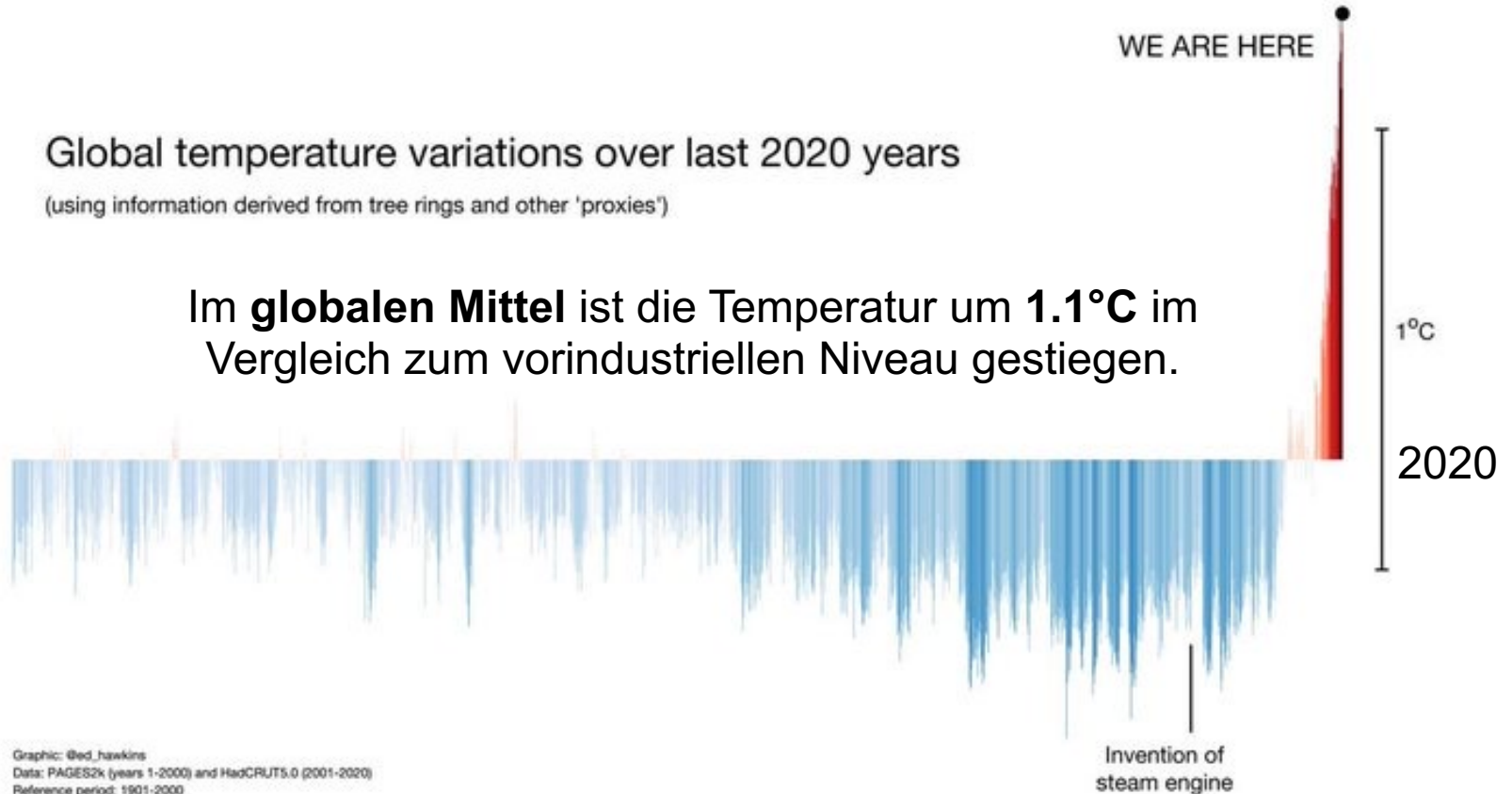


Die globale Erwärmung

Global temperature variations over last 2020 years
(using information derived from tree rings and other 'proxies')

Im **globalen Mittel** ist die Temperatur um **1.1°C** im Vergleich zum vorindustriellen Niveau gestiegen.

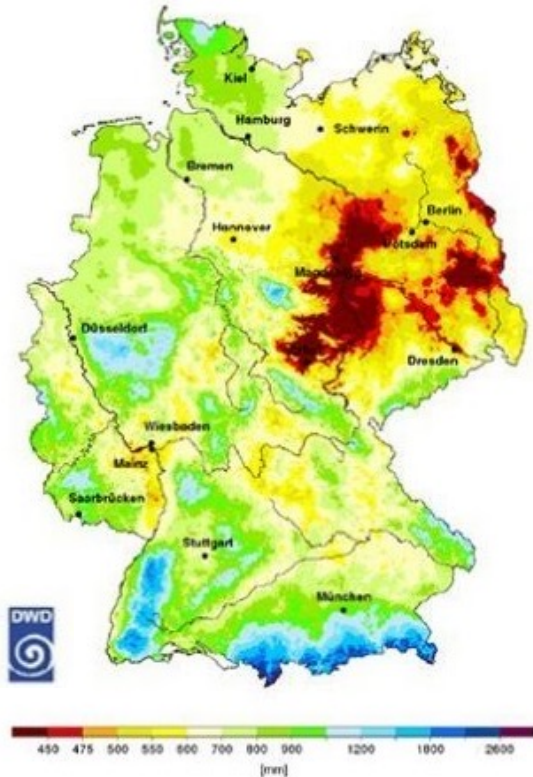
Jahr 0



Graphic: @ed_hawkins
Data: PAGES2k (years 1-2000) and HadCRUT5.0 (2001-2020)
Reference period: 1901-2000

© Ed Hawkins (Twitter)

Die globale Erwärmung – Auch bei uns?



Niederschlagshöhe in 2019 (mm)

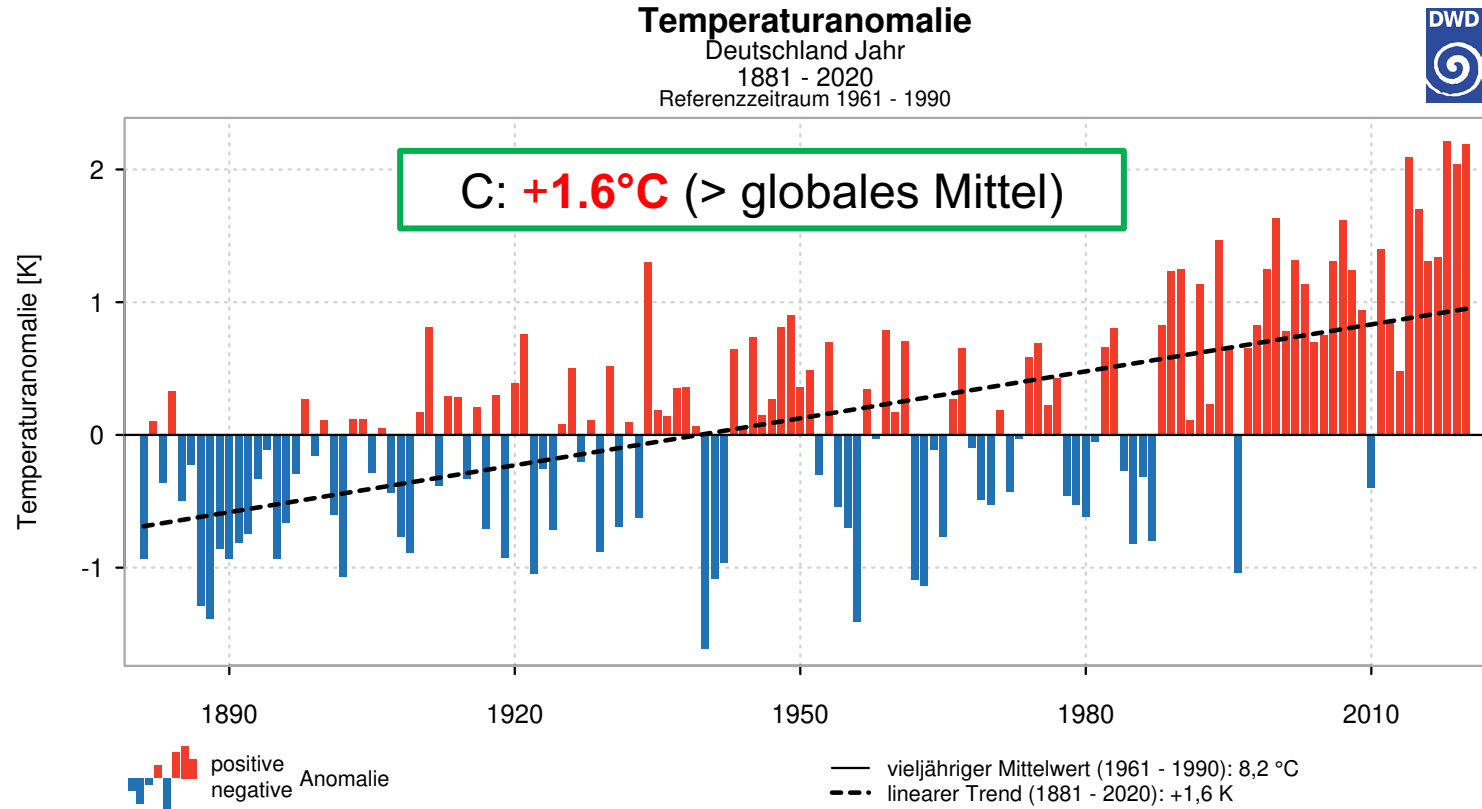
Wie stark sind die Temperaturen in **Deutschland** seit Beginn der Wetteraufzeichnungen (1880 - 2020) angestiegen?

A: + 0.6°C (< globales Mittel)

B: + 1.1°C ($\cong$ globales Mittel)

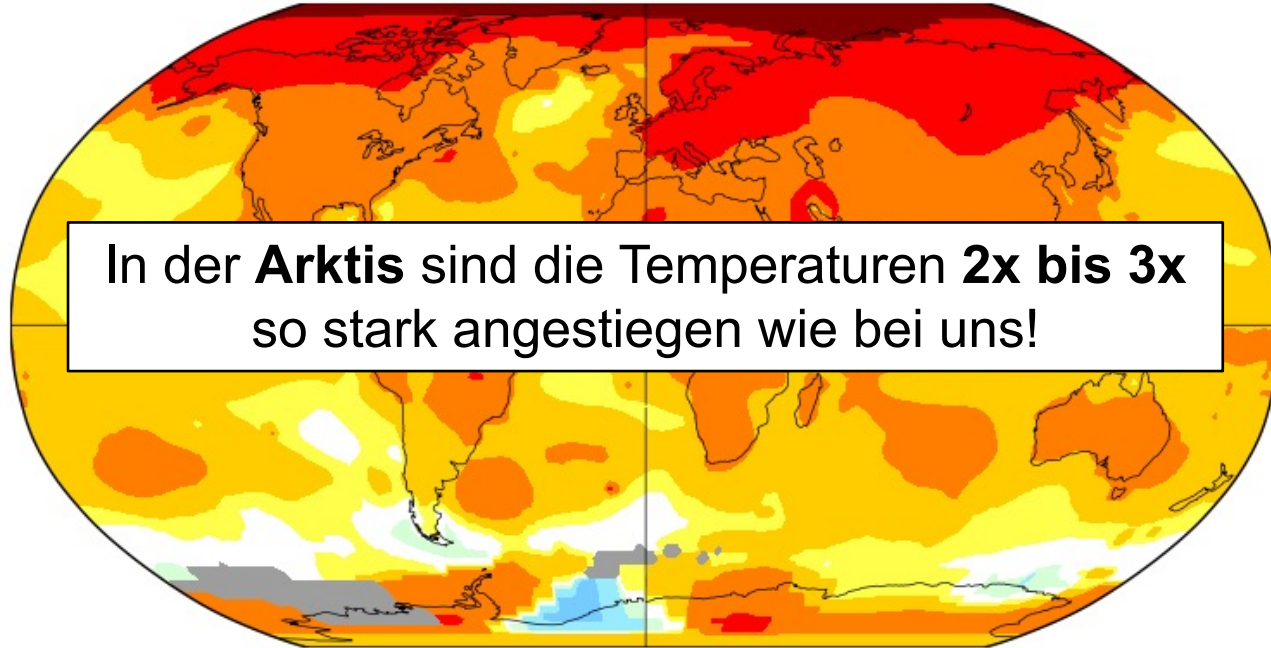
C: + 1.6°C (> globales Mittel)

Die globale Erwärmung – Auch bei uns?

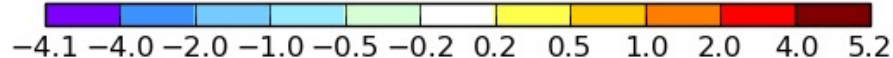


Klimawandel in der Arktis

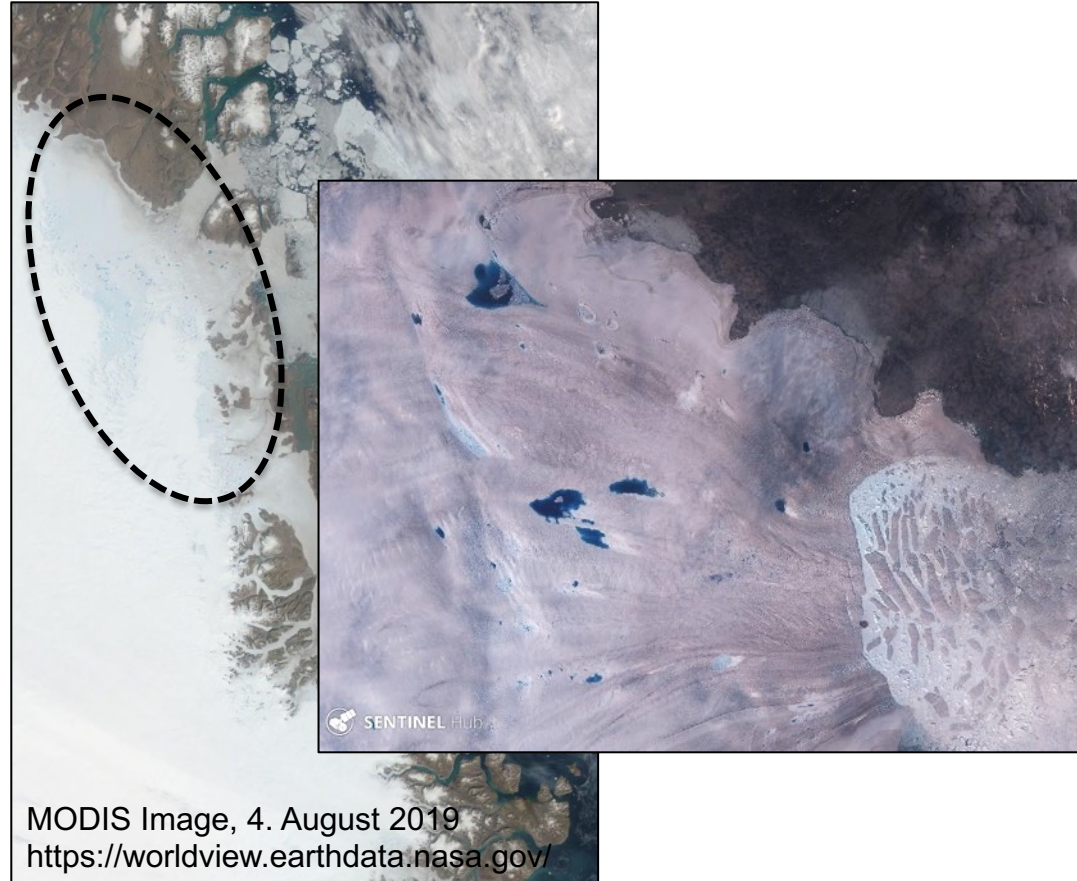
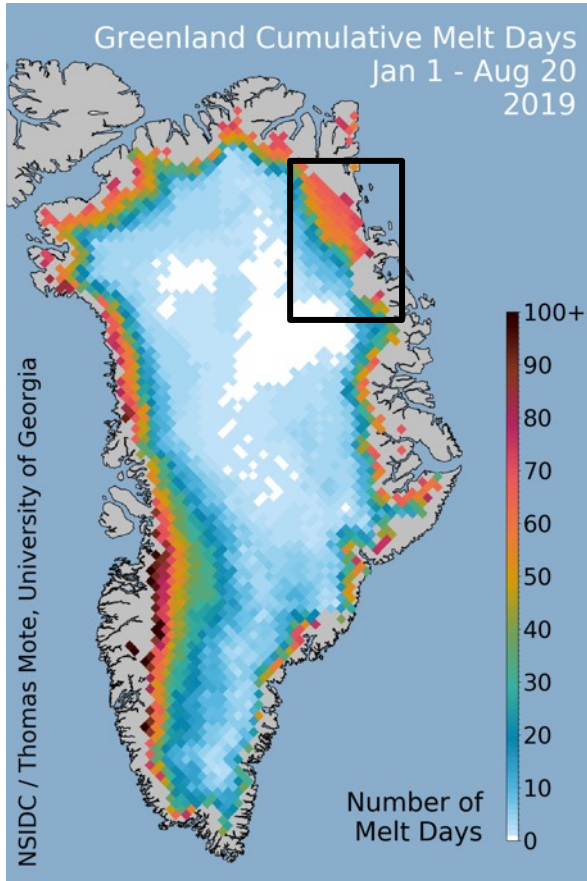
Vergleich der mittleren Lufttemperaturen von
1960 und 2020



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



Oberflächenschmelze

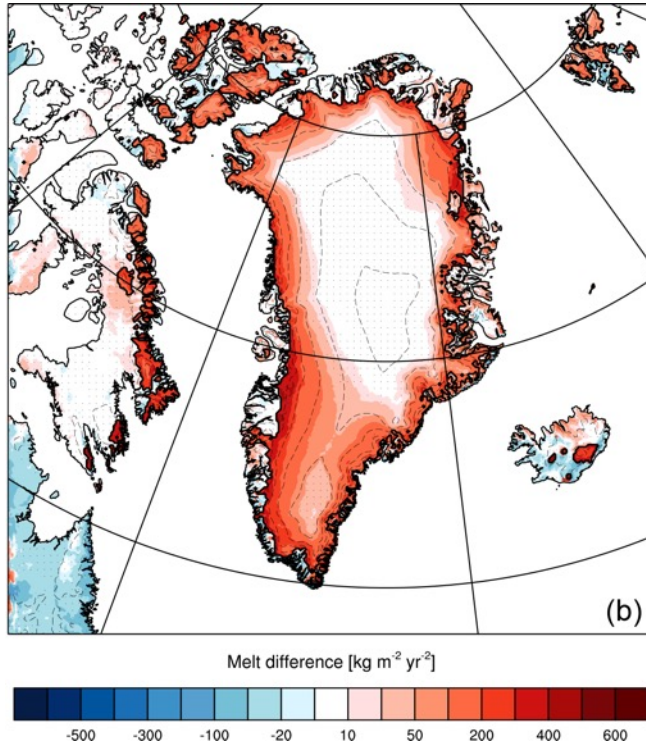


Oberflächenschmelze



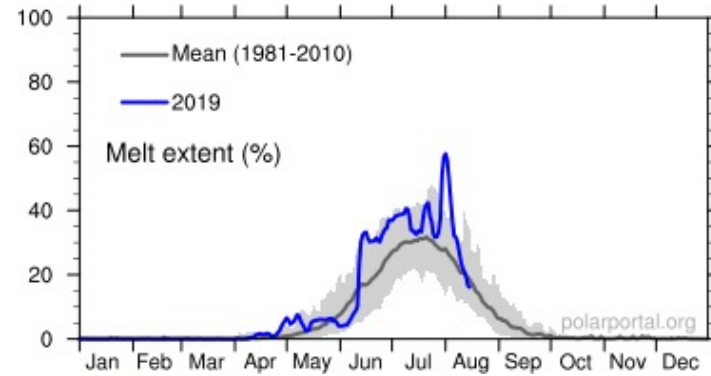
Oberflächenschmelze

1991–2015 minus
1961–1990 difference

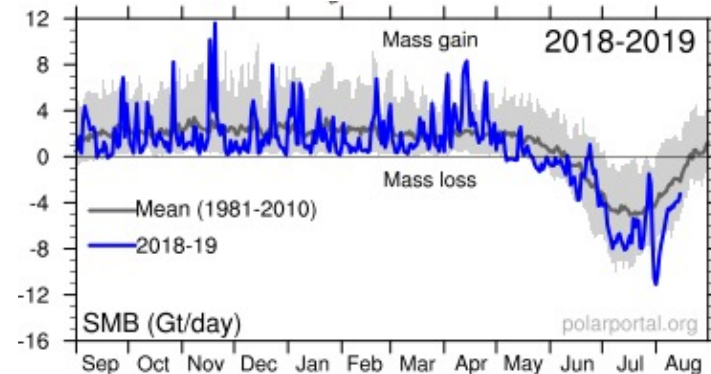


Van den Broecke et al. 2016, The Cryosphere

Schmelzflächenanteil



Oberflächenmassenbilanz



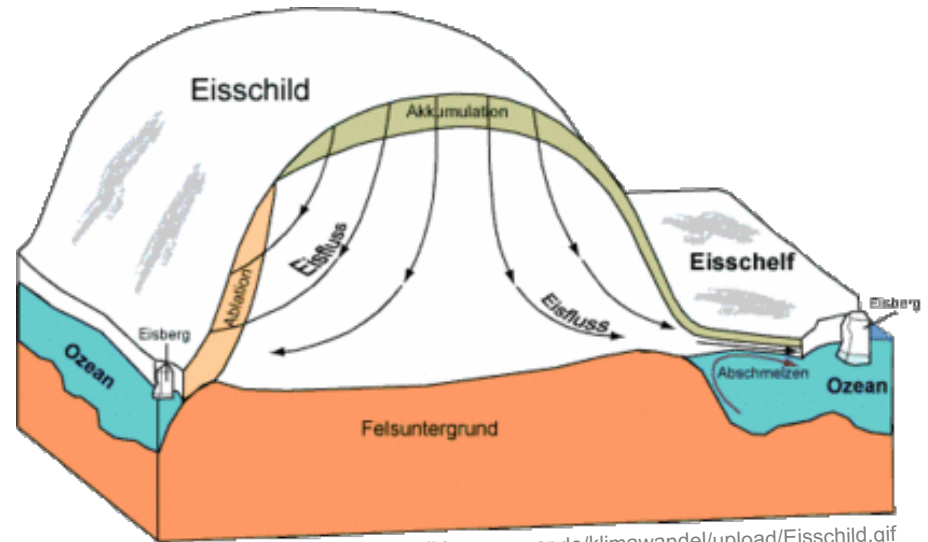
Gewinn

Verlust



Wodurch taut es?

- Anstieg des Abflusses von Festeis



<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/upload/Eisschild.gif>



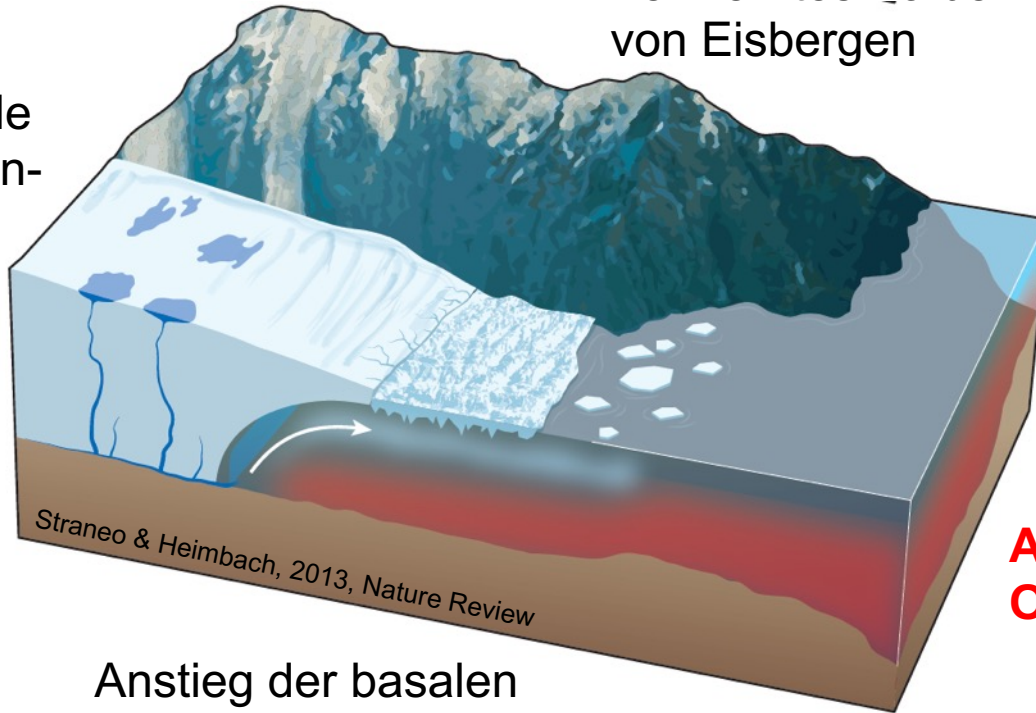
Warum fließt mehr Eis ab?

Ansteigende Lufttemperaturen

Vermehrtes Kalben
von Eisbergen

Ansteigende
Oberflächen-
schmelze

Erhöhter
subglazialer
Abfluss



Anstieg der basalen
Schmelzraten

Anstieg des Frischwasser-
eintrages in den Ozean



Abnahme der
Meereisbedeckung

**Ansteigende
Ozeantemperaturen**

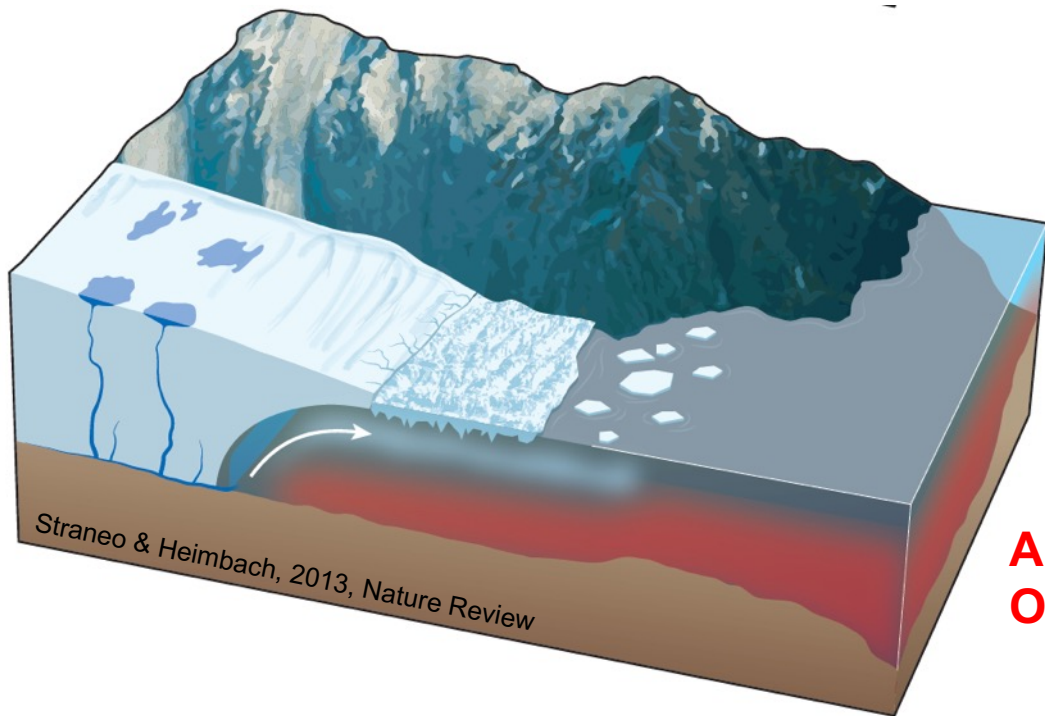
Warum fließt mehr Eis ab?

Ansteigende Lufttemperaturen

Abnahme der
Gletscherdicke

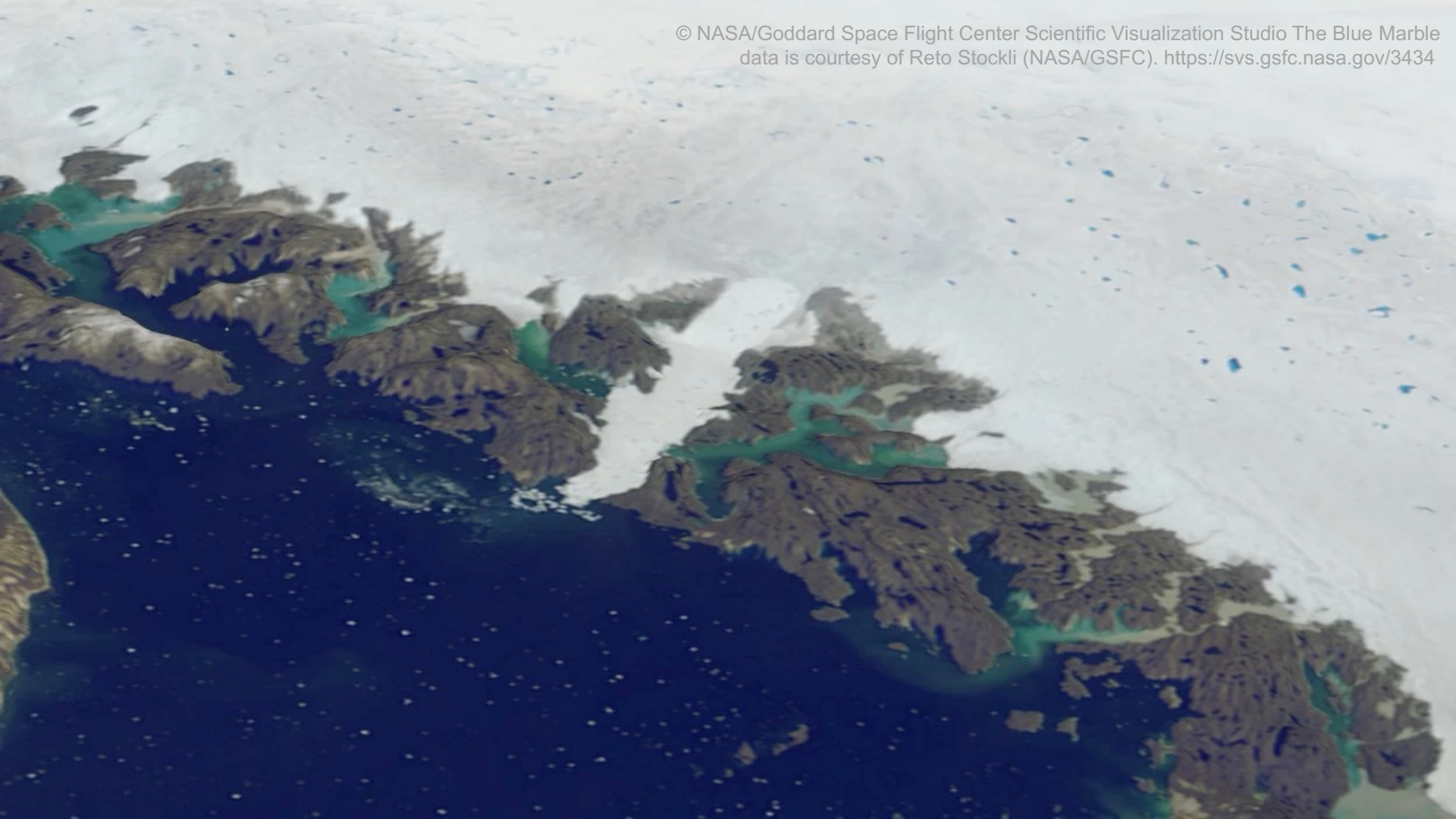
Erhöhung der
Fließgeschwin-
digkeiten

Rückzug der
Aufsetzlinie



Ansteigende
Ozeantemperaturen

➤ Erhöhter Eisabfluss



Gletscherfließgeschwindigkeiten

Wie hoch sind die schnellsten Fließgeschwindigkeiten, die beim Grönländischen Gletscher „Jakobshavn Isbræ“ im Sommer 2012 gemessen wurden?

A: 6 m / Tag

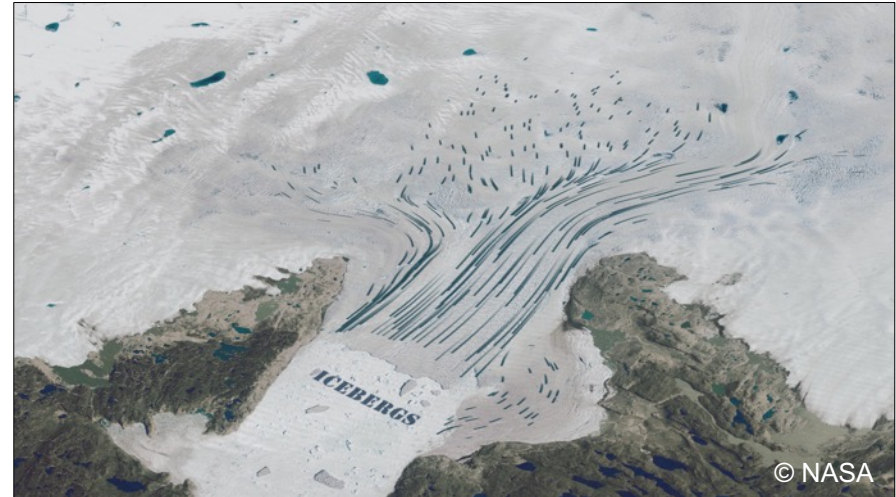
($\cong 25$ cm/h bzw. $\cong 2$ km/Jahr)

B: 26 m / Tag

($\cong 1,1$ m/h bzw. $\cong 9$ km/Jahr)

C: 46 m / Tag

($\cong 1,9$ m/h bzw. $\cong 17$ km/Jahr)



[illegible]

An aerial photograph of a glacier system. A large, irregularly shaped area of the glacier is labeled 'ICEBERGS' in bold, black, capital letters. This area is characterized by numerous small, dark, vertical lines, likely representing icebergs or ice fragments. The glacier flows from the top of the frame towards the bottom, where it meets a body of water. The surrounding terrain is rugged and rocky, with patches of snow and ice.



Ozeanerwärmung



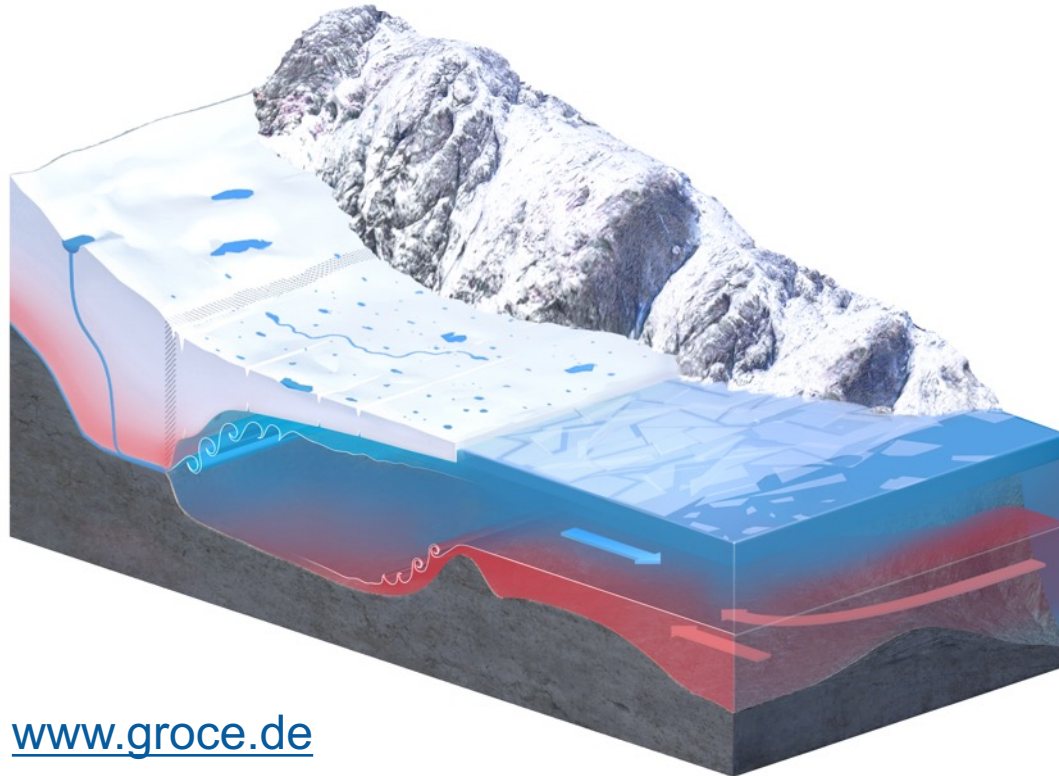
adapted from Straneo and Heimbach, Nature, 2013



Mein Spezialgebiet

GROCE

Ozean-Gletscher-Wechselwirkung

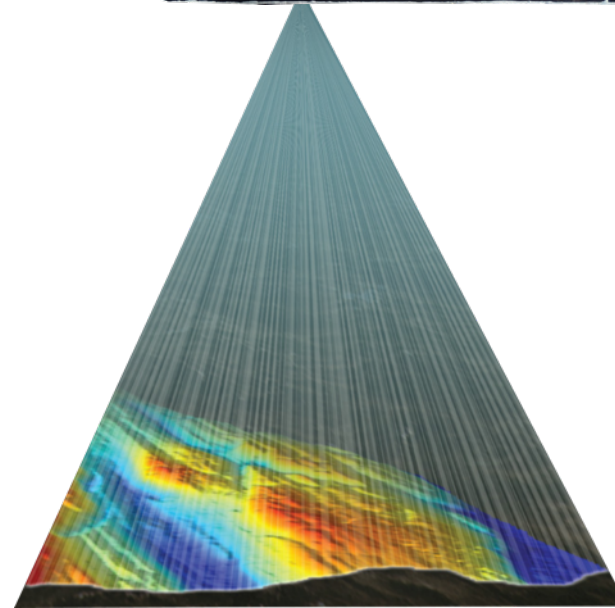
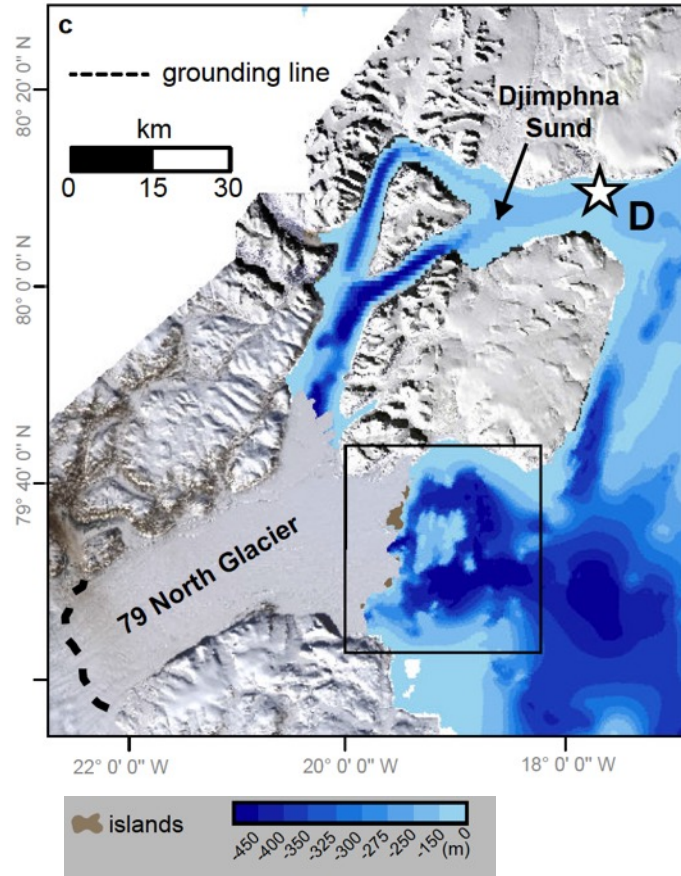


www.groce.de



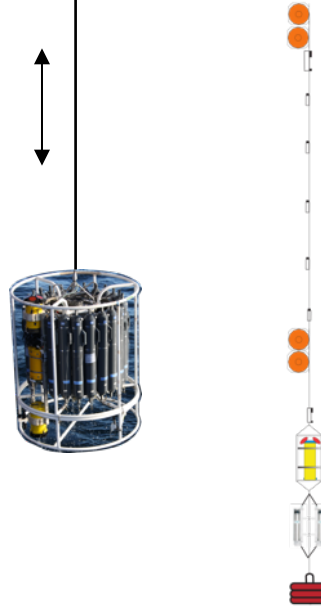
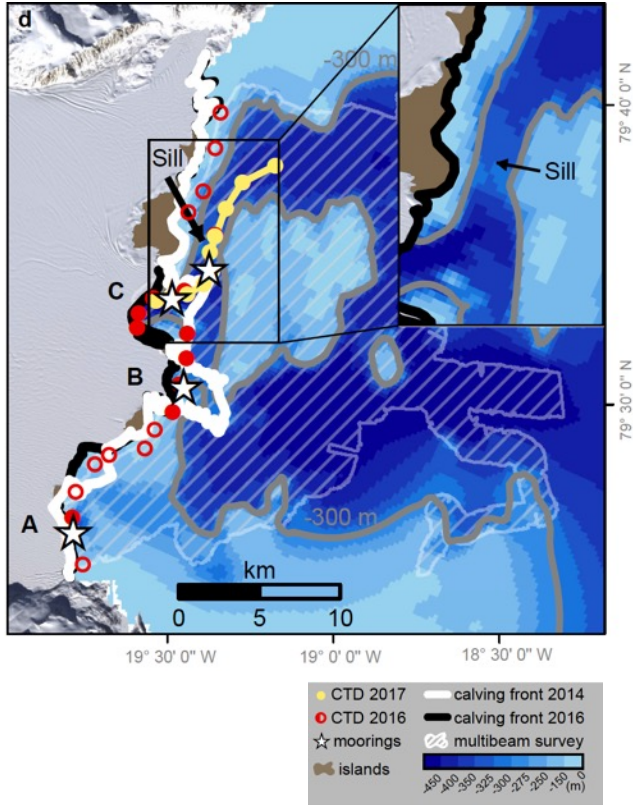
Wie tief ist der Ozeanboden?

Schaffer et al., Nat. Geosci., 2020



Messstationen: CTDs & Verankerungen

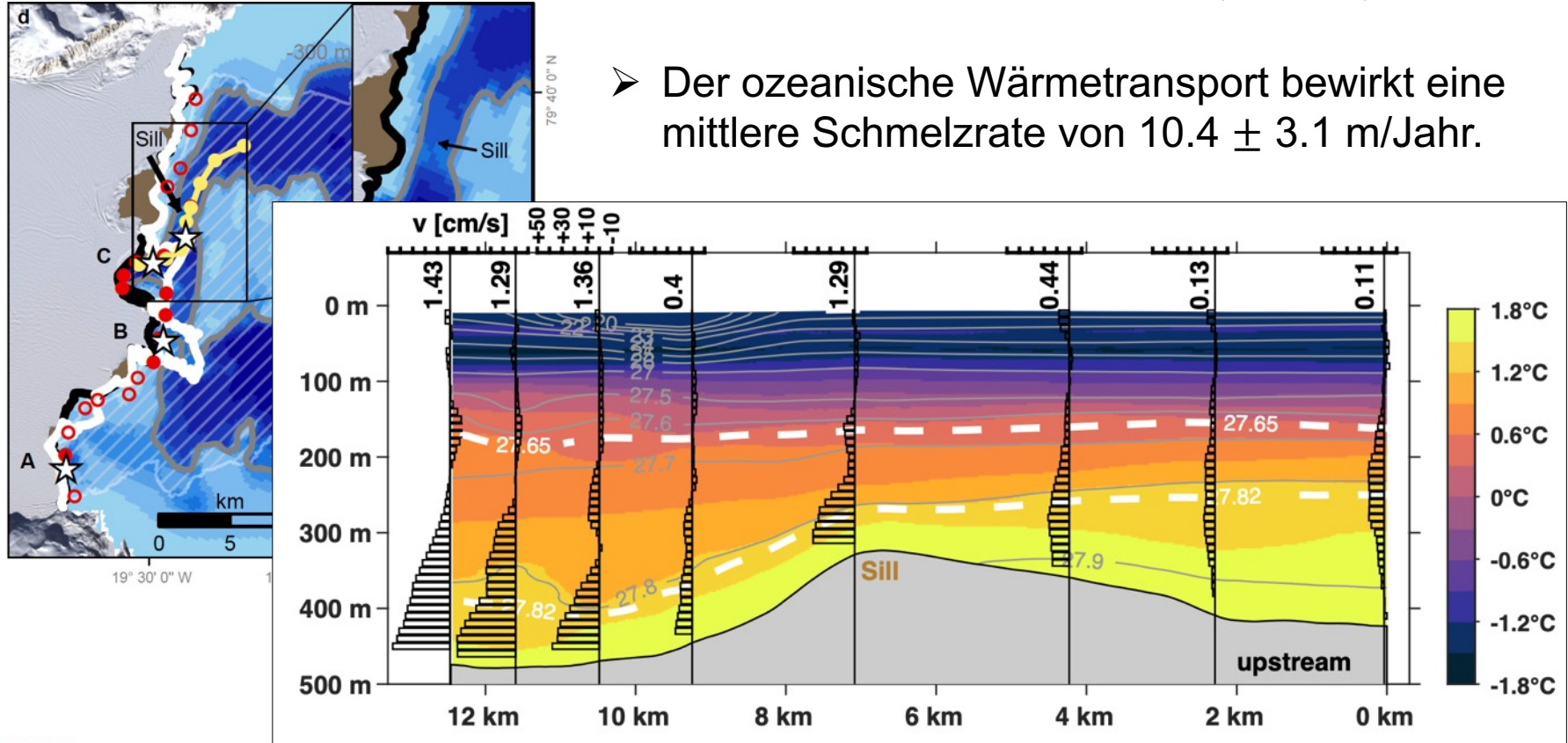
Schaffer et al., Nat. Geosci., 2020



Temperaturen, Salzgehalte & Strömungen

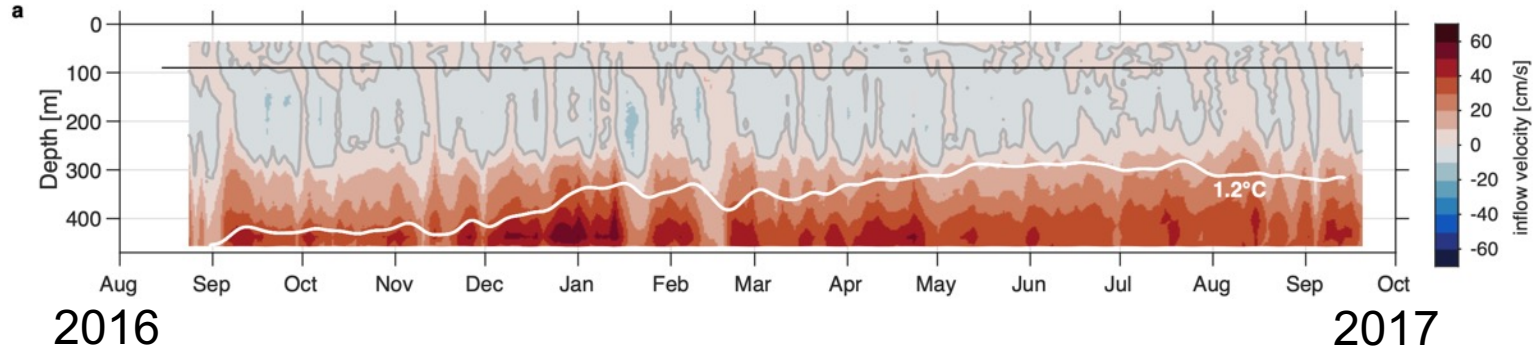
Schaffer et al., Nat. Geosci., 2020

- Der ozeanische Wärmetransport bewirkt eine mittlere Schmelzrate von 10.4 ± 3.1 m/Jahr.



Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten

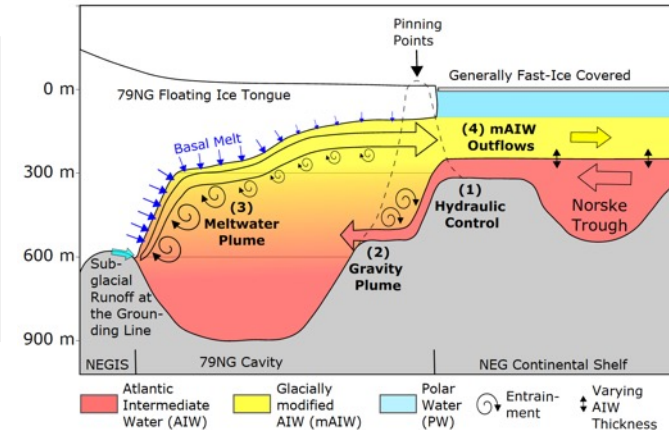
Schaffer et al., Nat. Geosci., 2020



nature geoscience **ARTICLES**
<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0529-x>

Bathymetry constrains ocean heat supply to Greenland's largest glacier tongue

Janin Schaffer^{1*}, Torsten Kanzow^{1,2}, Wilken-Jon von Appen¹, Luisa von Albedyll¹, Jan Erik Arndt¹ and David H. Roberts³



Mythos: Expedition = Kreuzfahrt?



Grünes Grönland?

Haben wir den *Tipping point* überschritten?



 International edition -

Greenland ice sheet on brink of major tipping point, says study

Scientists say ice equivalent to 1-2 metres of sea level rise is probably already doomed to melt

Damian Carrington
Environment editor
@dpcarrington
Mon 17 May 2021 20:00 BST

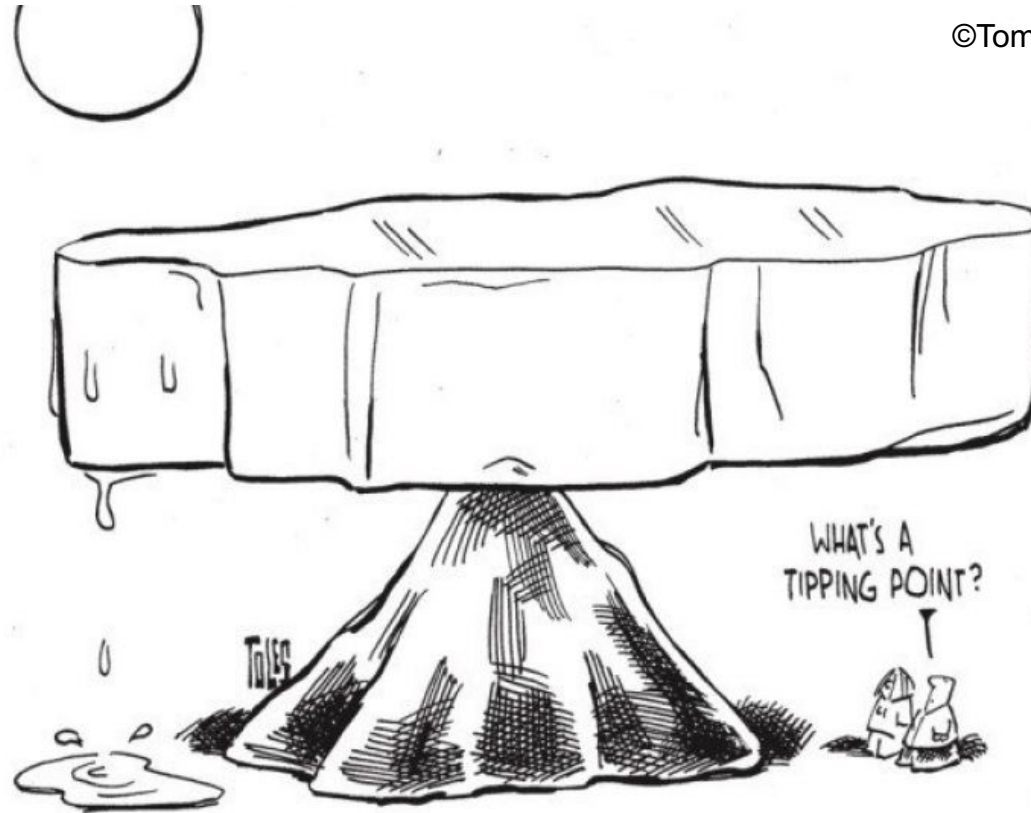
  



▲ If the Greenland ice sheet were to melt completely, sea levels would eventually rise by about 7 metres.
Photograph: Jason Briner/University at Buffalo/PA

Was bedeutet „tipping point“?

©Tom Toles



Was bedeutet „tipping point“?

RAISING THE ALARM

Evidence that tipping points are under way has mounted in the past decade. Domino effects have also been proposed.



A. Amazon rainforest
Frequent droughts

B. Arctic sea ice
Reduction in area

C. Atlantic circulation
In slowdown since 1950s

D. Boreal forest
Fires and pests changing

E. Coral reefs
Large-scale die-offs

F. Greenland ice sheet
Ice loss accelerating

H. Permafrost
Thawing

I. West Antarctic ice sheet
Ice loss accelerating

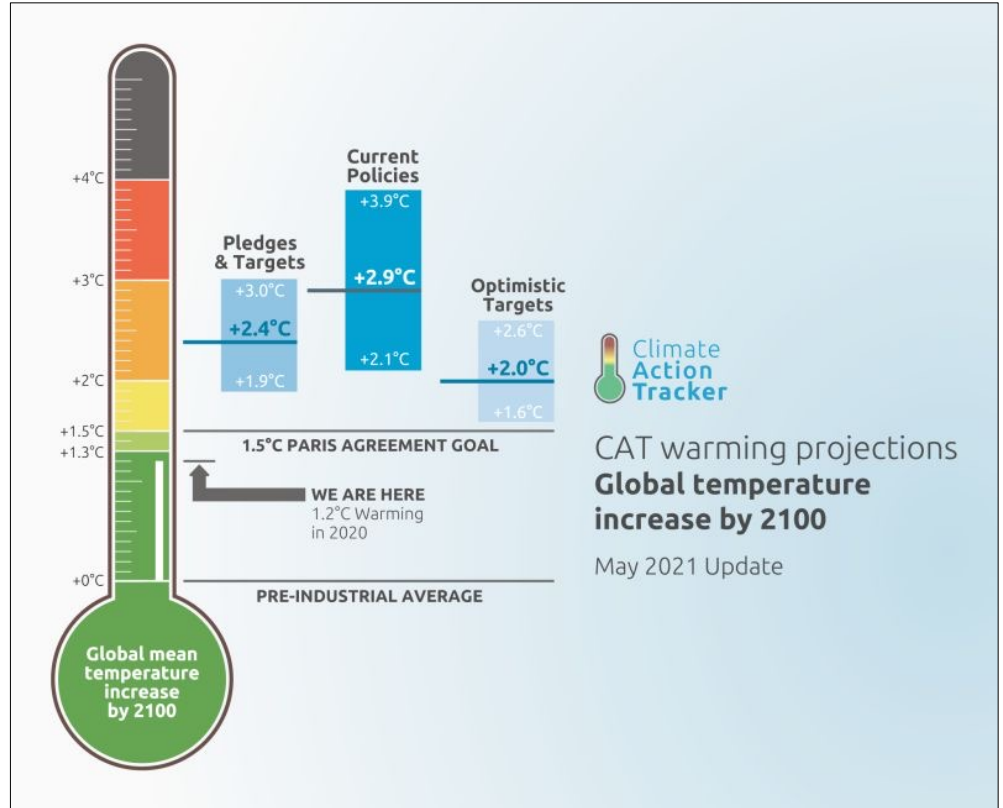
J. Wilkes Basin, East Antarctica
Ice loss accelerating

Boers et al., PNAS, 2021:

Critical slowing down suggests that the western Greenland Ice Sheet is close to a tipping point

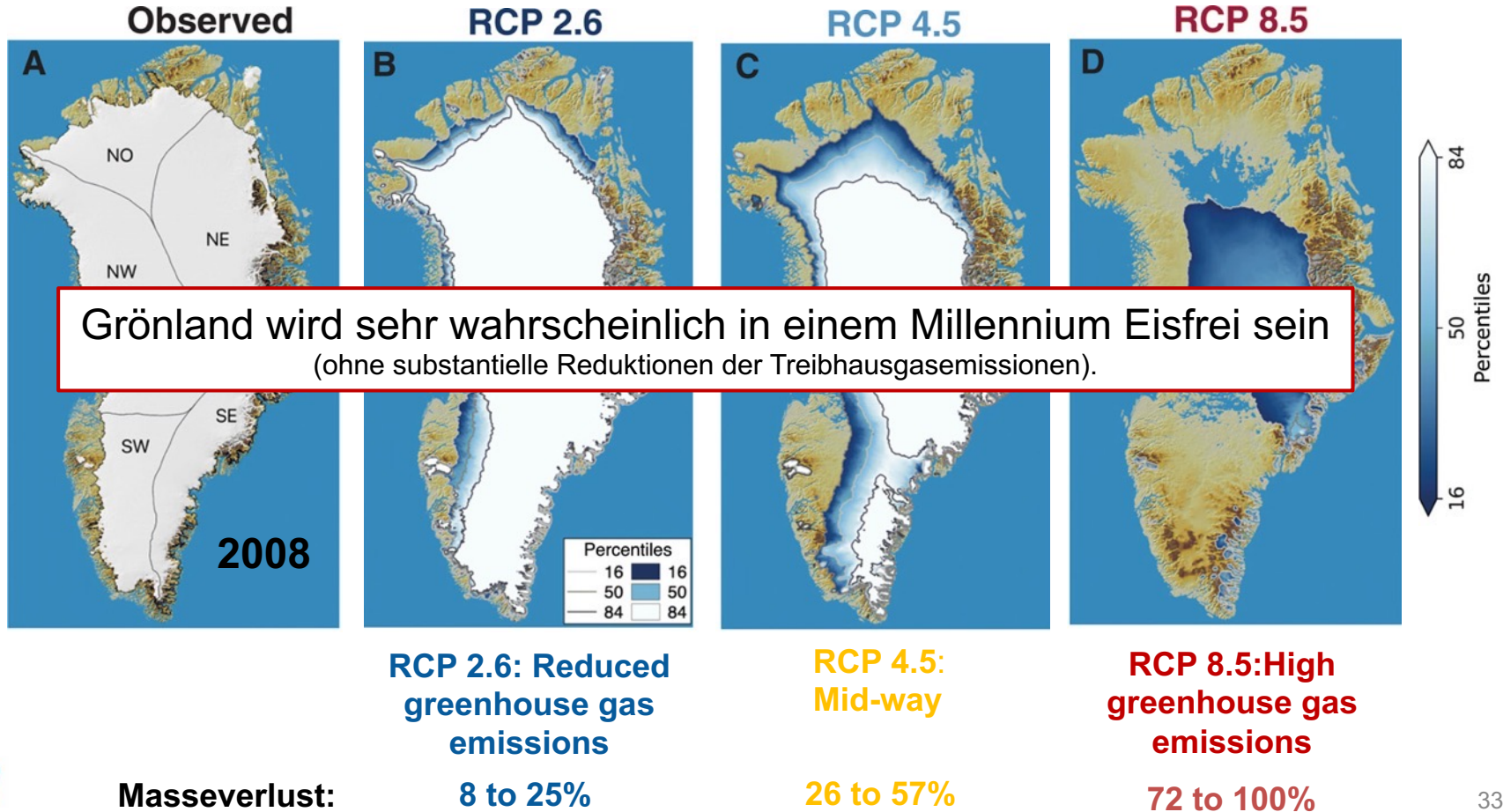
- Modelle sagen **kritische Temperaturschwelle** voraus, jenseits derer der aktuelle Zustand des Eisschildes nicht mehr aufrechterhalten werden kann.
- Die Stabilität des Eisschildes hängt entscheidend von der positiven **Schmelzhöhenrückkopplung** ab.
- Der **zentral-westliche** Eisschild steht kurz vor einem kritischen Übergang.

Wann ist Grönland grün?



Grönland im Jahr 3000

Aschwanden, et al., Science Advances, 2019





Der Meeresspiegel steigt

Wie stark würde der Meeresspiegel steigen, wenn der komplette Grönländische Eispanzer schmilzt?

A: 70 cm

B: 7 m

C: 17 m



Der Meeresspiegel steigt

Wie stark würde der Meeresspiegel steigen, wenn der komplette Grönländische Eispanzer schmilzt?

A: 70 cm

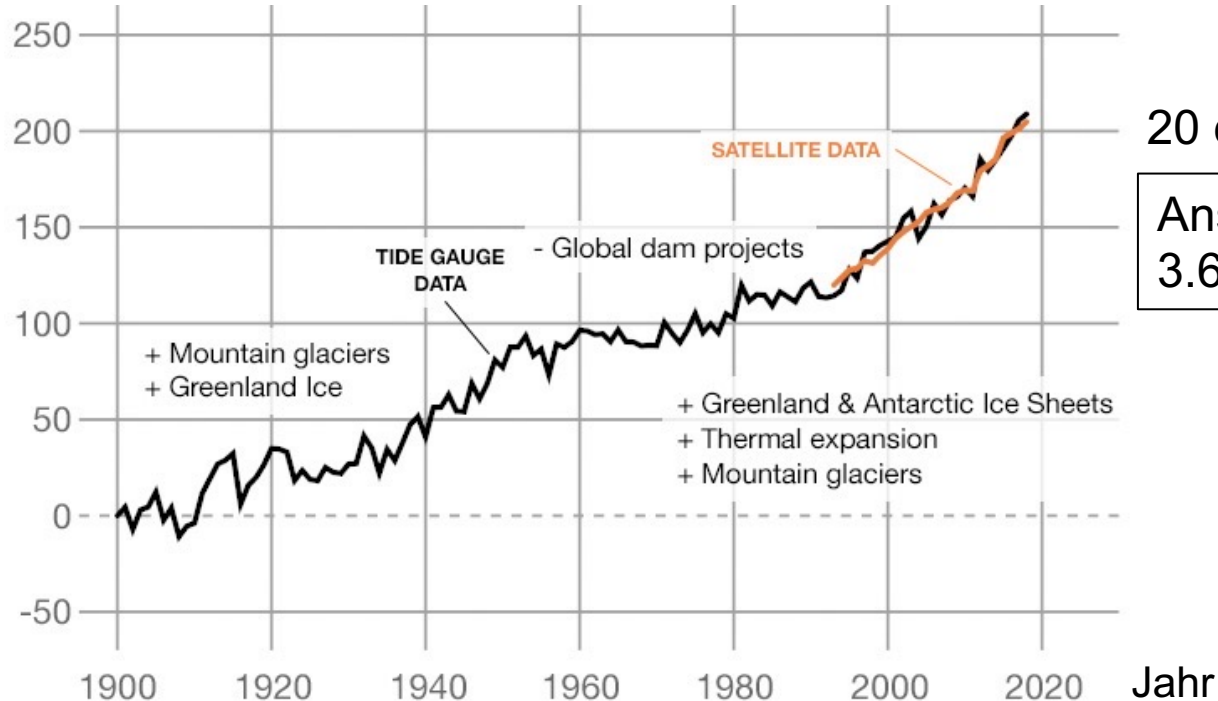
B: 7 m

C: 17 m

Der Meeresspiegel steigt

© NASA's Goddard Space Flight Center/PO.DAAC

Meeresspiegel-
änderung (mm)



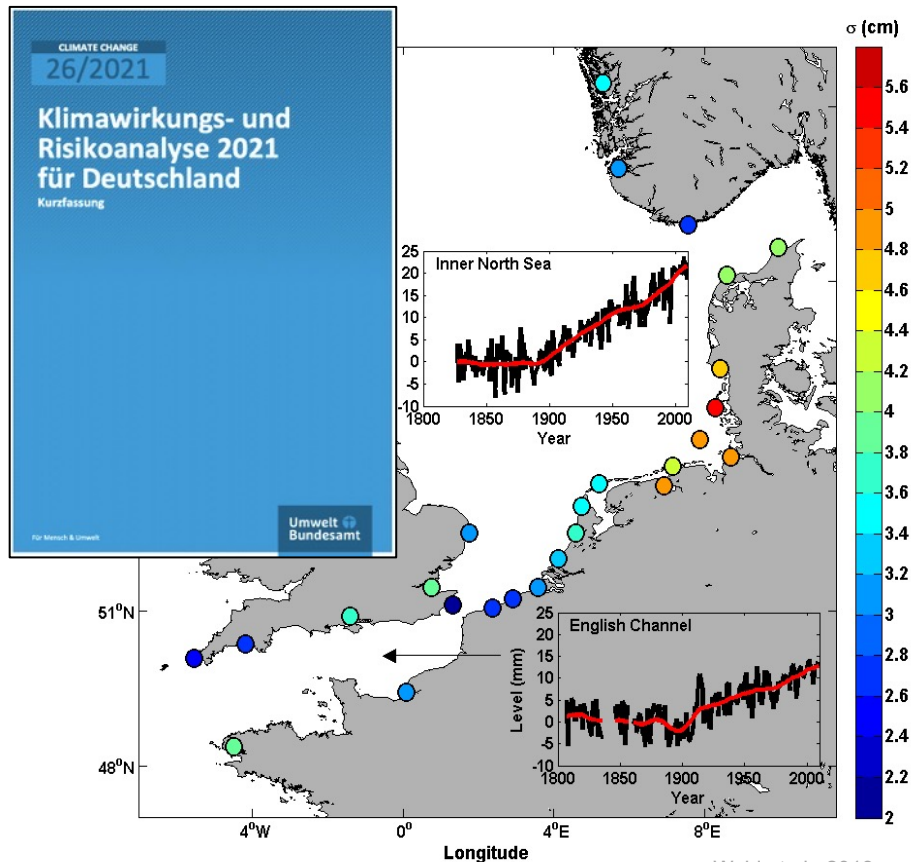
20 cm

Anstiegsrate:
3.6 mm/Jahr

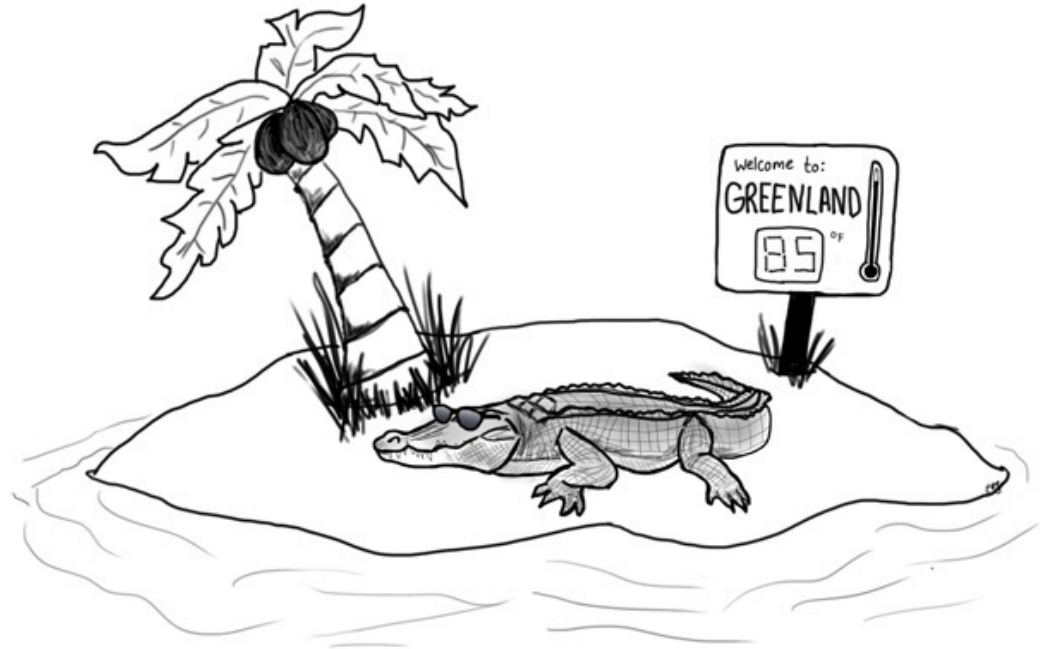
- Der Eisverlust Grönlands trägt etwa $\frac{1}{4}$ zum derzeitigen Meeresspiegelanstieg bei.



Und was geht uns das an?



War Grönland grün?



56 million years ago

Cartoon by Emily Greenhalgh, NOAA Climate.gov.

War Grönland grün?



- Der Grönländische Eisschild ist mind. 400.000 bis 800.000 Jahre alt.
- Grönland war nicht grün als es so benannt wurde (vor ca. 1000 Jahren)

Take home messages



Der Grönländische Eisschild verliert immer schneller an Masse durch:

- Anstieg der Oberflächenschmelze durch steigende Temperaturen
- Anstieg des Abflusses von Festeis

Das Abtauen Grönlands trägt derzeit $\frac{1}{4}$ zum Meeresspiegelanstieg bei.

Der zentral-westliche Teil des Grönländischen Eisschildes steht kurz vor einem „tipping point“.



Klimastreik

Die Anliegen der demonstrierenden jungen Menschen sind berechtigt.

Die derzeitigen Maßnahmen zum Klima-, Arten, Wald, Meeres- und Bodenschutz reichen bei weitem nicht aus.

© Christian Rohleder



