

Gekoppelte Modellierung von Eisschilden und Klima

Um das Klimasystem besser zu verstehen, wird das Klima der Vergangenheit (Paläoklima) mit Modellsimulationen untersucht. In der letzten Eiszeit bedeckten riesige Eisschilde nicht nur Grönland und die Antarktis, sondern auch große Teile Nordamerikas, Skandinaviens, und Teile Nordsibiriens. Florian Ziemann und seine Kollegen vom Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) haben ein Eisschildmodell (mPISM) mit dem globalen Klimamodell des MPI-M (ECHAM5/MPIOM) interaktiv gekoppelt, und mit diesem neuen Modellsystem erstmals das Klima, die Eisschilde und ihre Wechselwirkungen unter Eiszeit- und vorindustriellen Bedingungen untersucht.

In den umfassenden gekoppelten Klimamodellen wurden bisher die Eisschilde bei Klimasimulationen zur Untersuchung der Eiszeit vorgegeben. Die Eisschilde verändern sich auf Zeitskalen von Jahrhunderten bis Jahrtausenden und ihre Veränderungen wurden daher für kürzere Simulationen als vernachlässigbar angesehen. Nichtsdestotrotz ändern sich auch diese Eisschilde und interagieren mit den anderen Komponenten des Klimasystems, mit der Atmosphäre und auch mit dem Ozean. Daher sind Simulationen notwendig, die sowohl das Klima als auch die Eisschilde und ihre Wechselwirkungen zu untersuchen.

Die Ergebnisse der Simulationen unter Eiszeitbedingungen und des vorindustriellen Zeitraums stimmen recht gut mit den Beobachtungen und Rekonstruktionen überein. Das zeigt, dass das neue Modellsystem große nichtlineare Klimaänderungen adäquat darstellen kann (Abb. 1).

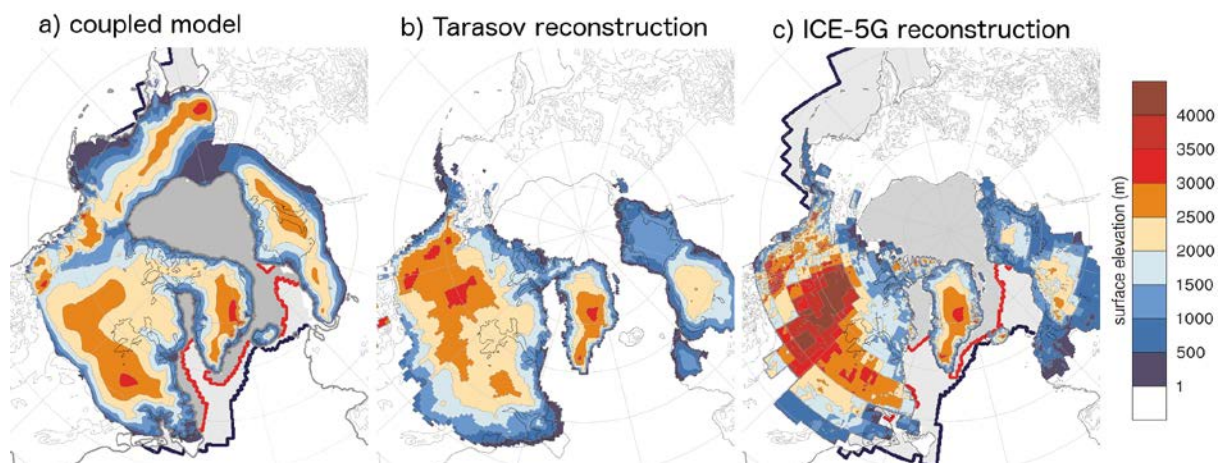


Abb. 1: Vergleich der modellierten Eisschilde mit geologischen Rekonstruktionen

Die Topographie der Eisschilde ist farbig dargestellt. Isolinien zeigen die Topographie in 500 m-Intervallen. Im Ozean zeigt dunkles Grau mit roter Umrandung Gebiete mit ganzjähriger Meereisbedeckung (>15 % in mehr als 50 % der modellierten Jahre). Helles Grau mit schwarzer Umrandung zeigt Gebiete mit temporärer Eisbedeckung in mehr als 50 % der Jahre.

(a) Die Topographie und Meereis-Bedeckung aus dem Eiszeit-Experiment (Mittel über die gesamte Eiszeit-Simulation). **(b)** Die geologische Rekonstruktion von Lev Tarasov (Tarasov and Peltier, 2003; Tarasov et al., 2012). **(c)** Die Rekonstruktion ICE-5G von Peltier (2004) und die Meereis-Bedeckung aus einem Experiment mit dem Klima-Modell, in dem diese Eisschilde vorgegeben wurden.

In den modellierten Eisschilden erfolgt ein großer Teil des Abflusses des Eises durch Eisströme. Viele der Eisströme zeigen ein pulsierendes Verhalten. Auf ein langsames Anwachsen des Eises folgt ein schnelles Abfließen in den Ozean. Im Fall des Eisstromes in der Hudson-Straße erfolgen diese Pulse im Modell alle 7000 Jahre. Dabei wird innerhalb von 1000 bis 2000 Jahren ein Eisvolumen in die Labrador-See transportiert, das einem Meeresspiegelanstieg von 5m entspricht (Abb.2). Dieses stimmt mit den grundsätzlichen Erwartungen an das Auftreten und Rekonstruktionen von Heinrich-Ereignissen¹ aus Sedimentbohrkernen im Atlantik überein.

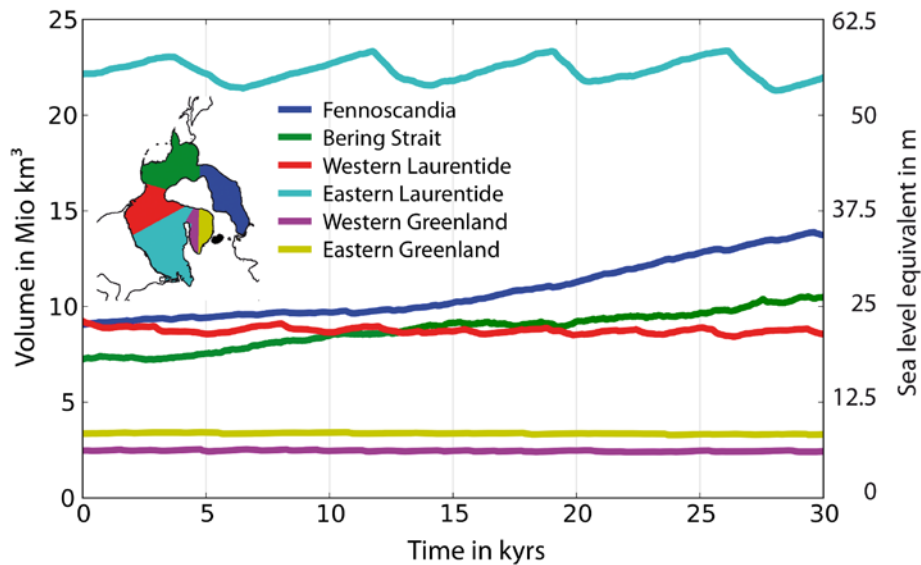


Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der Volumina der Eisschilde während des Experiments. Die Karte zeigt die Aufteilung der Eisschilde in die Regionen. Der östliche Teil des Laurentidischen Eisschildes zeigt langsame Aufbauphasen gefolgt von schnellem Abfall des Eisvolumens. Diese Schwankungen sind die Folge des Pulsierens des Eisstromes in der Hudson-Straße im Modell.

Das Modell zeigt weiterhin zwei verschiedene stabile Zustände von Zirkulation und Tiefenwasserbildung im Nordatlantik, die von der Geometrie der Eisschilde abhängen. Das Auftreten von verschiedenen stabilen Zuständen der Tiefenwasserbildung im Nordatlantik kann zu schnellen Wechseln zwischen diesen Zuständen führen. Solch ein Wechsel brächte eine starke Änderung des Klimas in kurzer Zeit und könnte ein Mechanismus sein, die teilweise recht starken Klimavariationen während des Eiszeitklimas zu erklären.

Um weitere Einblicke in die Interaktion von Eisschilden und Klima zu erhalten, führen Uwe Mikolajewicz und Florian Ziemen derzeit Jahrtausende lange Simulationen durch, die das Abschmelzen der Eisschilde am Ende der Eiszeit untersuchen. Durch den Vergleich mit Rekonstruktionen lassen sich die Modelle dabei verfeinern. Hiervon werden auch die Prognosen des zukünftigen Meeresspiegels und der Ozeanzirkulation profitieren.

¹ **Heinrich-Ereignisse** sind Klimaschwankungen der Eiszeiten, in denen viele Eisberge Sedimente von Kanada aus über den Nordatlantik transportiert haben. Dies ging mit einer starken Abschwächung des Nordatlantikstromes, der Europa mit Wärme versorgt, einher. Spuren dieser Ereignisse lassen sich bis nach China finden. Die Ereignisse wurden aufgrund von Untersuchungen von Sedimenten am atlantischen Meeresboden durch Hartmut Heinrich postuliert.

Originalveröffentlichung:

Ziemen, F.A., C.B. Rodehacke, and U. Mikolajewicz (2014) Coupled ice sheet-climate modeling under glacial and pre-industrial boundary conditions. *Clim. Past*, 10, 1817-1836; doi: 10.5194/cp-10-1817-2014.

Kontakt:

Dr. Florian Ziemen

E-Mail: florian.ziemen@mpimet.mpg.de

Dr. Uwe Mikolajewicz

Max-Planck-Institut für Meteorologie

Tel.: 040 41173 243

E-Mail: uwe.mikolajewicz@mpimet.mpg.de