

# Was wissen wir über die Trends des arktischen Meereises?

geschrieben von Chris Frey | 22. August 2017

Diese Änderung des arktischen Klimas wird oft als Beweis angeführt, dass die Menschen einen drastischen Klimawandel verursachen. Zum Beispiel wurde am 29. April 2017 in einem Artikel im *Economist* impliziert, dass das arktische Eis ungewöhnlich schmilzt, dramatisch und besorglich:

*Das Abschmelzen erfolgt weitaus schneller als einst erwartet. Während der letzten drei Jahrzehnte ist die Eisausdehnung der Arktis um die Hälfte und dessen Volumen um drei Viertel zurückgegangen ... Man schätzt, dass die Arktis bereits im Sommer 2040 eisfrei sein könnte. Bisher war man von dem Jahr 2070 ausgegangen.*

Wie auch immer, ist die Satellitenaufzeichnung seit 1978 lang genug, um uns die folgenden Fragen zu beantworten?:

1. Wie ungewöhnlich (oder normal) sind die jüngsten Trends?
2. Können wir bestimmen, wie viel des derzeitigen Klimawandels auf das Konto der Menschen geht und wie viel davon natürlichen Ursprungs ist?

Vor Kurzem haben wir im *Hydrological Sciences Journal* (HSJ) eine Studie veröffentlicht, in welcher wir das arktische Meereis bis zurück zum Jahre 1901 abschätzten, wobei wir verschiedene Datenquellen vor der Zeit der Satelliten herangezogen haben (Abstract hier).

HSJ hat diesen Artikel als einen ihrer „Featured Articles“ eingestuft, was bedeutet, dass er während eines begrenzten Zeitraumes heruntergeladen werden kann: hier. Aber falls man diesen Beitrag nach diesem Zeitraum liest und keinen Zugang ohne Zahlschranke mehr hat, kann man ein Vorab-Druck hier herunterladen.

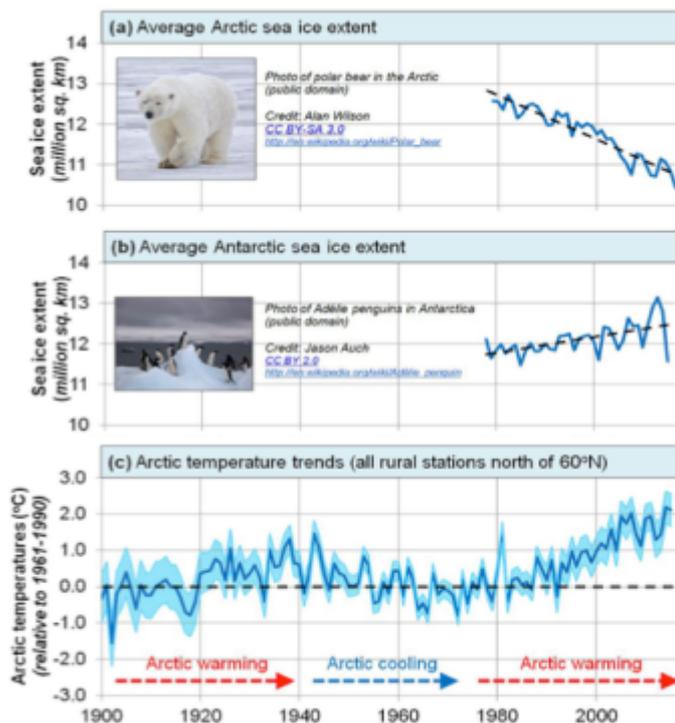
In unserer Studie sind wir zu dem Ergebnis gekommen, dass der jüngste Rückzug des arktischen Meereises während der Satelliten-Ära tatsächlich einer Periode mit Eiszunahme Mitte der vierziger Jahre gefolgt ist, welche wiederum einer anderen Rückzugsphase während der zehner Jahre folgte. Dies zeigt, dass das arktische Meereis **wesentlich** dynamischer ist als man denken könnte, wenn man sich allein die Satellitenaufnahmen anschaut (wie es der *Economist* oben getan hat). Also werden wir in diesem Beitrag detaillierter darauf eingehen, was wir gegenwärtig über Trends des arktischen Meereises wissen.

## Meereis-Trends während der Satelliten-Ära

Die Satellitendaten bzgl. der Meereisausdehnung in der Arktis und um die Antarktis können vom US National Snow & Ice Data Center (NSIDC) hier

heruntergeladen werden. In den folgenden Graphiken plotteten wir die jährliche Meereis-Ausdehnung aus dieser Satelliten-Ära sowohl für die Arktis als auch für die Antarktis. Zum Vergleich sind die Temperaturtrends in der Arktis seit 1900 eingetragen (übernommen aus unserem HSJ-Beitrag).

Wir erkennen: Jawohl, die mittlere Ausdehnung des arktischen Meereises hat seit Beginn der Satellitenaufzeichnungen allgemein abgenommen. Jedoch hat die Ausdehnung des Meereises um die Antarktis im gleichen Zeitraum allgemein **zugenommen**. Wenn wir jedoch unser Augenmerk auf die viel längeren Temperaturaufzeichnungen aus der Arktis lenken, können wir sehen, dass dies keine Überraschung ist. Seit Ende der siebziger Jahre (also zu Beginn der Satellitenaufzeichnungen) hat sich die Arktis erwärmt, aber dies folgte einer Periode der Abkühlung in der Arktis von den vierziger bis Anfang der siebziger Jahre! Mit anderen Worten, hätten die Satellitenaufzeichnungen in den vierziger Jahren begonnen und würde das arktische Meereis mit den Temperaturen zusammenhängen, hätten wir vermutlich eine Periode mit Meereis-**Wachstum** gefunden.

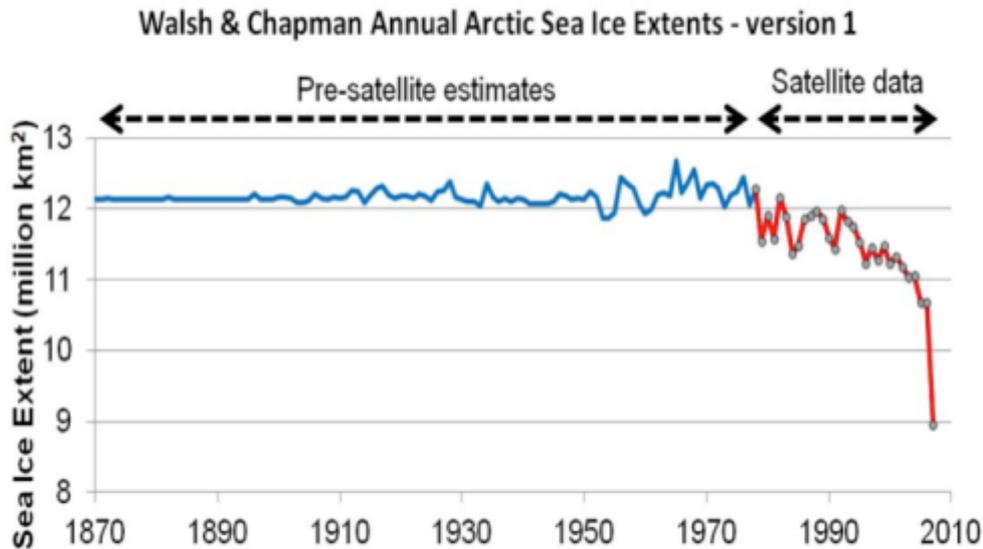


## Änderungen des arktischen Meereises vor der Satelliten-Ära

Einer der Gründe für das große Interesse an Meereis-Aufzeichnungen auf der Grundlage von Satelliten-Beobachtungen ist der Umstand, dass die meisten Gebiete des Planeten kontinuierlich überwacht werden. Aber man hat das arktische Meereis auch vor der Satelliten-Ära überwacht mittels zahlreicher Messungen an Landstationen, von Schiffen, U-Booten Bojen und Flugzeugen.

Während der neunziger Jahre und zu Beginn dieses Jahrhunderts haben die Professoren Walsh und Chapman versucht, einige dieser Messungen vor der

Satelliten-Ära zu kombinieren, um die Satellitenaufzeichnung rückwärts bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts zu erweitern. Man erkennt in der Abbildung unten, dass ihre Schätzungen implizierten, dass es vor der Satelliten-Ära praktisch keine Variabilität gegeben hatte!



Viele Jahre lang war der „Walsh and Chapman“-Datensatz als ziemlich zuverlässig und genau eingeschätzt worden. Er fand in der wissenschaftlichen Gemeinschaft weithin Verwendung.

Wie man aus dem folgenden Videoclip erkennen kann [der hier aus urheberrechtlichen Gründen nur als Link angegeben ist] wurde er sogar in dem Al-Gore-Fil „An Inconvenient Truth“ aus dem Jahr 2006 gezeigt, obwohl Gore da etwas durcheinander gebracht zu haben scheint, welche Daten er eigentlich zeigt, behauptet er doch, dass die Walsh & Chapman-Graphik auf „Messungen der Eisdicke von U-Booten“ beruht.

<https://www.youtube.com/watch?v=vTFuGHWTIqI>

Übrigens haben wir den Verdacht, dass die von Gore erwähnten U-Boot-Messungen vermutlich diejenigen von Rothrock et al. (1999) sind (hier ohne Zahlschranke), aber jene Messungen sind viel mehr begrenzt als Gore impliziert, und sie wurden bereits im Jahre 1999 veröffentlicht. Damit ist unklar, warum Gore sich bemüßigt fühlte, „sie zur Veröffentlichung zu überreden“.

Als wir jedoch detailliert auf die Daten vor der Satelliten-Ära schauten, erkannten wir, dass es bei den Walsh & Chapman-Schätzungen ernste Probleme gab.

Das Hauptproblem ist, dass die Daten vor der Satelliten-Ära sehr

limitiert sind. Falls ein Schiff durch ein bestimmtes Gebiet während einer bestimmten Jahreszeit fährt, hätten diese Auskunft geben können über das Eis in jenem Gebiet oder ob es eisfrei war. Aber was macht man, wenn dort nie Schiffe gefahren (oder Flugzeuge geflogen) sind?

Es scheint, dass in **vielen** Fällen, wenn Walsh & Chapman Messungen aus einem bestimmten Gebiet vorliegen haben, sie im Grunde am Ende davon ausgingen, dass jene Regionen mit Eis angefüllt waren!

Zum Beispiel zeigt die Karte links in der Abbildung unten die von Walsh & Chapman herangezogene Hauptdatenquelle für August 1952. Es ist eine Schätzung der arktischen Meereis-Ausdehnung, welche vom Danish Meteorological Institute (DMI) vorgenommen worden war. Die roten Linien auf der Karte zeichnen die Eisgrenzen nach, wo das DMI tatsächlich Messungen durchgeführt hat – in diesem Falle zumeist um Grönland und Ostkanada. Die weißen Regionen auf der übrigen Karte zeigen Gebiete, in denen „Eis angenommen wurde, ohne dass man Informationen dazu habe“. Mit anderen Worten, das DMI hat **geraten**, dass es dort Eis geben könnte, aber man wusste es beim DMI nicht!



(a) August 1952 sea ice estimates according to Danish Meteorological Institute (DMI) charts



(b) August 1952 Siberian sea ice estimates according to the Russian-based Arctic and Antarctic Research Institute's (AARI's) data

Dieser Zeitraum lag mitten im Kalten Krieg, und leider gab es kaum Datenaustausch zwischen der Sowjetunion und westlichen Ländern wie Dänemark. Also lagen dem DMI praktisch keinerlei Informationen aus dem russischen Sektor der Arktis vor. Allerdings haben die Russen zufälligerweise ihre eigenen Beobachtungen des russischen Meereises durchgeführt mittels Luftaufklärung, Schiffen, Bojen usw. Im 21. Jahrhundert haben einige russische Wissenschaftler angefangen, diese Daten zu digitalisieren und zu veröffentlichen. Die Karte auf der rechten Seite zeigt die russischen Beobachtungen für genau den gleichen Monat (August 1952). Die blauen Gebiete waren eisfrei, die weißen

Regionen mit Eis angefüllt. In den grau gefärbten Gebieten wurden keine Messungen durchgeführt.

Erkennen Sie, dass alle Regionen der von den Russen überwachten sibirischen Arktis eisfrei waren, während das DMI sie mit Eis angefüllt vermutet hat?

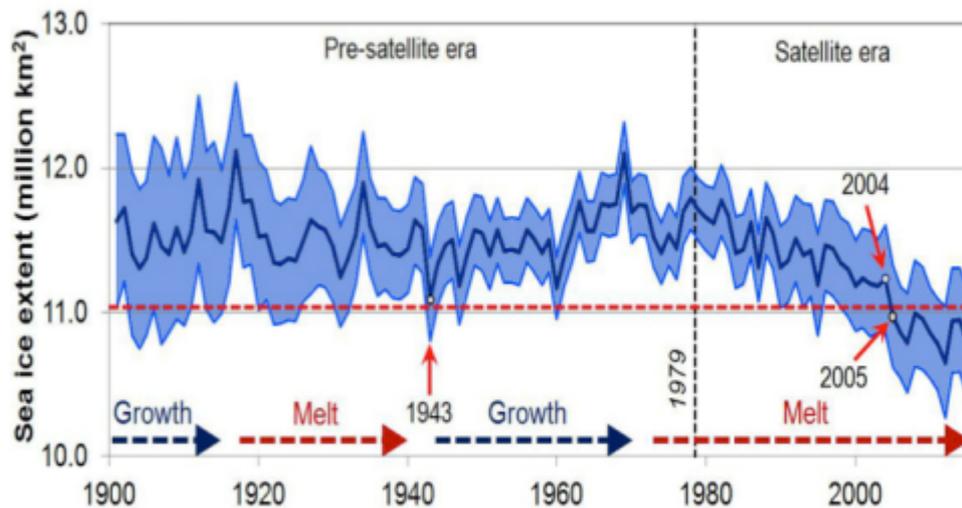
Die Schätzungen von Walsh & Chapman vermuteten, dass die vom DMI geratene Eisverhältnisse genau waren, aber das war keineswegs der Fall!

Jetzt müssen wir erwähnen, dass während der Zeit, in der wir unsere Studie sowohl mit den Russischen Daten als auch mit den DMI-Daten durchführten, Walsh & Chapman ihre Schätzungen aktualisiert haben. Und der neue Walsh et al.-Datensatz zieht den russischen Datensatz ebenfalls heran (hier).

Wie wir in der Studie besprechen, endet ihr Verfahren jedoch immer noch in der effektiven Vermutung, dass die **meisten** Gebiete ohne Beobachtungen „mit Eis angefüllt“ waren! Unserer Ansicht nach ist das eine sehr unkluge Vermutung, vor allem für die ersten Jahre, als es nur sehr wenige Beobachtungen gab.

Wir erkannten also, dass die Daten aus der Vor-Satelliten-Ära neu kalibriert werden mussten, um den begrenzten Beobachtungen und auch den Änderungen in den verschiedenen Datenquellen Rechnung zu tragen (Flugzeuge vs. Schiffe und Bojen usw.) – für verschiedene Gebiete und Zeiträume. Für eine detaillierte Diskussion unseres Re-Kalibrierungs-Verfahrens empfehlen wir, unsere diesbezügliche Studie zu lesen. Das Abstract findet sich hier. Aber im Wesentlichen nutzten wir die Temperaturaufzeichnungen der Arktis von Wetterstationen auf dem Festland um sicherzustellen, dass die Meereis-Messungen jeder einzelnen Datenquelle eine ähnliche Reaktion zeigen auf Änderungen der Temperatur in der Arktis wie jene, welche während der Satelliten-Ära beobachtet worden waren.

Nach der Neukalibrierung erhielten wir das folgende Ergebnis einschließlich der Fehlerbalken:



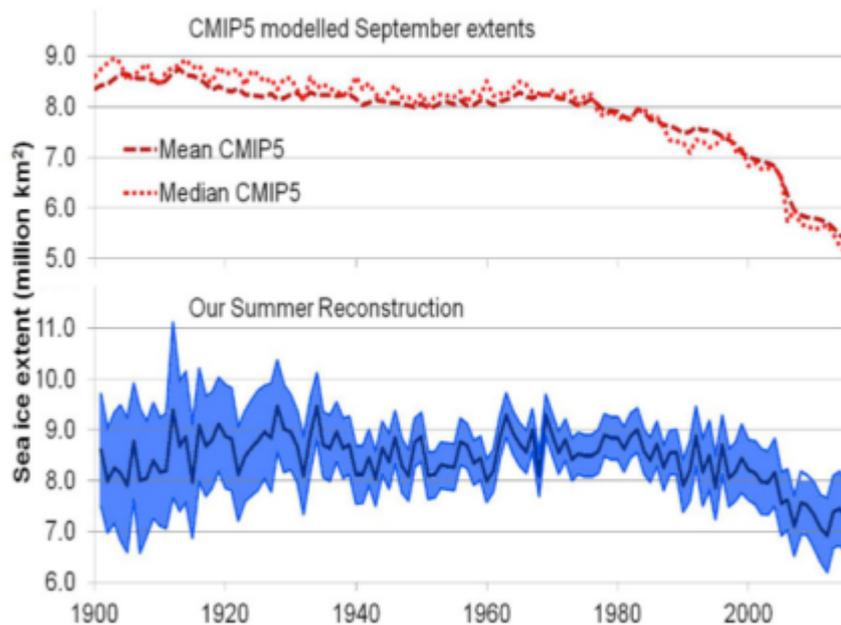
Dabei sind

verschiedene Phänomene zu beachten:

- Während das arktische Meereis in der Tat allgemein abgenommen hat seit Beginn der Satelliten-Ära, folgte dies zufällig einer Periode mit arktischem Meereis-**Wachstum** von den vierziger bis zu den siebziger Jahren!
- Tatsächlich scheint die Arktis regelmäßig zu alternieren zwischen Perioden mit Meereis-Zunahme und -rückzug. Dies unterscheidet sich so ziemlich von den Schätzungen zuvor von Walsh & Chapman, welche implizierten, dass sich das arktische Meereis vor der Satelliten-Ära kaum veränderte!
- Falls wir die Fehlerbalken ignorieren, könnte man vielleicht argumentieren, dass die jeweiligen Meereis-Ausdehnungen seit 2005 geringer sind als seit 1901. Allerdings sollten wir die Fehlerbalken nicht ignorieren. Wir erkennen, dass die Fehlerbalken der Vor-Satelliten-Ära niedriger sind als die größeren Fehlerbalken während der gesamten Satelliten-Ära. Mit anderen Worten, die gegenwärtig niedrigen Werte sind **immer noch** konsistent mit unseren Schätzungen aus der Vor-Satelliten-Ära.

Ein brauchbarer Test der vom IPCC verwendeten globalen Klimamodelle (mit der Bezeichnung „CMIP5“-Modelle) ist deren Fähigkeit, arktische Meereis-Trends im Nachhinein abzubilden [„hindcast“]. Eine „Nachhersage“ ist eine „Vorhersage“, welche zeitlich zurück verläuft.

Unten vergleichen wir unsere Sommer-Rekonstruktion mit dem Mittel der Nachhersagen der IPCC-Klimamodelle.



Man erkennt, dass die IPCC-Modelle in keiner Weise in der Lage waren, die unterschiedlichen Wachstums- und Rückzugsphasen zu reproduzieren.

### Änderungen des arktischen Meereises während der letzten 10.000 Jahre

Während der letzten Jahre haben viele Forscher ein interessantes neues „Proxy“ für die Bedeckung mit arktischem Meereis entwickelt mit der Bezeichnung „PIP-25“. Dieses kann herangezogen werden für die Abschätzung langfristiger Änderungen der Meereisausdehnung. Ein „Proxy“ ist eine Art Messung zur indirekten Abschätzung einiger Eigenschaften – in diesem Falle die arktische Meereisausdehnung.

Im Jahre 2007 bemerkten Prof. Simon Belt und seine Kollegen, dass ein bestimmter Algentyp, der nur im Meereis wächst, eine besondere Gruppe von Molekülen bildet mit der Bezeichnung „IP-25“ – siehe Belt et al. 2007 (Abstract hier, Link zu Google Scholar hier). Ihr Ergebnis: falls das Meereis in einer Region im Sommer schmilzt, sinken einige dieser IP-25 auf den Meeresboden als Teil der Ozean-Sedimente. Falls es jedoch kein Meereis gibt, oder falls das Meereis das ganze Jahr über erhalten bleibt, dann enthalten die Ozean-Sedimente jenes Jahres keinerlei IP-25. Falls man also einen Sediment-Bohrkern zieht für jenes Gebiet, kann man die Gegenwart von IP-25 als Proxy heranziehen für „jahreszeitliches Meereis“, d. h. Eis, das sich nur zeitweise im Jahr bildet.

Später erkannte man, dass falls IP-25 fehlten, auch das Vorhandensein anderer Phytoplankton-Spezies herangezogen werden konnte, um zu unterscheiden zwischen Perioden mit permanenter Eisbedeckung (weniger Wachstum des Phytoplanktons infolge verringerter Sonnenstrahlung unter dem Eis) und eisfreien Bedingungen (stärkeres Wachstum des Phytoplanktons). Kombiniert man die IP-25 mit Phytoplankton-Messungen in

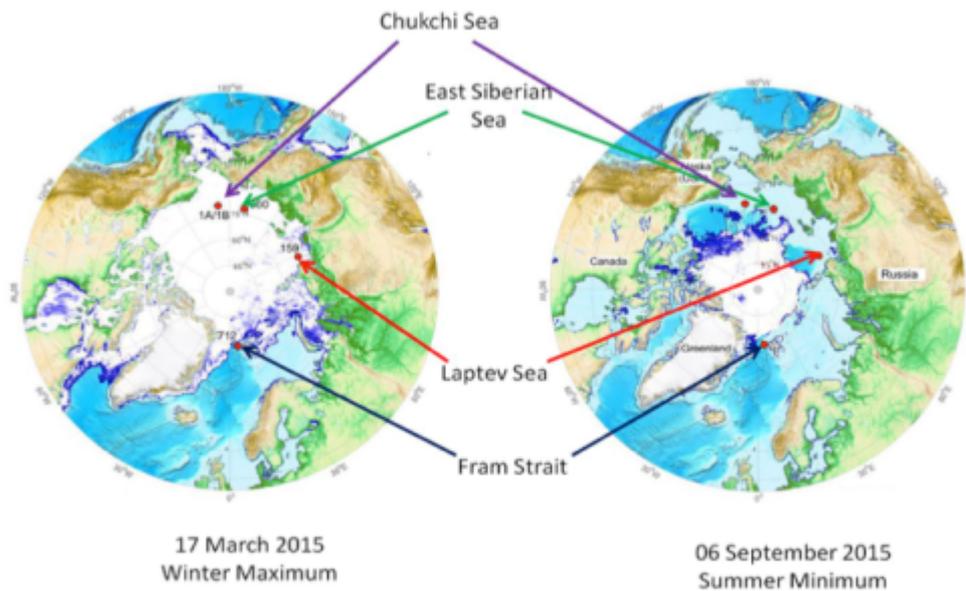
einem ozeanischen Sediment-Bohrkern, hat man eine „PIP-25“-Proxy-Reihe, welche zwischen drei Typen der Eisbedeckung unterscheiden kann:

- Permanente Eisbedeckung (wenig IP-25 und wenig Phytoplankton)
- Jahreszeitliche Eisbedeckung (hohe IP-25)
- Zumeist eisfrei (wenig IP-25, aber viel Phytoplankton)

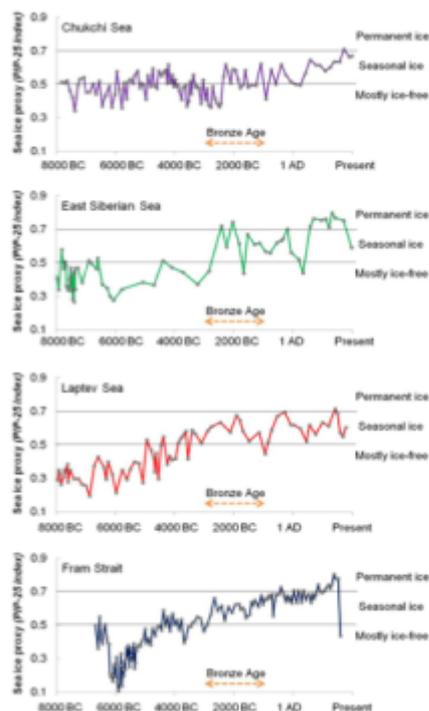
In Stein et al. (2017) präsentierten Prof. Rüdiger Stein und seine Kollegen die Ergebnisse von zwei neuen PIP-25-Sedimentbohrkernen (aus der Tschuktschen-See und dem Ostsibirischen Meer) und verglichen sie mit anderen zwei Bohrkernen aus früheren Studien in anderen Gebieten der Arktis (einen aus der Laptev-See und der andere aus der Fram-Straße).

Wir haben die Karten unten angepasst an Abbildung 2 von Stein et al. 2017, mit einigen Markierungen, um die Stellen einfacher zu erkennen. Die Karten zeigen die Stelle der vier Bohrkerne relativ zur maximalen bzw. minimalen Meereisausdehnung im Jahre 2015. Die vier Bohrkerne sind ziemlich gleichmäßig in der Arktis verteilt und sollten daher eine vernünftige Schätzung gestatten, wie das Meereis in der gesamten Arktis langfristig variiert hat.

Man beachte, dass alle vier Bohrstellen während des sommerlichen Minimums (am 6. September 2015) eisfrei waren, dass aber drei Stellen während des Winter-Maximums eisbedeckt waren. Mit anderen Worten, an diesen drei Stellen gab es „jahreszeitliche Eisbedeckung“, während die übrige Stelle (in der Fram-Straße) auch zum winterlichen Maximum (am 17. März 2015) außerhalb der eisbedeckten Gebiete lag. Also ist jene Station derzeit „zumeist eisfrei“. Wie wir jedoch gleich sehen werden, zeigen die PIP-25-Sediment-Bohrkerne, dass sich diese Bedingungen mit der Zeit verändert haben.



Für die vier Plots unten haben wir die PIP-25-Ergebnisse für die vier Sediment-Bohrkerne digitalisiert, und zwar von Abbildung 10 in Stein et al. 2017. Grob gesagt zeigen PIP-25-Werte über 0,5, dass das Gebiet zu der Zeit zumeist eisfrei war, während Werte über 0,7 auf permanente Eisbedeckung hinweisen, das heißt also das ganze Jahr über mit Eis bedeckt waren. Werte zwischen 0,5 und 0,7 zeigen, dass es in dem Gebiet „jahreszeitliche Eisbedeckung“ gab, d. h. es war zum winterlichen Maximum mit Eis bedeckt, im sommerlichen Minimum jedoch eisfrei.



Wie oben erwähnt durchlaufen drei der Vier Stellen gegenwärtig „jahreszeitliche Eisbedeckung“, während die Stelle in der Fram-Straße „zumeist eisfrei“ war. Allerdings durchliefen den PIP-25-Daten zufolge während der letzten 10.000 Jahre alle vier Stellen extensive Perioden mit weniger Eisbedeckung ebenso wie extensive Perioden mit viel mehr Eisbedeckung. Im Besonderen scheint die Eisbedeckung an allen vier Stellen vor 6000 bis 8000 Jahren erheblich geringer gewesen zu sein (deutlich vor der Bronzezeit) als es heute der Fall ist.

**Dies deutet auf zwei Punkte, die besonders relevant für unsere Diskussion sind:**

- Arktische Meereis-Ausdehnungen haben sehr viel Variabilität gezeigt während der letzten 10.000 Jahre (mindestens), so dass wir nicht allzu überrascht sein sollten, dass sich die Ausdehnungen seit Beginn der Satellitenaufzeichnungen im Jahr 1978 substantiell verändert haben.
- Trotz des weit verbreiteten Glaubens, dass die gegenwärtige arktische Eisbedeckung „ungewöhnlich gering“ ist, scheint es so, als ob die Eisbedeckung vor 6000 bis 8000 Jahren noch deutlich geringer war.

### **Zusammenfassung**

- Nach der Neu-Kalibrierung der Daten vor der Satelliten-Ära kommt zum Vorschein, dass das arktische Meereis alterniert hat zwischen Perioden mit Wachstum und Perioden mit Schrumpfung. Die Satellitenaufzeichnungen begannen zufällig am Ende von einer der Wachstumsperioden. Dies hat zu der irrigen Ansicht verleitet, dass der Eisrückgang nach 1978 ungewöhnlich ist.
- Die Ergebnisse neuer Meereis-Proxys aus Ozean-Sedimentbohrkernen zeigen, dass die Eisausdehnung in der Arktis während der letzten 10.000 Jahre substantiell variiert hat. Sie zeigen außerdem, dass die arktische Eisausdehnung vor der Bronzezeit noch viel geringer war als heute.
- Die gegenwärtigen globalen Klimamodelle sind nicht in der Lage, die beobachteten Änderungen des arktischen Meereises seit 1901 abzubilden. Daher dürften sie die natürliche Meereis-Variabilität erheblich unterschätzen.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2017/08/17/what-do-we-know-about-arctic-sea-ice-trends/>

Übersetzt von Chris Frey EIKE