

Das Ende der letzten Eiszeit

Simulation der letzten glazialen Termination mit einem gekoppelten Klima-Eisschild-Modell

M. Prange, M. Schulz, MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen

Kurzgefasst

- Das Ende der letzten Eiszeit (sog. Termination, 21.000-11.000 Jahre vor heute) stellt eine Schlüsselperiode für unser Verständnis von globalen Klimaveränderungen dar.
- Zur Untersuchung des raumzeitlichen Abschmelzverhaltens der Eisschilde und Wechselwirkungen mit dem Atmosphäre-Ozean-System während der letzten glazialen Termination werden transiente Simulationen mit einem gekoppelten globalen Klima-Eisschild-Modell durchgeführt.
- Ein im Klimamodell implementiertes interaktives Mineralstaubmodul erlaubt den Vergleich von Modellergebnissen mit Staubdaten aus Eisbohrkernen und ermöglicht wichtige Rückschlüsse über atmosphärische Zirkulationsänderungen.

Die letzte eiszeitliche Termination (21.000-11.000 Jahre vor heute) stellt eine Schlüsselperiode für unser Verständnis von globalen Klimaveränderungen dar. Diese Phase ist das paläoklimatologisch am besten dokumentierte Beispiel für eine massive Reorganisation des Erd- und Klimasystems, bei der große Eismassen vom amerikanischen und eurasischen Kontinent, aber auch von der Antarktis, abschmolzen und sich der globale Meeresspiegel infolgedessen um rund 120 m hob. Globale Temperaturen stiegen im Jahresmittel um mehrere Grad Celsius und der atmosphärische Kohlendioxid-Gehalt nahm um fast 100 ppmv zu. Dieser Übergang vom letzten glazialen Maximum (LGM) in die jetzige Zwischeneiszeit (Interglazial) geschah jedoch nicht gleichmäßig, sondern war vielmehr durch mehrere abrupte Teilübergänge gekennzeichnet. Dabei wurde die extreme Kaltphase in nördlichen Breiten des Heinrich-Stadials 1 (ca. 18.000-14.700 Jahre vor heute) von der wärmeren Periode des Bölling-Alleröd-Interstadials (ca. 14.700-12.800 Jahre vor heute) abgelöst, bevor es mit dem Jüngeren-Dryas-Stadial (12.800-11.700 vor heute) vorübergehend wieder kälter wurde. Schmelzwassereinträge von den sich zurückziehenden Eisschilden in den Ozean und deren Effekt auf die Tiefenwasserbildung und Tiefenzirkulation werden für diese Klimaschwankungen mitverantwortlich gemacht. Gleichwohl ist das genaue zeitliche Zusammenspiel zwischen Eiszerfall

und Änderungen der Ozeanzirkulation noch immer unverstanden.

Bislang wurden Simulationen der Termination mit ungekoppelten Eisschildmodellen (angetrieben durch vorgeschriebene Klimatologien und statistischen Modellen der Atmosphäre), Eisschildmodellen gekoppelt mit einfachen Energiebilanzmodellen der Atmosphäre oder Erdsystemmodellen mittlerer Komplexität durchgeführt. Wichtige Wechselwirkungsprozesse zwischen Ozean und Eisschilden, aber auch zwischen Eisschilden und Atmosphärenzirkulation konnten somit nicht simuliert werden. Zur Untersuchung der relevanten Prozesse, die zum Zerfall der eiszeitlichen Eisschilde führen und dem resultierenden Einfluss auf das Klimasystem (z.B. mögliches Auslösen von Stadialen), verwenden wir in diesem Projekt daher das komplexe Klimamodell (allgemeines Zirkulationsmodell) CESM, gekoppelt an das dynamisch-thermodynamische Eisschildmodell PISM. Ein interaktives Mineralstaubmodul, das im Klimamodell implementiert ist, erlaubt den Vergleich mit Staubdaten aus Eisbohrkernen. Dies kann einerseits zur Validierung der Simulation verwendet werden, woraus sich wichtige Rückschlüsse über vergangene atmosphärische Zirkulationsänderungen ableiten lassen können. Andererseits wirkt der interaktive Staub auf die atmosphärische Strahlungsbilanz zurück.

Die Untersuchung der Termination mit gekoppelten Eisschilden erfordert zwangsläufig lange transiente Simulationen (im Gegensatz zu kostengünstigeren Zeitscheiben-Klima-Experimenten, die von Gleichgewichtszuständen ausgehen und bei denen die Randbedingungen konstant bleiben). Zur Einsparung von Rechenzeit verwenden wir für die Spin-up- und Tuning-Phase zunächst eine asynchrone Kopplungstechnik zwischen Klima- und Eisschildmodell. Hierbei kann das im Vergleich zum Eisschildmodell wesentlich rechenzeitaufwändigere Klimamodell beschleunigt gerechnet werden.

Das Projekt ist Teil der Arbeitspakete WP1.1 (Coupling of ice sheet models with AOGCMs) und WP1.3 (Long transient simulations) der BMBF-finanzierten nationalen Klimamodellierungsinitiative *PalMod – From the Last Interglacial to the Anthropocene*. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeitspakete ist die Simulation der letzten Termination mit Hilfe gekoppelter Klima-Eisschild-Modelle angetrieben durch kontinuierliche Änderungen in Treibhausgaskonzentrationen und Erdbitalparametern. In einer späteren Projektphase soll das mit Hilfe von Paläo-Proxydaten validierte gekoppelte Modell dann in die

Zukunft gerechnet werden, um verlässlichere Aussagen über die zukünftige Entwicklung der Eisschilde und des globalen Meeresspiegels machen zu können.

WWW

<https://www.palmod.de/de>

Weitere Informationen

[1] <https://www.palmod.de/de>

Projektpartner

Memorial University (Newfoundland, Kanada), NTNU (Norwegian University of Science and Technology, Trondheim), AWI (Bremerhaven), MPI-M (Hamburg), National Center for Atmospheric Research (Boulder, USA)

Förderung

BMBF