

Braunschweigische  
Wissenschaftliche Gesellschaft

# Jahrbuch 2017

Sonderdruck  
Seiten 174–176



J. CRAMER Verlag · Braunschweig  
2018

# FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG KOLLOQUIUM

## Das Ende der Eis-Zeit?\*

DIRK NOTZ

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Bundesstraße 53, DE-20146 Hamburg,  
E-Mail: dirk.notz@mpimet.mpg.de

Im August 1912 erreichte unter Leitung von Herbert Schröder-Stranz der Motorsegler *Herzog Ernst* Spitzbergen. Ziel der Reise war es, Ausrüstung zu testen, die im Rahmen der für 1913 geplanten Deutschen Arktischen Expedition eingesetzt werden sollte. Zu dieser Expedition sollte es aber nicht mehr kommen, weil die Vorexpedition im Jahr 1912 als Tragödie endete. Von den zehn deutschen Expeditionsteilnehmern kehrten nur drei lebend nach Deutschland zurück. Eine der Hauptursachen für das Scheitern der Expedition lag darin, dass die *Herzog Ernst* am Nordrand von Nordostland in der Sorgebucht vom Packeis eingeschlossen wurde und nicht, wie geplant, noch im gleichen Jahr nach Norwegen zurückfahren konnte.

Als ich selbst im September 2007 mit dem Motorsegler *Dagmar Aaen* des deutschen Expeditionsleiters Arved Fuchs die Sorgebucht erreichte, war dort von Packeis weit und breit nichts zu sehen. Erst mehrere hundert Seemeilen weiter Richtung Nordpol trafen wir auf die ersten versprengten Packeisfelder, kein Vergleich mit den Eismassen, die hundert Jahre zuvor die *Herzog Ernst* eingeschlossen hatten.

Nun ist natürlich eine solche Momentaufnahme in einem chaotischen System wie dem Klimasystem der Erde kein Beweis für einen Trend oder eine systematische Veränderung. Erst die Tatsache, dass auch langfristige, großskalige Messungen vom Satelliten aus einen erheblichen Verlust von Arktischem Packeis zeigen, sind ein eindeutiges Indiz dafür, dass sich das Klima in der Arktis im Moment in atemberaubendem Tempo verändert. So hat sich die vom Packeis im Sommer bedeckte Fläche in den letzten Jahrzehnten etwa halbiert, und auch die Dicke des Packeises im Sommer ist nur noch halb so groß wie vor einigen Jahrzehnten. Zusammengenommen beträgt also das Volumen des Arktischen

---

\* Der Vortrag wurde am 05.05.2017 beim Carl-Friedrich-Gauß-Kolloquium anlässlich der Jahresversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

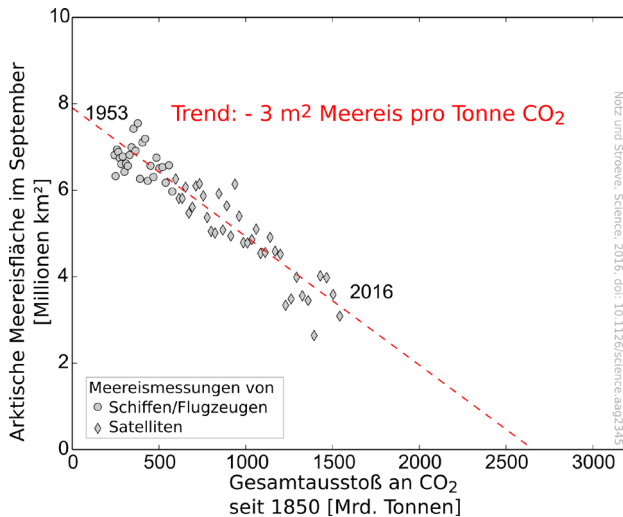


Abb. 1: Zusammenhang zwischen der Gesamtmenge an anthropogenem CO<sub>2</sub> Ausstoß seit 1850 und der von Meereis bedeckten Fläche im September in der Arktis (Nach *Notz und Stroeve, 2016*).

Packeises im Sommer nur noch etwa ein Viertel des Volumens von vor einigen Jahrzehnten. Was in Zukunft mit diesem letzten Viertel passieren wird, ist eine der Hauptfragestellungen in unserer Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg.

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir zunächst analysieren, warum das Packeis in der Arktis so schnell verschwindet. Dafür gibt es vor allem drei mögliche Ursachen, nämlich den menschengemachten Klimawandel durch die Emission von Treibhausgasen, Veränderungen in der Sonneneinstrahlung, und natürliche Schwankungen. Bei einer Analyse dieser drei Faktoren zeigt sich, dass nur der menschengemachte Klimawandel als Hauptauslöser für den Eisrückgang in Frage kommt: Natürliche Schwankungen im Klimasystem sind zu gering, um den Eisrückgang zu erklären, und die Sonneneinstrahlung in der Arktis hat in den letzten Jahrzehnten eher abgenommen, sodass auch die Sonne nicht für den Eisrückgang verantwortlich gemacht werden kann.

Bei einer weiterführenden Analyse des Zusammenhangs zwischen menschengemachtem Klimawandel und dem Eisverlust in der Arktis zeigt sich ein weitgehend linearer Zusammenhang zwischen der Gesamtmenge an anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen seit der vorindustriellen Zeit und der Ausdehnung von sommerlichem Meereis in der Arktis (Abb. 1). Auch alle Simulationen

mit modernen Klimamodellen zeigen einen entsprechenden linearen Zusammenhang, auch wenn die Steigung der Geraden in den Klimamodellen normalerweise deutlich geringer ist als in den Beobachtungsdaten: Die Beobachtungen zeigen einen Eisverlust von etwa  $3 \text{ m}^2$  sommerlichem Meereis in der Arktis pro Tonne  $\text{CO}_2$  Emissionen, während in den Modellen die Eisfläche pro Tonne  $\text{CO}_2$  nur um etwa  $1,7 \text{ m}^2$  zurückgeht.

Erklären lässt sich der lineare Zusammenhang aus einer simplen geometrischen Betrachtung: Die Zunahme an langwelliger Wärmestrahlung durch  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre führt dazu, dass sich die Eiskante des Packeises weiter in Richtung Norden zu einem Breitengrad mit geringerer kurzweiliger Solareinstrahlung verschiebt. Da die langwellige Wärmestrahlung in dem hier betrachteten Intervall in guter Näherung etwa linear mit der gesamten  $\text{CO}_2$ -Emission ansteigt, und die von einem Breitengrad eingeschlossene Fläche der Erdkugel genauso quadratisch von der entsprechenden Breite abhängt wie die mittlere Solareinstrahlung an diesem Breitengrad, ergibt sich auch konzeptionell ein robuster linearer Zusammenhang zwischen  $\text{CO}_2$ -Emission und Meereisfläche in der Arktis.

Ausgehend von diesem linearen Zusammenhang lässt sich auch die zukünftige Entwicklung des Meereises in der Arktis abschätzen. Klimasimulationen zeigen übereinstimmend, dass der lineare Zusammenhang auch in Zukunft erhalten bleibt. Bei einer derzeitigen Eisfläche von etwa 3 Millionen  $\text{km}^2$  Meereis im Arktischen Sommer dürften wir noch maximal 1000 Gt  $\text{CO}_2$  ausstoßen bis die Arktis ihr komplettes Meereis im Sommer verliert. Bei einem derzeitigen Ausstoß von etwa 40 Gt  $\text{CO}_2$  pro Jahr bliebe also ein Handlungsspielraum von maximal 25 Jahren, um das letzte Viertel des Arktischen Packeises im Sommer zu erhalten.

## Literatur

NOTZ, D. & J. STROEVE (2016): Observed Arctic sea-ice loss directly follows anthropogenic  $\text{CO}_2$  emission. – *Science* **354**(6313):747–750, doi: 10.1126/science.aag2345.