

# Die Bedeutungslosigkeit des Eismassen-Verlustes in Grönland in fünf einfachen Graphiken...

geschrieben von Chris Frey | 12. Februar 2020

## Introduction

Es herrscht ein allgemeiner wissenschaftlicher Konsens, dass der grönländische Eisschild (GrIS) seit der Kleinen Eiszeit (LIA) an Eismasse eingebüßt hat. Dies sollte keine Überraschung sein, war doch die LIA höchstwahrscheinlich die kälteste Klima-Episode im Holozän. Obwohl es inzwischen so aussieht, als hätte der GrIS während der Krise der globalen Abkühlung zur Mitte des vorigen Jahrhunderts an Eismasse zugelegt.

Mouginot et al. (2019) zufolge wuchs der GrIS von 1972 bis 1980 um im Mittel  $47 \pm 21$  Gigatonnen pro Jahr:

- $-51 \pm 17$  Gt/y von 1980–1990
- $-41 \pm 17$  Gt/y von 1990–2000
- $-187 \pm 17$  Gt/y von 2000–2010
- $-286 \pm 20$  Gt/y von 2010–2018

Der vermeintliche Eisverlust wurde getrieben durch

- Eine starke Abnahme der Oberflächen-Massenbilanz von 1995 bis 2012
- Eine Zunahme kalbender Eisberge und anderer Wechselwirkungen mit dem Ozean

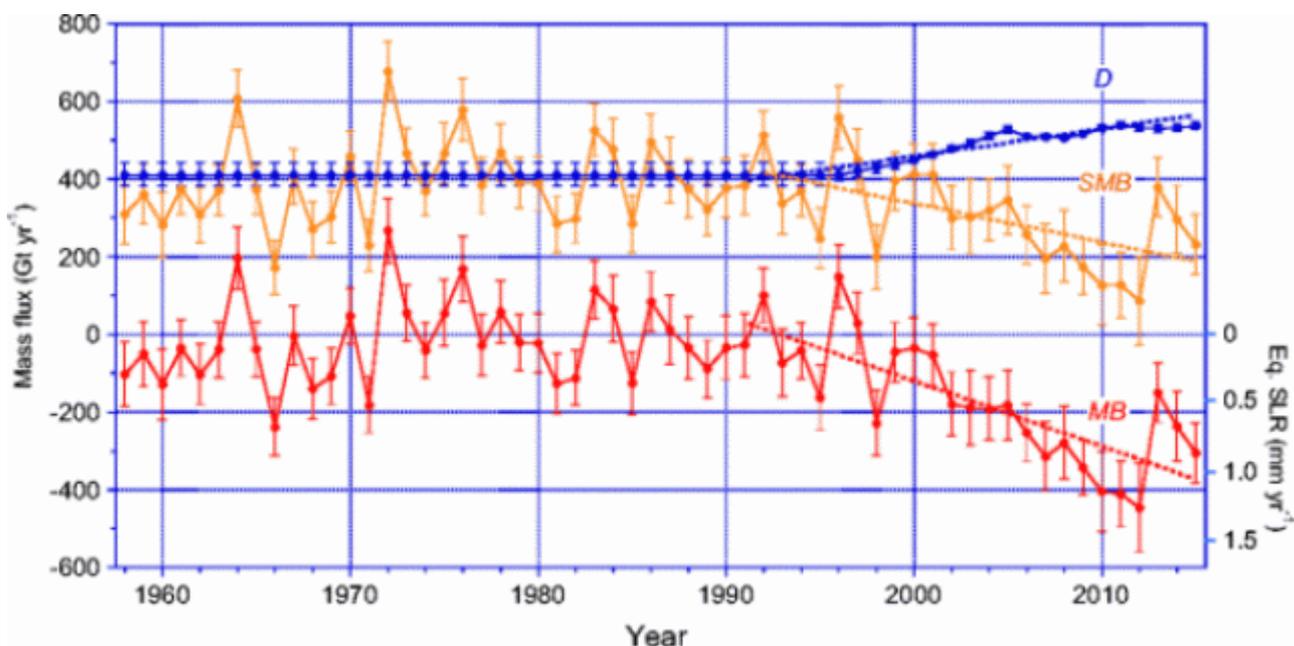


Abbildung 1: D = Eisberge und andere Ozean-Wechselwirkungen, SMB = Oberflächen-Massenbilanz (Schnee-Akkumulation minus Abschmelzen), MB = Gesamt-Massenbilanz (Van den Broeke et al. (2017))

Der SMB war so hoch, dass er während der Jahre 2007 und 2012 negativ gewesen sein könnte. Der größte Teil des Eises geht in Gestalt abbrechender Eisberge verloren. Merkwürdig daran ist aber, dass abgesehen von einer Spitze der Eisberg-Aktivität während der 1990er Jahre diese derzeit nicht sehr viel anders aussieht als im Zeitraum 1900 bis 1950.

### **Internationale Eisberg Zählungen von 1900 bis 2011**

Donald L. Murphy

#### **Introduction**

*In jedem Jahr schätzt die International Ice Patrol (IIP) die Anzahl der Eisberge, die es bis südlich von 48°N schaffen, also bis zu der Breite, in welcher sie eine Bedrohung der Schifffahrt im Nordatlantik darstellen. Der Datensatz (Tabelle 1) beginnt im Jahre 1900, also 12 Jahre vor dem Sinken der Titanic, bis zur Gegenwart.*

*Aus verschiedenen Gründen sind diese Eisberg-Zählungen kein rigoroser wissenschaftlicher Datensatz und sollten mit großer Vorsicht interpretiert werden. Zum Beispiel konzentrieren sich die Operationen der IIP auf die Eisberge, welche transatlantischen Schifffahrtswegen am nächsten kommen. Nur selten wird aber eine umfassende Übersicht über das Gebiet südlich von 48°N durchgeführt. Außerdem haben sich die Beobachtungsverfahren über die Jahre radikal geändert, nämlich immer dann, wenn neue Technologien zur Erkennung und Verfolgung von Eisbergen verfügbar wurden. Die frühesten Daten zu Beginn des 20. Jahrhunderts stammen von Augenbeobachtungen von Segelschiffen aus, während die jüngsten Informationen durch visuelle und Radarbeobachtungen stammen, durchgeführt von modernen Schiffen, Flugzeugen und Satelliten.*

(...)

#### **Diskussion**

*In den 112 Jahre langen Zählungen der IIP zeigt sich eine erhebliche Variabilität (siehe die Abbildung unten und Tabelle 1 (PDF; öffnet in einem neuen Fenster) und zeigt die mittlere geschätzte Zahl von Eisbergen, die es bis südlich von 48°N geschafft haben. Die höchste Zahl (2202) war im Jahre 1984 aufgetreten, während zwei mal im betrachteten Zeitraum, nämlich 1966 und 2006, kein einziger Eisberg so weit nach Süden vorangekommen war. Fünf mal in der IIP-Historie schaffte es mindestens ein Eisberg so weit nach Süden: 1915, 1919 bis 1921 und 1985. April und Mai sind bei Weitem die Monate mit den meisten Eisbergen, die Schifffahrtsrouten beeinträchtigen.*

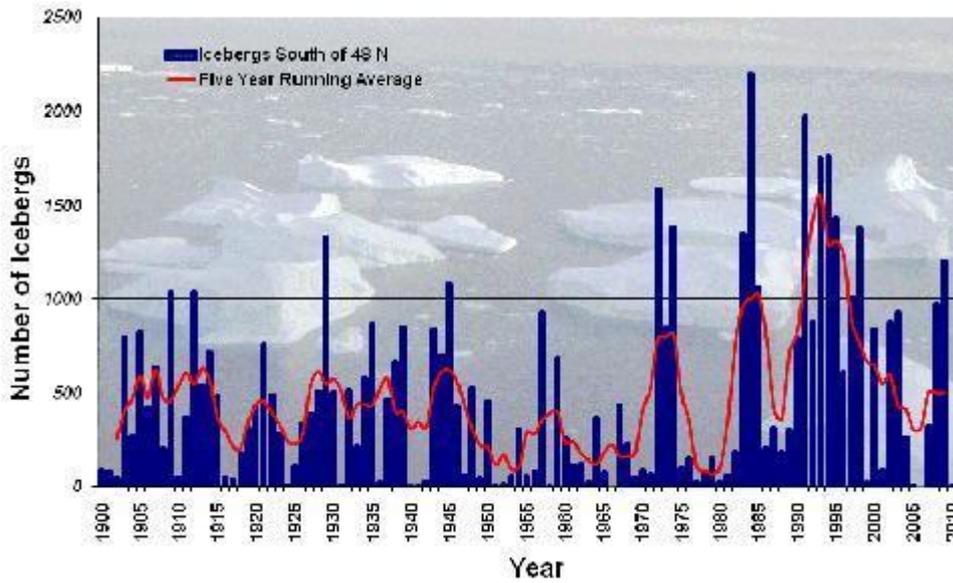


Abbildung 2: Eisberge südlich von 48°N von 1911 bis 2011 (US-Küstenwache)

Es ist mir gelungen, detaillierte Daten zu Eisbergen auf der Website des *Snow and Ice Data Center* zu finden. Damit habe ich den Plot der Küstenwache bis zum Jahr 2019 verlängert.

### Graphik Nummer Eins: Eisberge

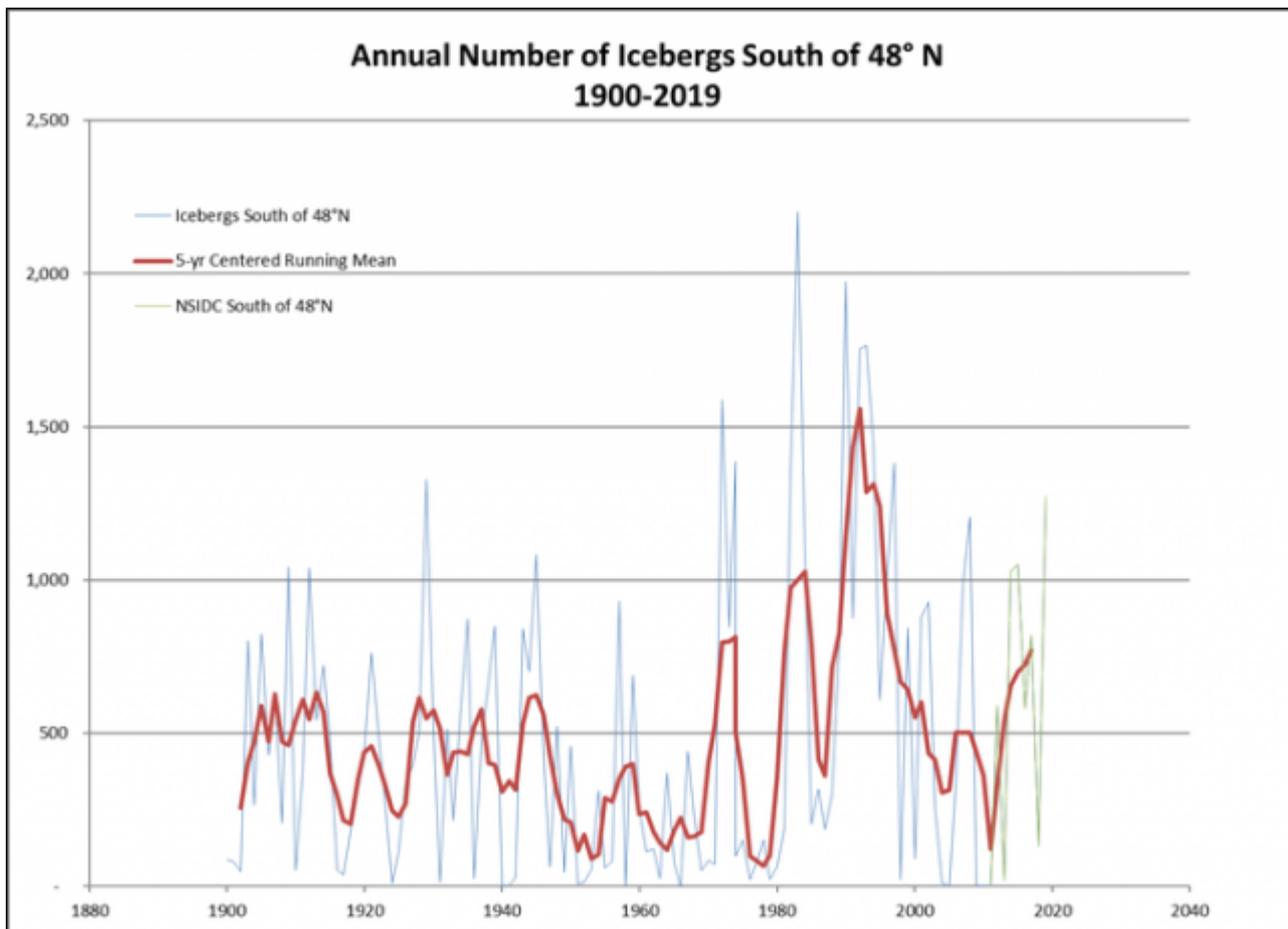


Abbildung 3: Anzahl von Eisbergen südlich von 48°N (US-Küstenwache und NSIDC). *International Ice Patrol. 1995, updated 2020. International Ice Patrol (IIP) Iceberg Sightings Database, Version 1. [G00807]. Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. doi: <https://doi.org/10.7265/N56Q1V5R>. [Accessed 2 Feb 2020].*

Während es in den 1990er Jahren eine signifikante Zunahme beim über 5 Jahre gleitenden Mittel gab, ist die Anzahl danach vergleichbar mit dem Zeitraum 1900 bis 1950. Man sollte meinen, dass aus der Anzahl der Eisberge ersichtlich werden sollte, dass Grönland vielleicht wöchentlich Eisberge von der Größe Manhattans verliert und dass angeblich die Schmelzrate seit 1995 um 50% gestiegen ist.

Vielleicht ist es der „beispiellosen“ Erwärmung der Arktis geschuldet, dass die Eisberge schmelzen, bevor sie den 48. Breitengrad erreichen. Nun, in der Arktis gibt es nur wenige langzeitliche „Thermometer“ ... Eisbohrkerne aus Grönland. Die Grönland-Temperaturrekonstruktion, oft zitiert von Skeptikern, stammt aus dem GISP2-Bohrkern (Alley 2000).

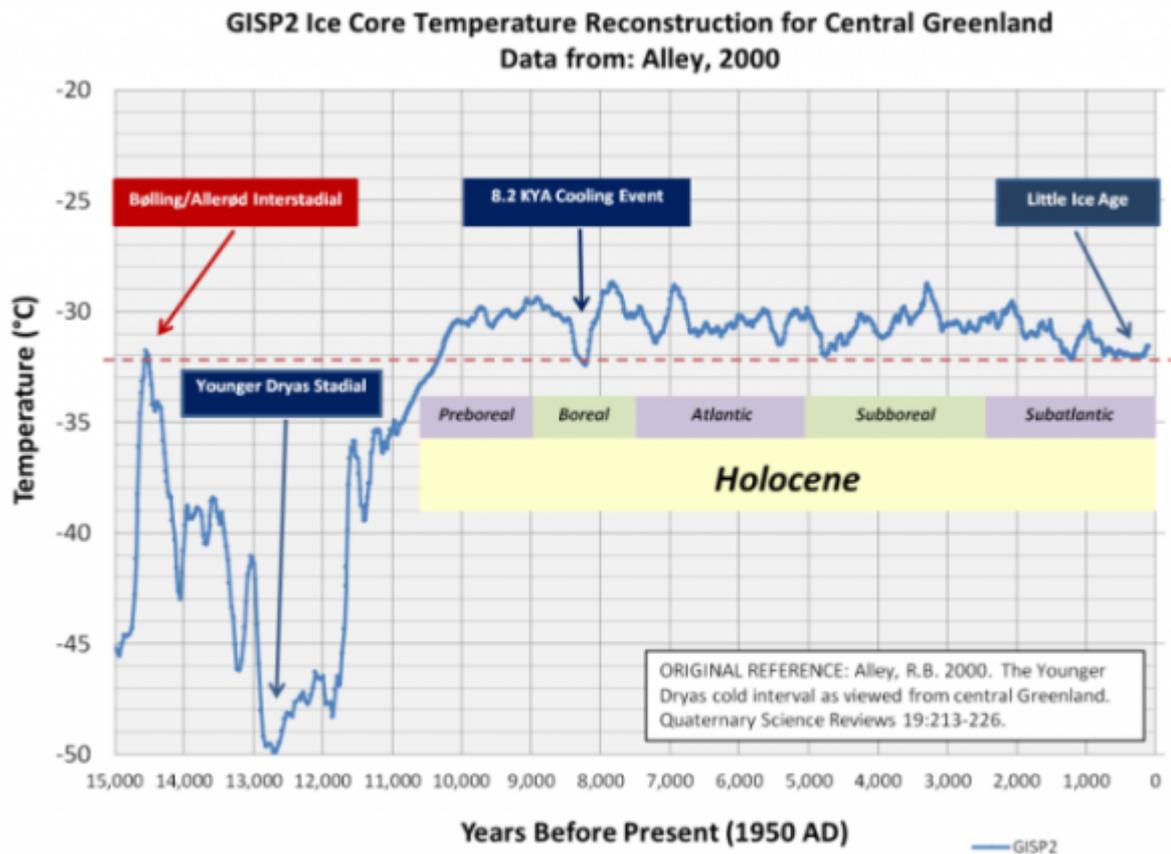


Abbildung 4: Temperaturrekonstruktion aus Zentral-Grönland (Alley 2000).

Hinsichtlich meines Beitrags zuvor war mir vorgeworfen worden, die Leute mit der darin enthaltenen Graphik in die Irre zu führen:

*Zur ersten Graphik: so oft erleben wir, dass die GISP2-Daten falsch etikettiert werden, und das hier ist keine Ausnahme.*

*Die Datenreihe endet 1855 und NICHT 1950 wie angegeben.*

*Das wurde auf dieser Site schon so oft klargestellt, seit 2010, dass es kaum zu glauben ist, wenn man sie weiterhin anführt ohne den Hintergrund zu kennen.*

*Warum führt man die Menschen in die Irre, wenn unser Argument so stark ist?*

*TheFinalNail*

Jedermann, der des Lesens mindestens von Klassenstufe 5 mächtig ist kann erkennen, dass die X-Achse bezeichnet ist mit „Jahre vor heute (1950 AD)“. Jeder mit einem auch nur geringen Wissen um radiometrische Datierung weiß, dass das P in BP das Jahr 1950 ist. Das ist gleichzeitig der Standard für die meisten paläoklimatischen Rekonstruktionen. Solange in einer Studie nicht explizit spezifiziert wird, dass „Gegenwart“ nicht

das Jahr 1950 ist, muss man annehmen, dass jenes Jahr gemeint ist. Das früheste Jahr in der Alley-Zeitreihe ist 95 BP oder 1855.

Natürlich lag jenes Jahr im Bereich der LIA, lange bevor Al Gore seine *Gorebal Warming* erfunden hatte. Glücklicherweise jedoch gibt es ein paar GISP2-Temperatur-Rekonstruktionen, welche bis zum Jahr 1993 reichen (Kobashi et al., 2008, Kobashi et al., 2011 und Kobashi et al., 2017). Anders als Alley, der sich auf den  $\delta^{18}\text{O}$ -Abbau als Paläo-Thermometer stützte, zogen Kobashi et al. „hoch-präzise Analysen von  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{40}\text{Ar}$  in im Eis eingeschlossenen Luftbläschen“ heran ...

Die geschätzte mittlere Schnee-Temperatur in Grönland während der letzten 4000 Jahre betrug  $-30,7^\circ\text{C}$  mit einer Standardabweichung von  $1,0^\circ\text{C}$ . Sie weist einen langzeitlichen Rückgang von grob  $1,5^\circ\text{C}$  auf, was konsistent ist mit früheren Studien. Die gegenwärtige dekadische Mitteltemperatur (2001 bis 2010) am GISP2-Messpunkt beträgt  $-29,9^\circ\text{C}$ .

Kobashi et al. (2011)

Der GISP2-Eisbohrkern wurde an der gleichen Stelle gezogen wie die Summit Station in Grönland.

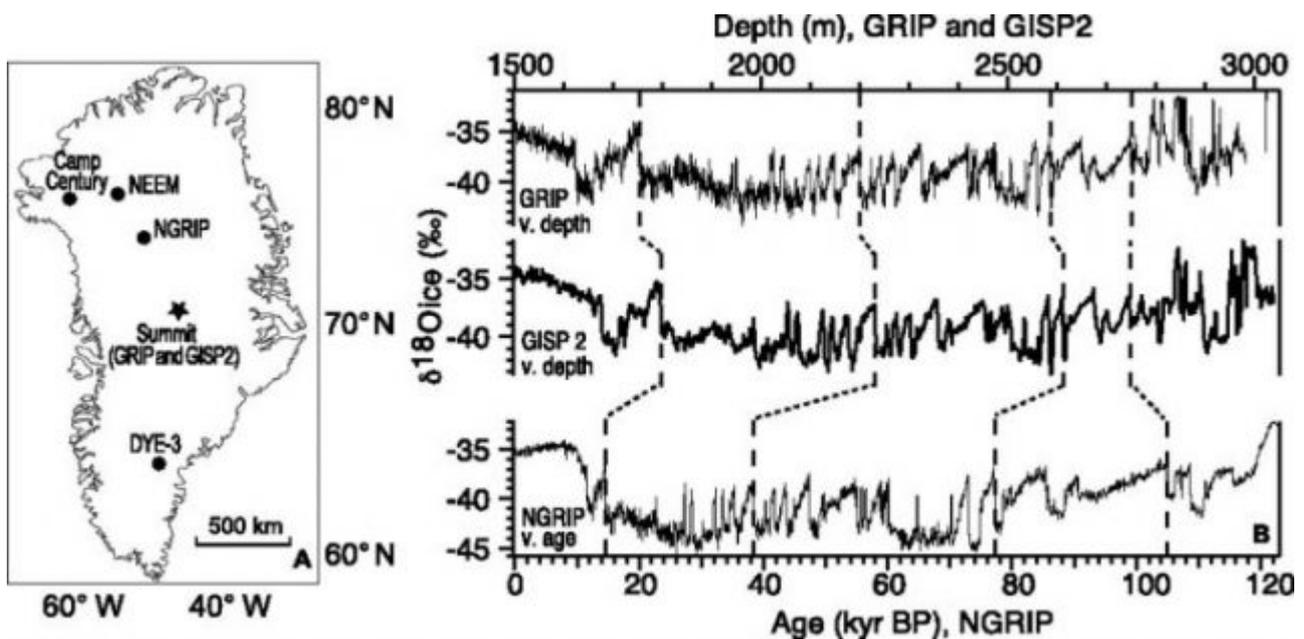


Abbildung 5: Ort von Summit Station und Punkte von Grönland-Eisbohrkernen (Yau et al. 2016)

Kobashi zufolge lag die mittlere Temperatur an der Summit Station während der letzten 4000 Jahre bei  $-30,7^\circ\text{C}$ . Die mittlere Temperatur seit 2008 lag um  $-30^\circ\text{C}$ .

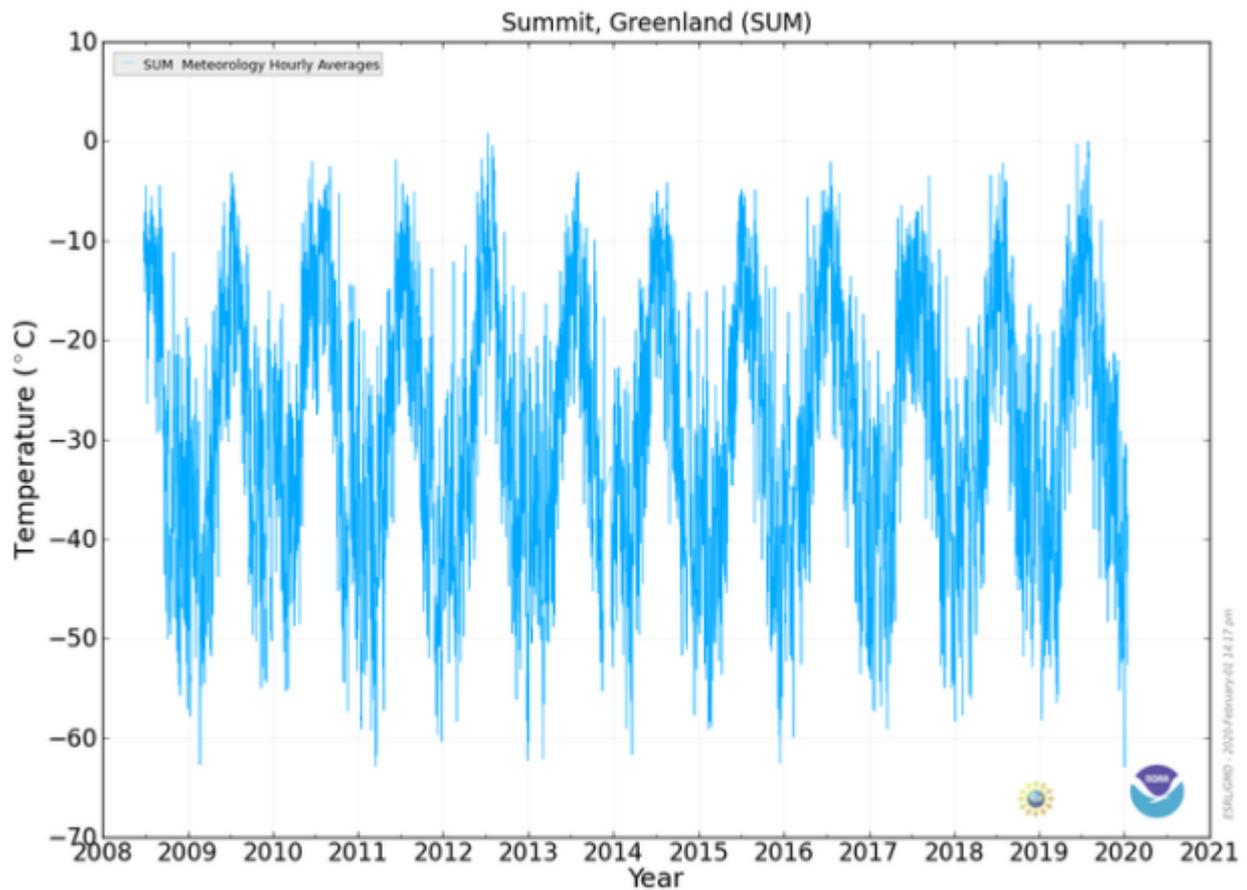


Abbildung 6: Stündliche Temperaturen an der Summit Station seit 2008 (NOAA/ESRL).

### Graphik Nummer zwei: GISP2-Eisbohrkern

Ich habe die Klima-Rekonstruktion von Kobashi et al. (2017) von der NOAA heruntergeladen und geplottet, um den Zusammenhang mit der jüngsten Klimaänderung im zentralen Grönland zu evaluieren. Technisch könnte dies mit drei Graphiken dargestellt werden ... Aber – wer zählt das?

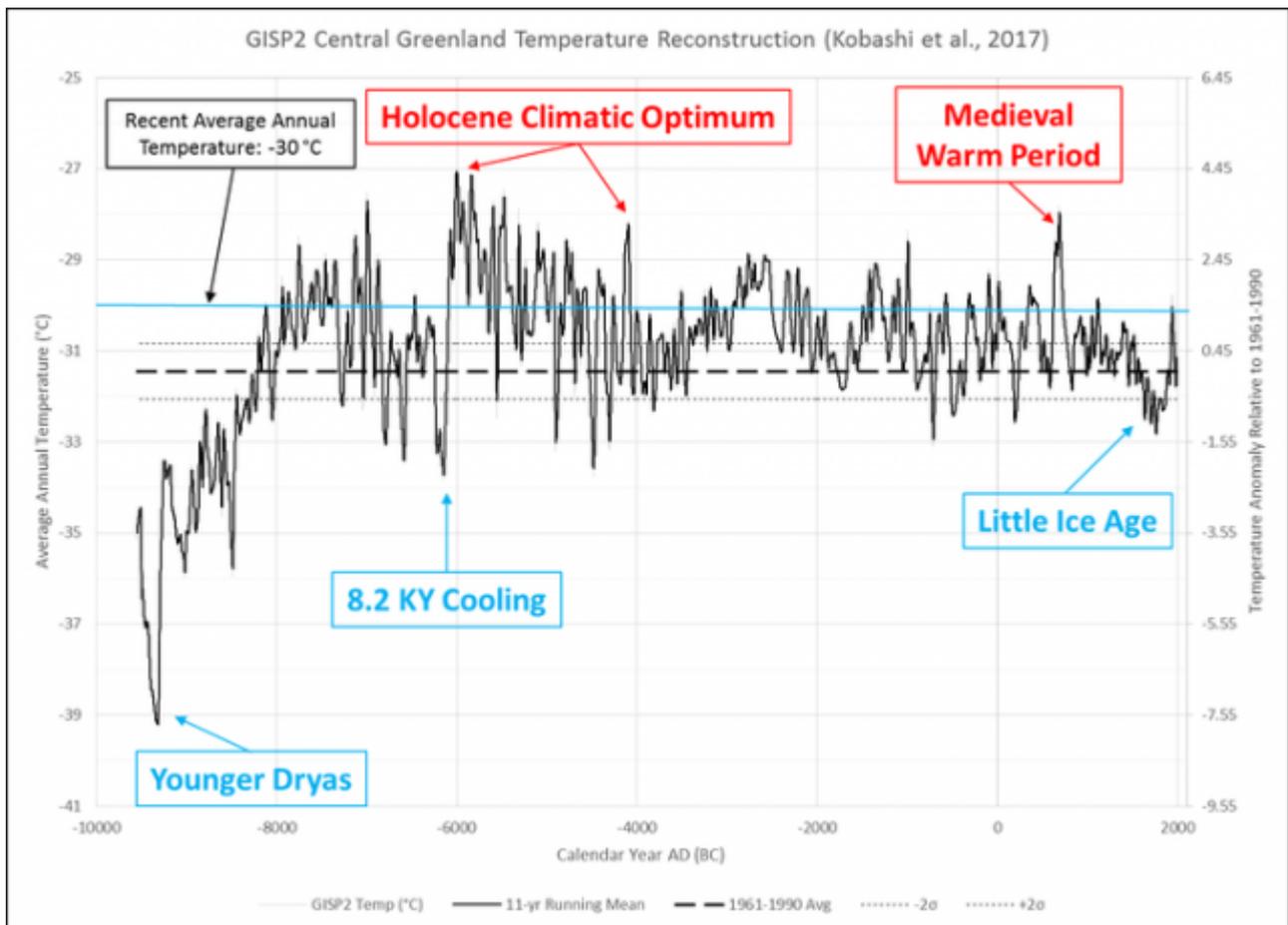


Abbildung 7a: Temperatur-Rekonstruktion nach GISP2 seit dem glazialen Zustand im *Younger Dryas*

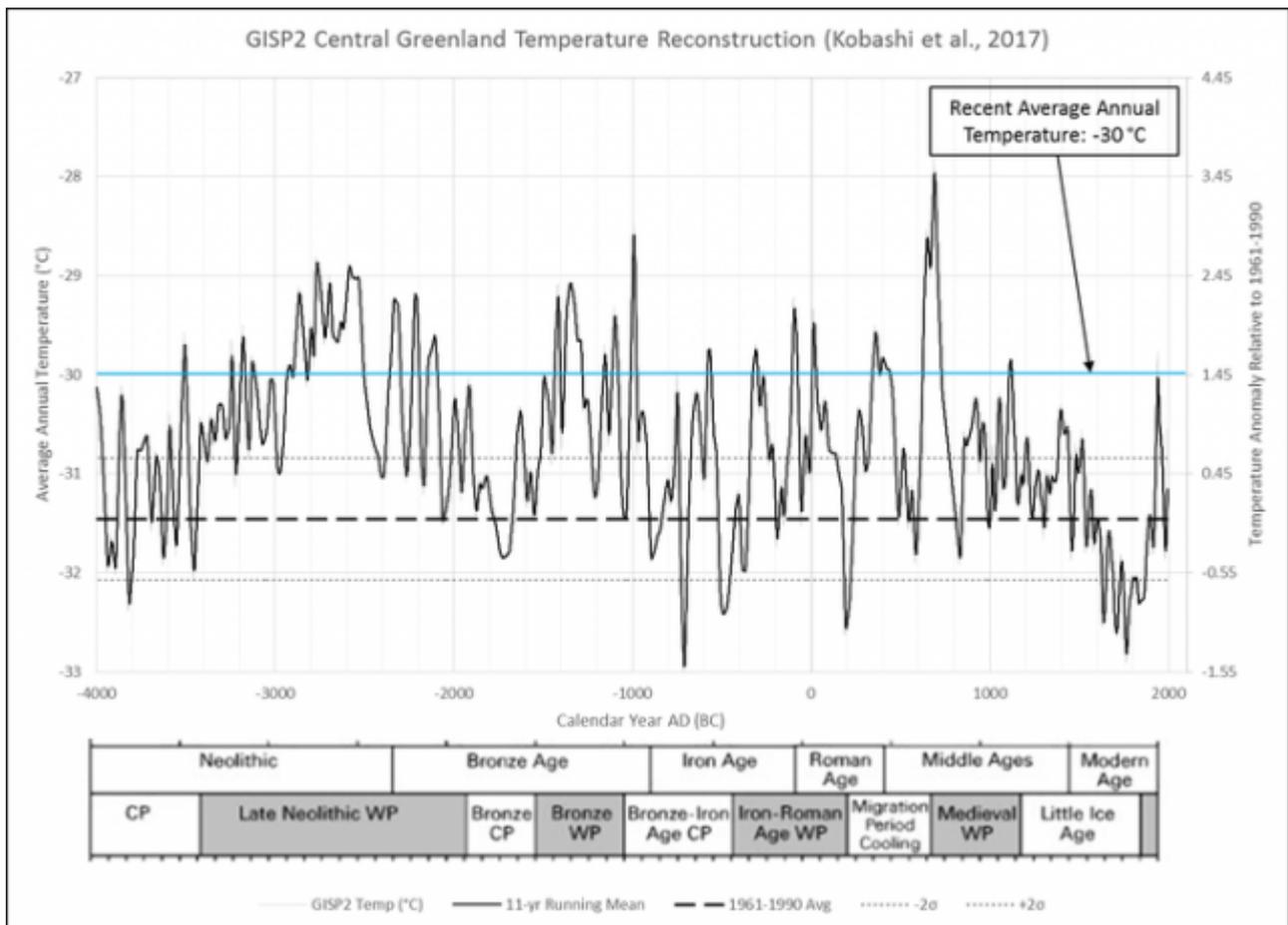


Abbildung 7b: GISP2-Temperatur-Rekonstruktion seit 4000 v. Chr. Klimatische und historische Perioden nach Grosjean et al. (2007)

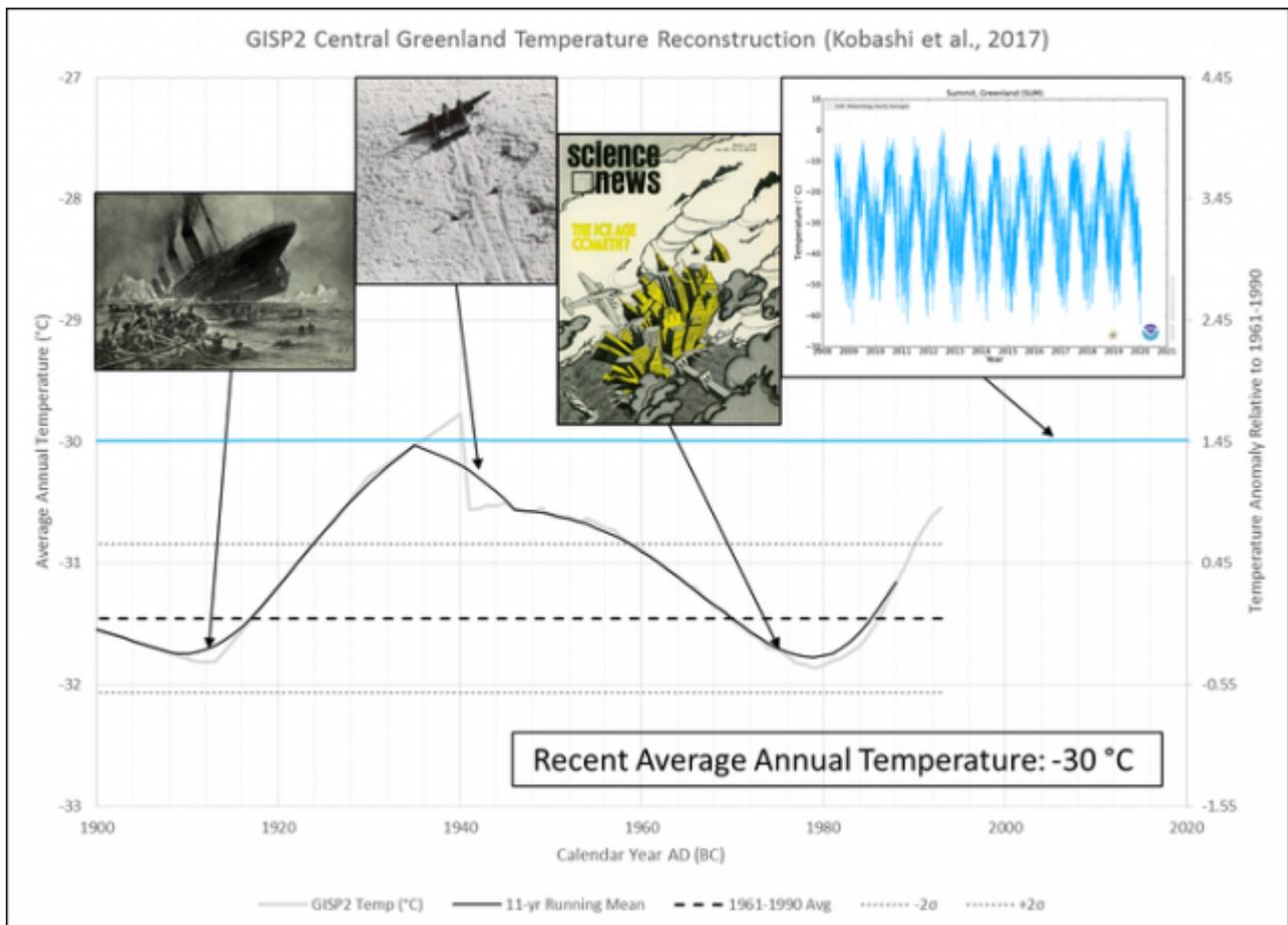


Abbildung 7c: GISP2-Temperatur-Rekonstruktion seit dem Jahr 1900. Markiert sind die Vorgänge RMS Titanic, Glacier Girl, The Ice Age Cometh? Sowie die Temperaturen an der Summit Station, um die Größenordnung zu erkennen.

Die unausweichliche Schlussfolgerung lautet, dass falls es jemals eine Klima-„Krise“ gegeben hat, diese während der Kleinen Eiszeit aufgetreten war ... und es war KNACKIG kalt damals!

Was war das? Das zentrale Grönland ist nicht die Arktis? Na sowas!

### Graphik Nummer drei: die Arktis

Also betrachten wir doch einmal die Temperatur-Rekonstruktion der Arktis von McKay & Kaufman (2014).

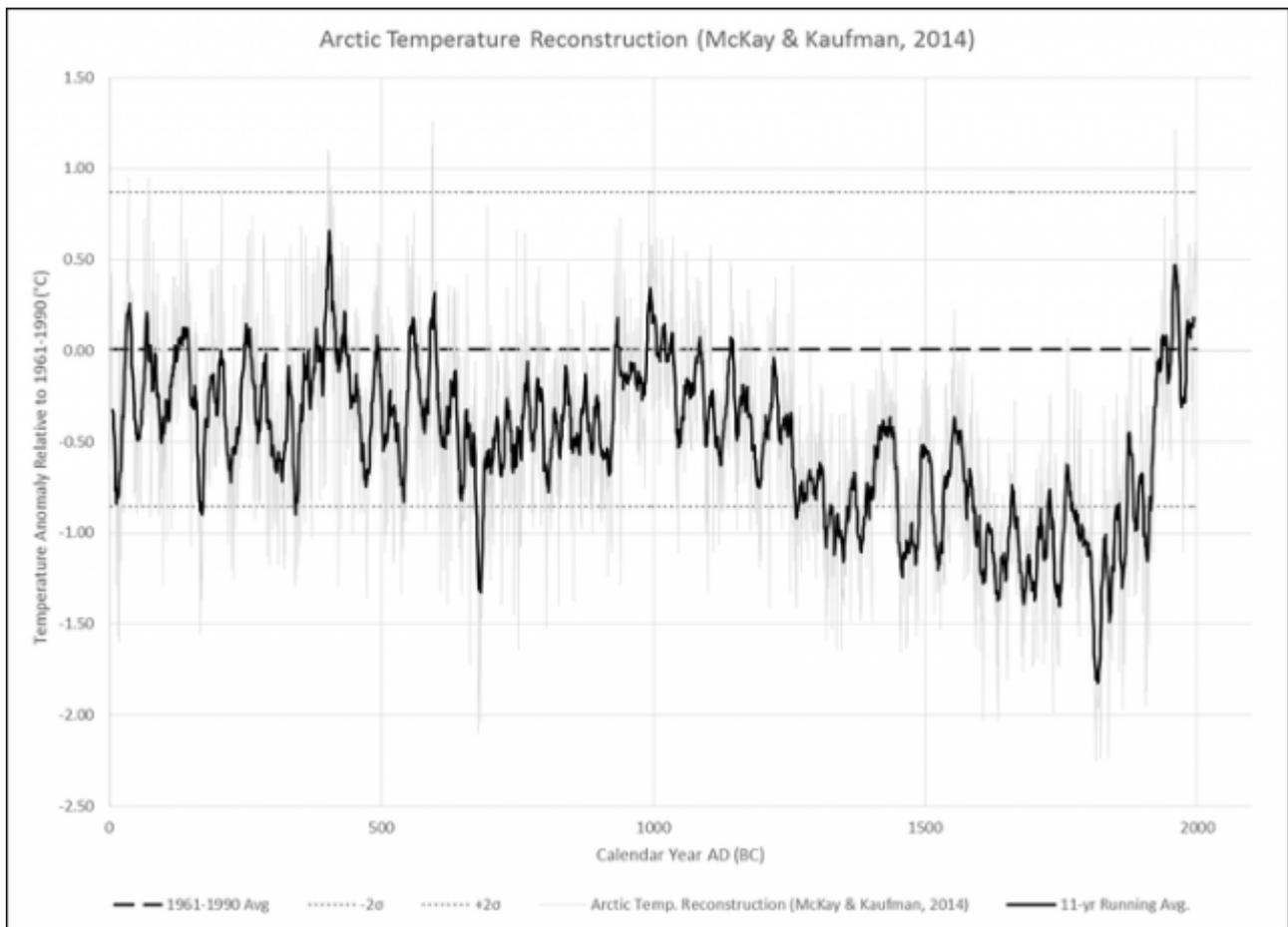


Abbildung 8a: Klima-Rekonstruktion der Arktis seit dem Jahr 1 (McKay & Kaufman, 2014).

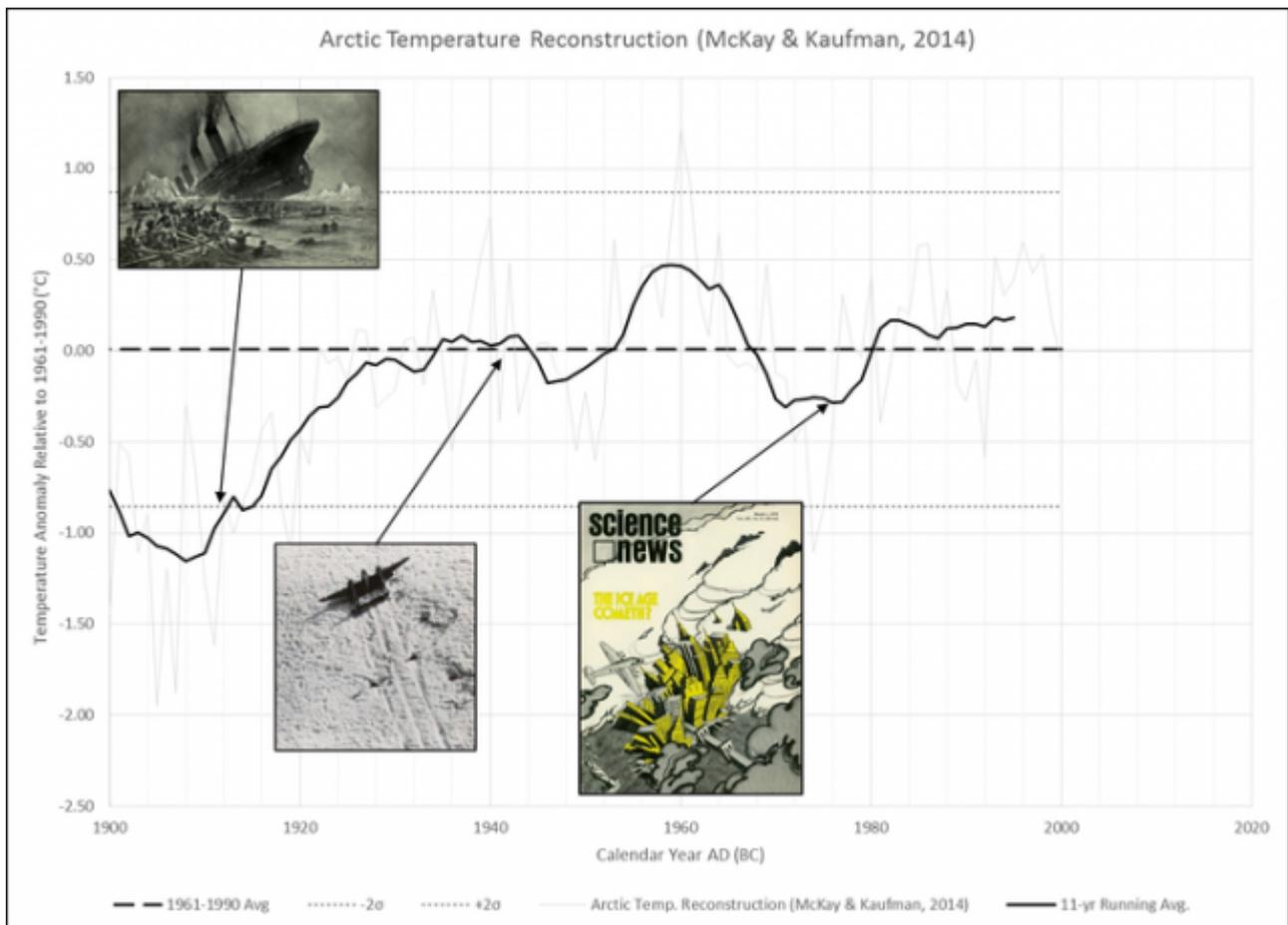


Abbildung 8a: Klima-Rekonstruktion der Arktis seit dem Jahr 1 (McKay & Kaufman, 2014).

Die unausweichliche Schlussfolgerung lautet, dass falls es jemals eine Klima-„Krise“ gegeben hat, diese während der Kleinen Eiszeit aufgetreten war ... und es war eisig KALT damals! Und dann noch einmal während der 1970er Jahre!

*Aber, aber – was ist mit all den von Satelliten gemessenen Eisverlusten?*

Ja – was ist damit?

### ***Drei Jahrzehnte der Änderungen des grönländischen Eisschildes***

*Gepostet am 14. Juni 2019 von der ESA Greenland Ice Sheet Climate Change Initiative.*

*In dieser Woche war es zu einem signifikanten Abschmelzen in einem großen Gebiet des grönländischen Eisschildes gekommen. Zum zweiten Mal in diesem Jahr war die Temperatur am höchsten Punkt des Eisschildes auf einer Seehöhe von 3285 Metern über den Gefrierpunkt gestiegen. Dort befindet sich die vom DMI [= der dänische Wetterdienst, Anm. d. Übers.] betriebene Summit Station.*

*Die hohen Schmelzraten waren wärmeren Luftmassen geschuldet, welche über*

den Eisschild wehten, und in Kombination mit nur geringen Schneefällen im voran gegangenen Winter kann in diesem Jahr erwartet werden dass ziemlich große Mengen Eises abschmelzen. Ein so großes Schmelz-Ereignis so früh im Jahr ist ungewöhnlich, aber nicht beispiellos, war es doch u. A. im Jahre 2012 zu einem ähnlichen Ereignis gekommen.

Einzel-Schmelzereignisse dieser Art werden gesteuert von lokalen Wetterbedingungen im Nordatlantik, aber wenn man diese über viele Jahre hinweg mittelt, erhält man das lokale Hintergrund-Klima. Wissenschaftler aus ganz Europa haben eine gemeinsame Studie erstellt, in welche Satellitendaten bis zurück zum Jahr 1990 Eingang gefunden hatten. Damit sollte ein vollständiges Bild gegeben werden, wie Klimaänderungen in Grönland sich auf den Eisschild ausgewirkt haben.

Wir zeigen zum Beispiel, dass der Eisschild seit Anfang der 2000er Jahre fast überall dünner geworden ist. Für einen Eisschild im Gleichgewicht mit dem lokalen Klima erwarten wir, in der Mitte eine geringe Zunahme der Höhe der Oberfläche Jahr für Jahr zu sehen sowie eine Abnahme an den Rändern, da in höher gelegenen Regionen mehr Schnee fällt als wieder abschmilzt und es in tieferen Schichten umgekehrt ist. Allerdings zeigen die Wissenschaftler hier, dass der Eisschild inzwischen fast überall dünner wird (blaue Gebiete in der oberen Reihe). „Es ist ziemlich bemerkenswert, derartige Änderungen während der letzten Jahre zu sehen im Vergleich zu Anfang der 1990er Jahre“, sagte Sebastian Simonsen vom DTU.

...

*Polar Portal*

Die Leute beim Polar Portal waren so nett, dieses Bild vorzustellen:

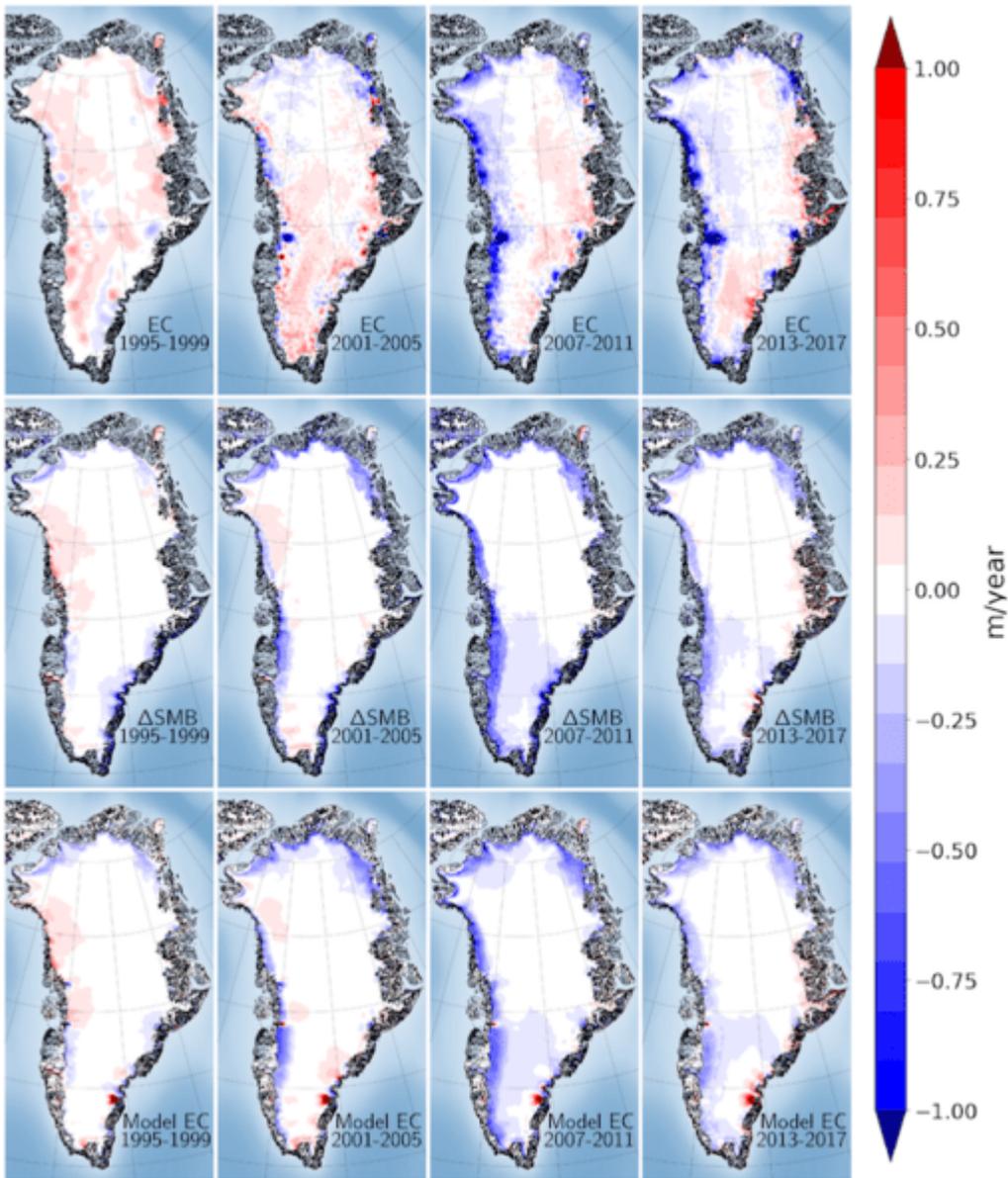


Abbildung 9: „Die obere Reihe zeigt Änderungen der Seehöhe des grönländischen Eisschildes, gemessen mit Radar über drei verschiedene Zeitperioden. Danach zogen wir Computermodelle heran, um zu verstehen, was hinter den von uns erkannten Änderungen steckt. Die mittlere Reihe zeigt die Änderungen der Seehöhe, die man einfach aus dem Massen-Budget an der Oberfläche erwarten kann über die gleichen drei Zeiträume (der Unterschied zwischen Schneefall und -schmelze, wie es modelliert vom regionalen Klimamodell HIRHAM5). Die untere Reihe zeigt Änderungen der Seehöhe, berechnet mittels eines Eisschild-Modells (PISM) und daher einschließlich Änderungen der Höhe des Eisschildes durch Eisfluss und Änderungen des Oberflächen-Massenbudgets. Während die Modelle die großmaßstäblichen Änderungen abbilden können, ist dies an einigen Stellen nicht der Fall, darunter auch in den Gebieten mit den größten Änderungen“.

Ich konzentrierte mich auf die obere Reihe, also die mit den Änderungen der Seehöhe, weil ich diese Änderungen in einem geologischen Zusammenhang betrachten kann.

Wie verhält sich der jüngste Schmelzvorgang relativ zum übrigen Holozän? Kurze Antwort: „Genauso wie immer!“ Vinther et al. (2009) rekonstruierten die Höhe von vier Stellen über das Holozän, an denen Eisbohrkerne gezogen worden waren. Es gab kaum Höhen-Änderungen an den Stellen im Inneren (NGRIP und GRIP), während an den beiden äußeren Stellen (Camp Century und DYE3) jeweils 546 bzw. 342 m Höhe eingebüßt haben.

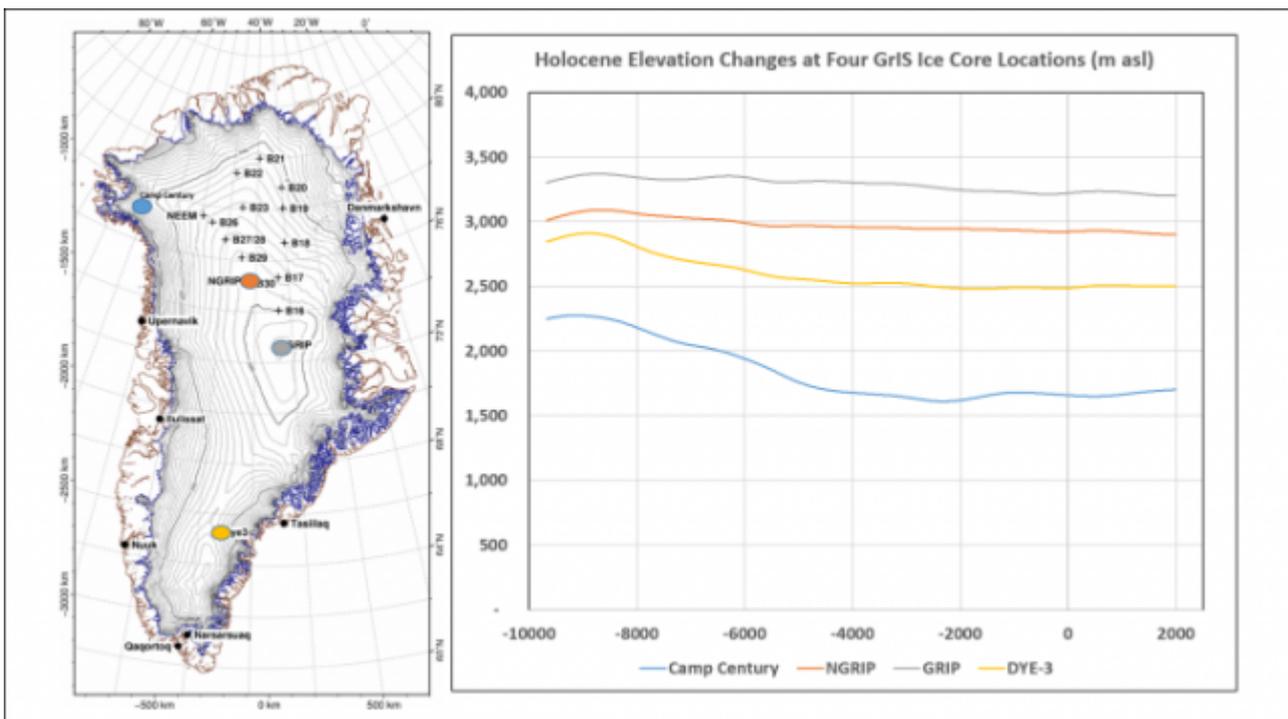


Abbildung 10: Das meiste Eis ist seit Beginn des Holozäns an den äußeren Rändern abgeschmolzen sowie an den niedriger gelegenen Teilen des Eisschildes (GrIS) – genauso wie immer. Die X-Achse zeigt die Kalenderjahre. Höhen-Rekonstruktion nach Vinther et al. (2009). Graphik von Weißbach et al. (2015).

Vinthers Höhen-Rekonstruktion überdeckt den Zeitraum von vor 11.700 bis vor 40 Jahren vor dem Jahr 2000. Das letzte Jahr ist also das Jahr 1960.

Auf der Grundlage der Schätzungen der Massenbilanz von Mougnot zeigten sich sehr geringe Gesamtänderungen von 1960 bis 1995, dem Anfangsjahr der Höhenänderungskarten des Polar Portals. Ich habe die Höhenänderungskarten vergrößert und die Stellen der Eisbohrkerne eingetragen.

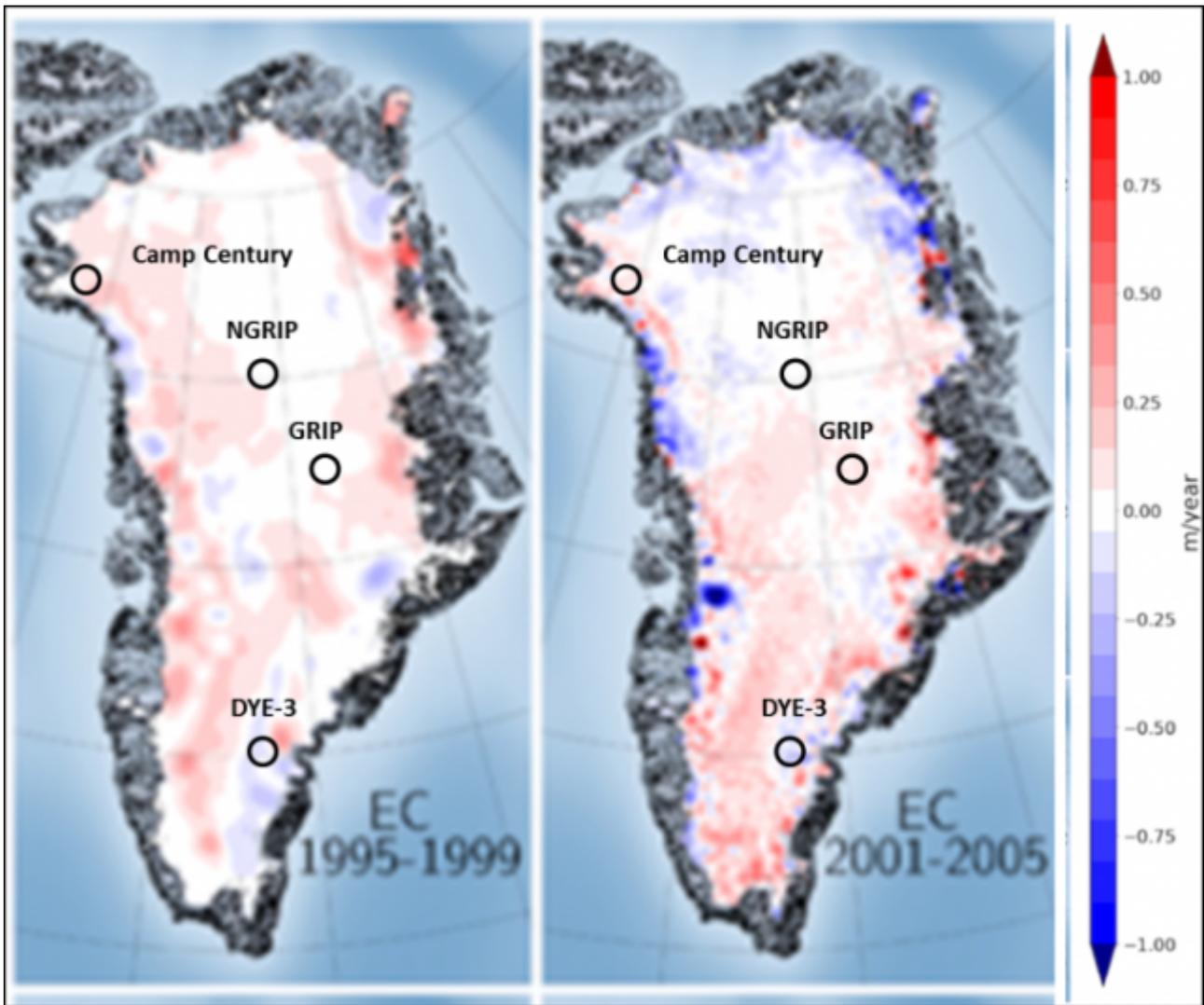


Abbildung 11a: Höhenänderung von Grönland 1995 bis 1999 sowie 2001 bis 2005 (Polar Portal).

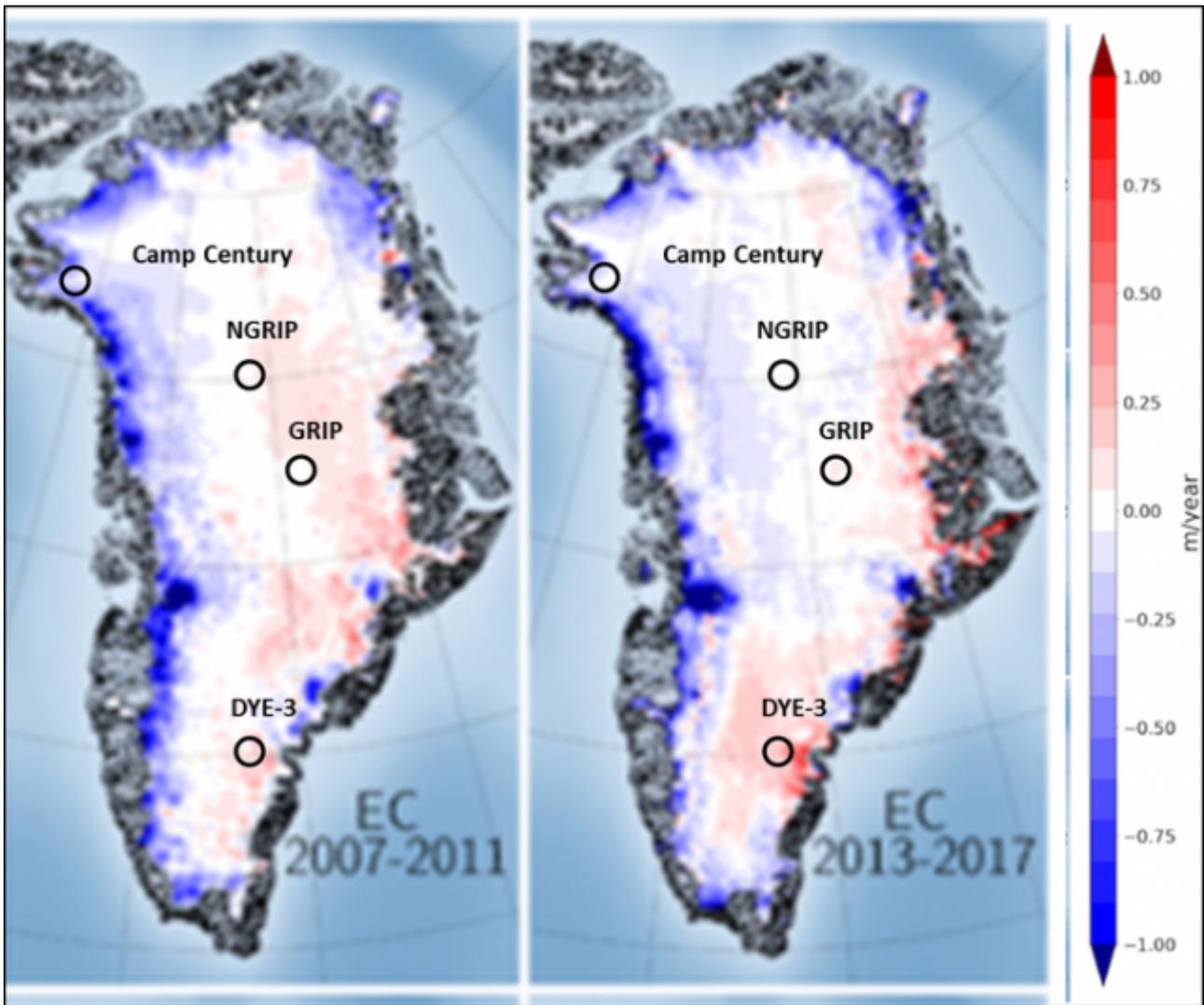


Abbildung 11b: Höhenänderung von Grönland 2007 bis 2011 sowie 2013 bis 2017 (Polar Portal).

Die Skaleneinheiten sind Meter pro Jahr. Man beachte, dass an diesen Stellen kaum Änderungen aufgetreten waren. Nach meinem Augenmaß schätzte ich die jährlichen Höhenänderungen von 1995 bis 2017:

### Ice Surface Elevation Change (m/yr)

	Camp Century	NGRIP	GRIP	DYE-3
2017	0	0	0.125	-0.5
2016	0	0	0.125	-0.5
2015	0	0	0.125	-0.5
2014	0	0	0.125	-0.5
2013	0	0	0.125	-0.5
2012	-0.125	0	0.0625	-0.375
2011	-0.25	0	0	-0.25
2010	-0.25	0	0	-0.25
2009	-0.25	0	0	-0.25
2008	-0.25	0	0	-0.25
2007	-0.25	0	0	-0.25
2006	-0.0625	0	-0.0625	-0.375
2005	0.125	0	0.125	-0.5
2004	0.125	0	0.125	-0.5
2003	0.125	0	0.125	-0.5
2002	0.125	0	0.125	-0.5
2001	0.125	0	0.125	-0.5
2000	0.125	0	0.0625	-0.375
1999	0.125	0	0	-0.25
1998	0.125	0	0	-0.25
1997	0.125	0	0	-0.25
1996	0.125	0	0	-0.25
1995	0.125	0	0	-0.25

Mittels der 2009 von Vinther gemessenen Höhen berechnete ich die Höhen der vier Stellen von vor 11.700 Jahren bis 2017.

**Graphik Nummer vier:** „Das Gleiche wie immer...“

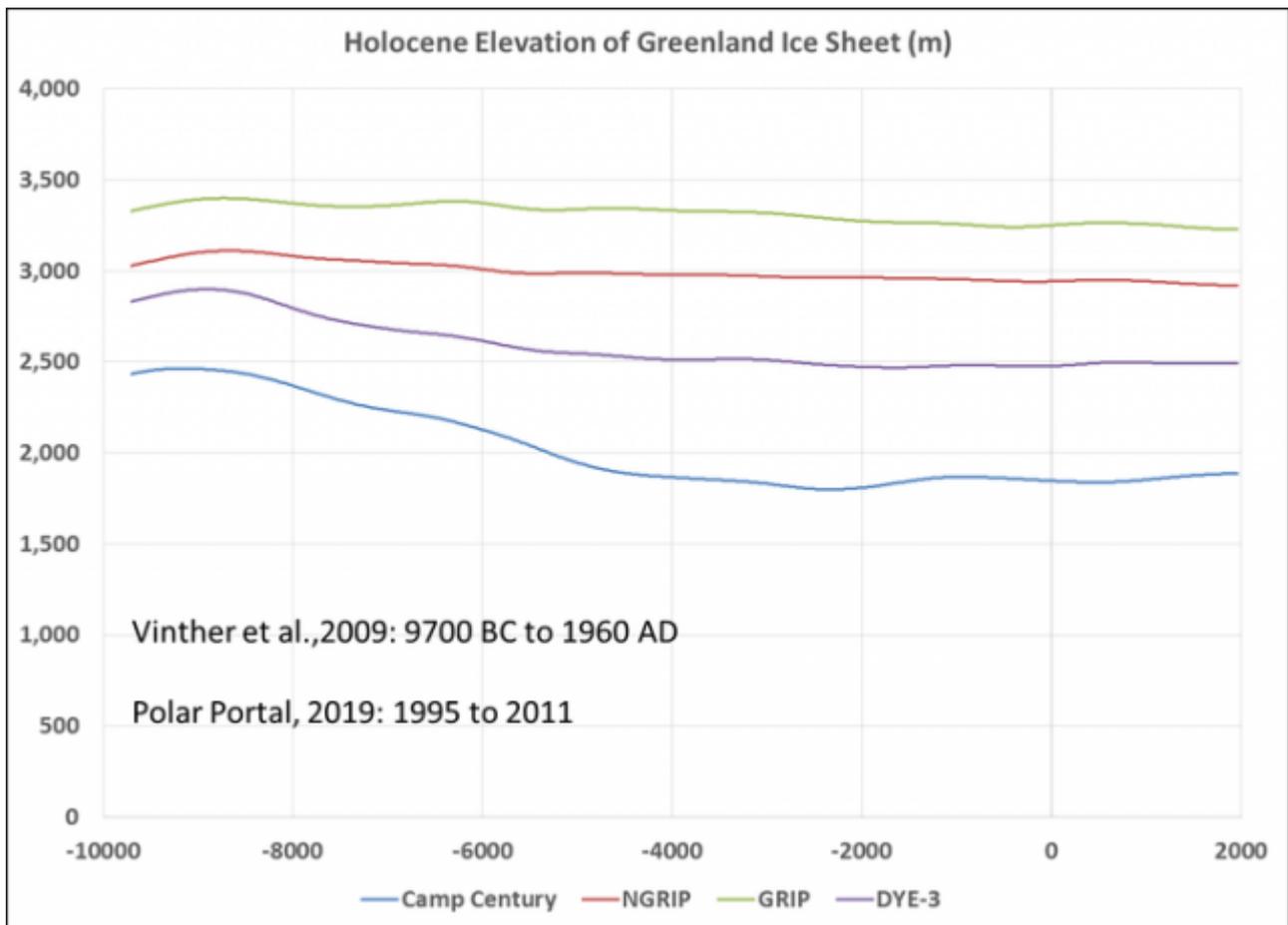


Abbildung 12a: Seehöhe von vier Stellen, an denen Eisbohrkerne gezogen worden waren von vor 11.700 Jahren bis zum Jahr 2017

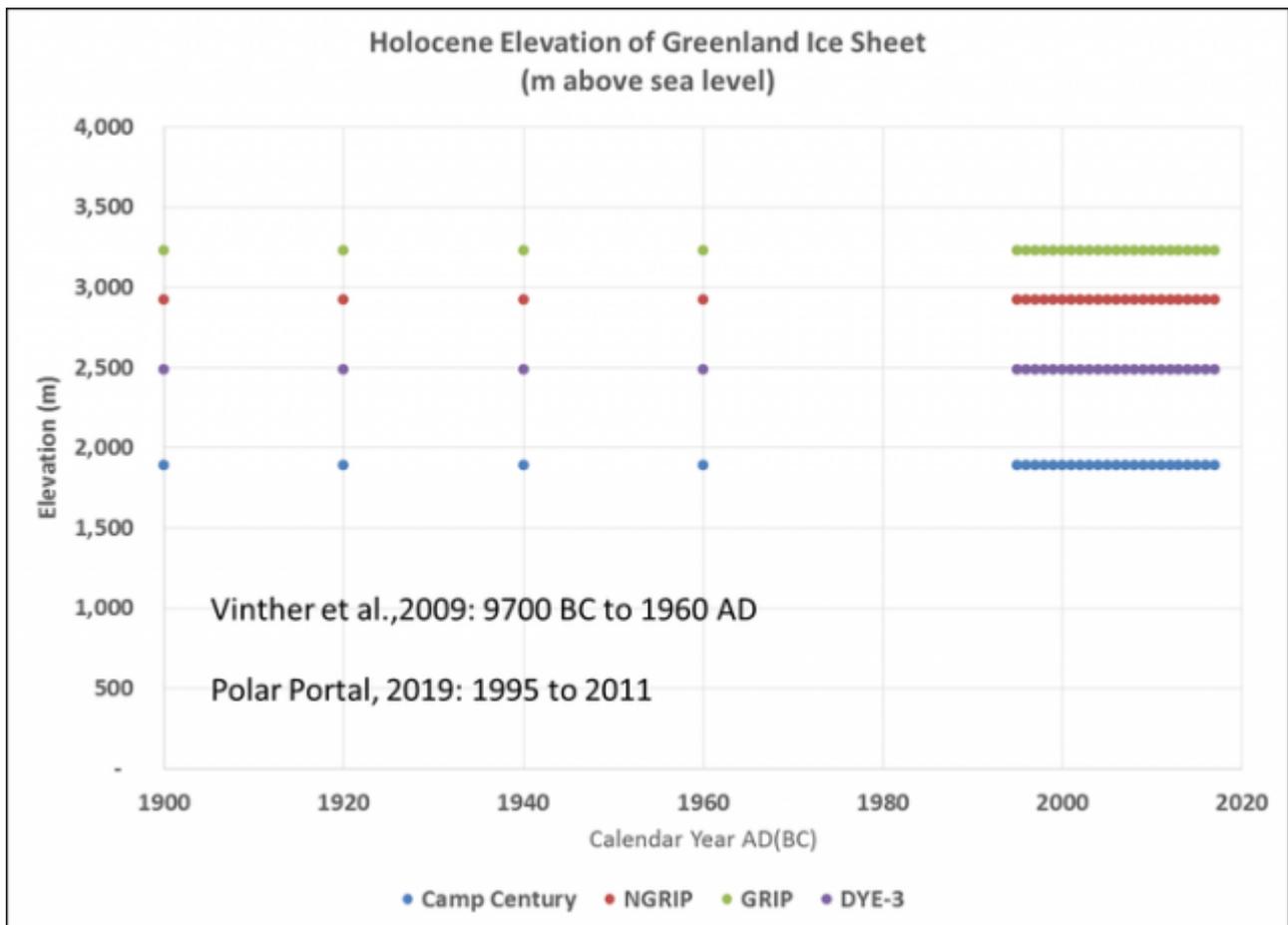


Abbildung 12b: Wie Abb. 12, aber von 1900 bis 2017.

video

„Das Gleiche wie immer...“

*Aber, aber, der grönländische Eisschild schrumpft noch immer! Wenn er vollständig schmilzt, wird der Meeresspiegel um 7 Meter steigen!!!*

### Graphik Nummer fünf: die Isopachen-Graphik\*

[\*Isopache ist in den Geowissenschaften eine Linie (Isolinie) gleicher Mächtigkeit einer geologischen Schicht in der Kartendarstellung einer Isopachenkarte {Quelle}. Anm. d. Übers.]

Wir Erdöl-Geologen sind besessen von der Berechnung der Volumina von Öl- und Gas-Reservoirs, und wir bringen viel Zeit damit zu, Dinge zu erstellen wie „Isopachenkarten“ und gleitende „Volumetrics“. Zum Glück für mich erstellte Eric Gaba als Wikimedia Commons user: Sting eine Isopachenkarte des grönländischen Eisschildes:

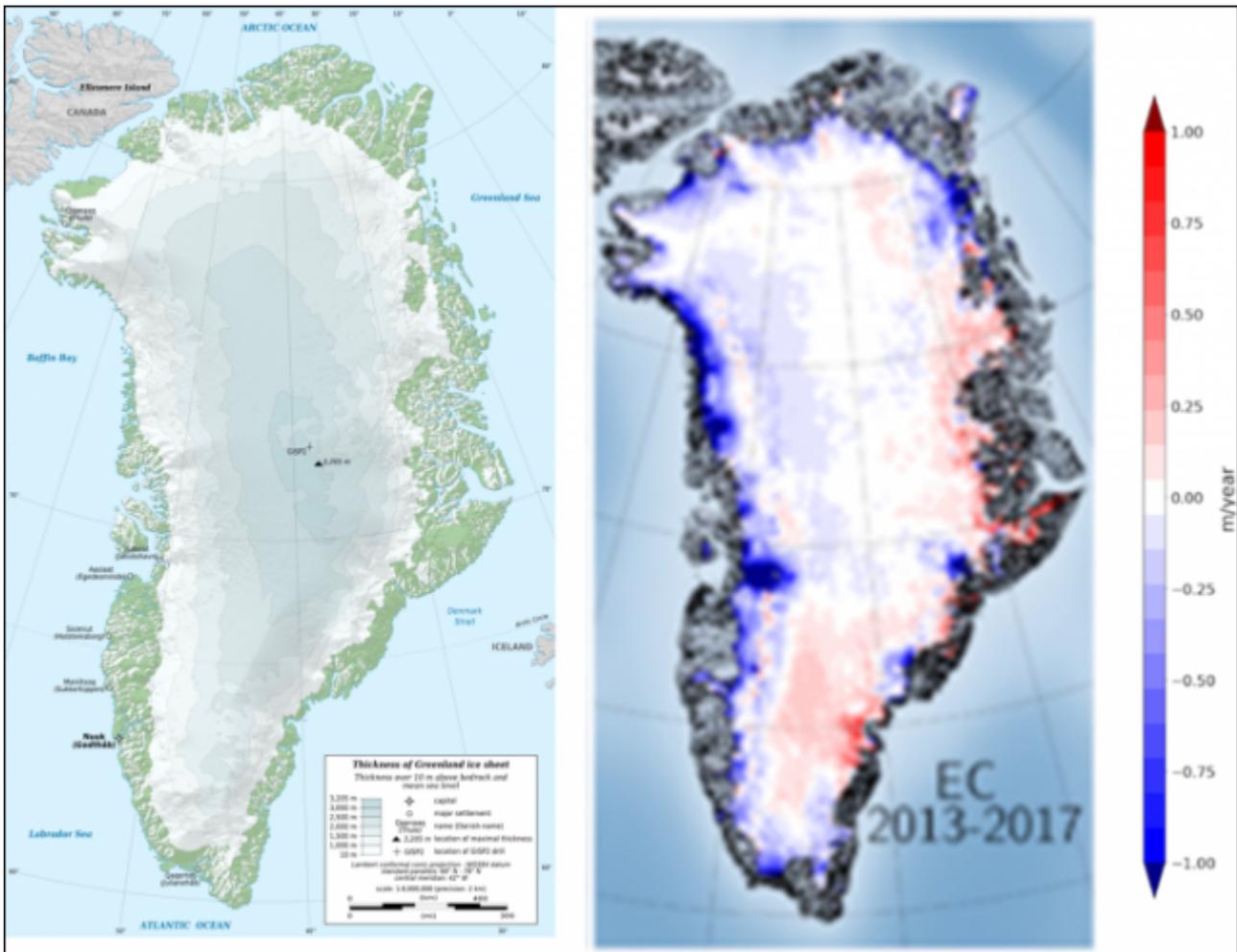


Abbildung 13: Isopachenkarte des grönländischen Eisschildes von Eric Gaba – Wikimedia Commons user: Sting (links) und Höhenänderungskarte des Polar Portals (rechts).

Fast die gesamte derzeitige Verdünnung erfolgt an den äußeren Rändern des Eisschildes („genauso wie es schon immer war“). Ich habe eine hoch aufgelöste Kopie der Isopachenkarte heruntergeladen und die Höhenlinien digitalisiert mittels einer *NeuraMap volumetric analysis software*. Gebiet und Volumen der Isopachenkarte standen auf einer Linie mit den Schätzungen in der USGS Professional Paper 1386–A, Tabelle 2, Seite A77:

- Gebiet: 1.736.095 km<sup>2</sup>
- Volumen: 2.600.000 km<sup>3</sup>

Ich definierte die 10-m-Höhenlinie als die Null-Höhenlinie. Das Gebiet der Null-Höhenlinie lag sehr nahe dem USGS-Gebiet.

<u>Contours (m)</u>	<u>km<sup>2</sup></u>	<u>Acres</u>
3200	888	219,434
3000	49,381	12,202,209
3000	896.1	221,429
2500	364,162	89,986,345
2000	723,269	178,723,576
2000	5,395	1,333,230
2000	9,186	2,269,815
1500	1,065,247	263,228,385
1000	1,347,485	332,970,919
–	<b>1,737,393</b>	<b>429,319,196</b>

Das Volumen war etwas größer als die USGS-Schätzung, lag aber immer noch deutlich innerhalb anderer Schätzungen aus jüngerer Zeit. USGS verweist auf eine Referenz aus dem Jahr 1954 für diese Zahl und auch auf Bamber et al. (2011), wo man das Volumen mit 2.900.000 km<sup>3</sup> angab. Danach hat Bamber seine Schätzung auf 2.960.000 km<sup>3</sup> präzisiert.

<u>Volumes</u>	<u>km<sup>3</sup></u>
<u>Method</u>	<i>In situ</i>
<u>Trapezoid</u>	2,980,626
<u>Pyramid</u>	2,953,938
<u>TrapPyra</u>	2,961,940
<u>Simpson</u>	2,844,332
<u>3/8Rule</u>	2,725,668
<u>VerticalSlice</u>	2,979,256
<u>Step</u>	2,456,431
<u>Average</u>	<b>2,843,170</b>

Wie man sieht, variieren die Schätzungen des Volumens des grönländischen Eisschildes erheblich, und die Verfahren der volumetrischen Berechnung führt zu einer ziemlich breiten Palette von Ergebnissen ... Und trotzdem können moderne Klima-„Wissenschaftler“ jährliche Änderungen der Eismasse von 0,015% ausmachen...

Wer's glaubt...

Wenn ich die 1000-m-Höhenlinie um 10 m absenke, passiert das hier:

<u>Volumes</u>	km <sup>3</sup>	
<u>Method</u>	Lose 10 m	
<u>Trapezoid</u>	2,977,601	99.90%
<u>Pyramid</u>	2,950,926	99.90%
<u>TrapPyra</u>	2,958,915	99.90%
<u>Simpson</u>	2,844,332	100.00%
<u>3/8Rule</u>	2,725,668	100.00%
<u>VerticalSlice</u>	2,976,230	99.90%
<u>Step</u>	2,453,891	99.90%
<u>Average</u>	2,841,080	99.93%

99,93% des grönländischen Eisschildes schmelzen nicht und/oder kalben in den Ozean. Die USGS-Studie stellt fest, dass falls der gesamte Eisschild schmelzen würde, der Meeresspiegel um 6,5 Meter steigen würde. In dem oben beschriebenen und höchst unwahrscheinlichen Szenario würde der Meeresspiegel um atemberaubende 4,8 mm steigen.

- $6,5 \text{ m} * 0,07\% = 0,00478 \text{ m}$

Was passiert, wenn ich die 1000-m-Höhenlinie um 100 m absenke?

- $6,5 \text{ m} * 0,18\% = 0,0531 \text{ m}$

<u>Volumes</u>	km <sup>3</sup>	
<u>Method</u>	Lose 100 m	
<u>Trapezoid</u>	2,947,019	98.87%
<u>Pyramid</u>	2,920,467	98.87%
<u>TrapPyra</u>	2,928,333	98.87%
<u>Simpson</u>	2,844,332	100.00%
<u>3/8Rule</u>	2,725,668	100.00%
<u>VerticalSlice</u>	2,945,636	98.87%
<u>Step</u>	2,428,207	98.85%
<u>Average</u>	2,819,952	99.18%
	• $6.5 \text{ m} * 0.18\% = 0.0531 \text{ m}$	

Das sind etwas über 5 cm Anstieg des Meeresspiegels.



Da haben wir es ... Die Bedeutungslosigkeit des Verlustes der grönländischen Eismasse in fünf einfachen Graphiken ... und vielen nicht so einfachen Graphiken und Tabellen.

## References

Alley, R.B. 2000. "The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland". *Quaternary Science Reviews* 19:213-226.

Alley, R.B.. 2004. "GISP2 Ice Core Temperature and Accumulation Data". IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series #2004-013. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

Bamber, J. L., J. A. Griggs, R. T. W. L. Hurkmans, J. A. Dowdeswell, S. P. Gogineni, I. Howat, J. Mougnot, J. Paden, S. Palmer, E. Rignot, and D. Steinhag. "A new bed elevation dataset for Greenland". *The Cryosphere*, 7, 499–510, 2013 [www.the-cryosphere.net/7/499/2013/](http://www.the-cryosphere.net/7/499/2013/) doi:10.5194/tc-7-499-2013.

Grosjean, Martin, Suter, Peter, Trachsel, Mathias & Wanner, Heinz. (2007). "Ice-borne prehistoric finds in the Swiss Alps reflect Holocene glacier fluctuations". *Journal of Quaternary Science*. 22. 203 – 207. 10.1002/jqs.1111.

Kobashi, T., J. P. Severinghaus, and K. Kawamura (2008a). "Argon and nitrogen isotopes of trapped air in the GISP2 ice core during the Holocene epoch (0–11,600 B.P.): Methodology and implications for gas loss processes". *Geochim. Cosmochim. Acta*. 72, 4675– 4686, doi:10.1016/j.gca.2008.07.006.

Kobashi, T., Kawamura, K., Severinghaus, J. P., Barnola, J.-M., Nakaegawa, T., Vinther, B. M., Johnsen, S. J., and Box, J. E. (2011). "High variability of Greenland surface temperature over the past 4000 years estimated from trapped air in an ice core". *Geophysical Research Letters*. 38, L21501, doi:10.1029/2011GL049444.

Kobashi, T., Menviel, L., Jeltsch-Thömmes, A. et al. "Volcanic influence

on centennial to millennial Holocene Greenland temperature change". *Scientific Reports* **7**, 1441 (2017).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-01451-7>

McKay, N., Kaufman, D. "An extended Arctic proxy temperature database for the past 2,000 years". *Scientific Data* **1**. 140026 (2014).  
<https://doi.org/10.1038/sdata.2014.26>

Mouginot, Jeremie, E. Rignot, Anders Bjørk, Michiel Van den Broeke, Romain Millan, Mathieu Morlighem, Brice Noël, Bernd Scheuchl & Michael Wood. (2019). "Forty-six years of Greenland Ice Sheet mass balance from 1972 to 2018". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 116. 10.1073/pnas.1904242116.

Van den Broeke, M., Box, J., Fettweis, X. et al. "Greenland Ice Sheet Surface Mass Loss: Recent Developments in Observation and Modeling". *Current Climate Change Reports*. (2017) **3**: 345.  
<https://doi.org/10.1007/s40641-017-0084-8>

Vinther, B.M., S.L. Buchardt, H.B. Clausen, D. Dahl-Jensen, S.J. Johnsen, D.A. Fisher, R.M. Koerner, D. Raynaud, V. Lipenkov, K.K. Andersen, T. Blunier, S.O. Rasmussen, J.P. Steffensen, and A.M. Svensson. (2009). "Holocene thinning of the Greenland ice sheet". *Nature*. **461**. 385-8. 10.1038/nature08355.

Weißbach, S., A. Wegner, T. Opel, H. Oerter, B. M. Vinther and S. Kipfstuhl. "Spatial and temporal oxygen isotope variability in northern Greenland – implications for a new climate record over the past millennium". *Climate of the Past*. **12**, 171–188, 2016  
[www.clim-past.net/12/171/2016/](http://www.clim-past.net/12/171/2016/) doi:10.5194/cp-12-171-2016.

Williams, R.S., Jr., and Ferrigno, J.G., eds., 2012. "State of the Earth's cryosphere at the beginning of the 21st century—Glaciers, global snow cover, floating ice, and permafrost and periglacial environments: U.S. Geological Survey Professional Paper 1386–A". 546 p. (Also available at <https://pubs.usgs.gov/pp/p1386a>.) Glaciers.

Yau, Audrey M., Michael L. Bender, Alexander Robinson, Edward J. Brook. "Last interglacial in the GISP2 Greenland ice core". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Aug 2016, **113** (35) 9710-9715; DOI: 10.1073/pnas.1524766113

Exhuming the Glacier Girl

RMS Titanic

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2020/02/05/the-irrelevance-of-greenlands-ice-mass-loss-in-five-easy-charts/>

Übersetzt von Chris Frey EIKE

