

Simulation eiszeitlicher Klimaänderungen

Einleitung

Im Laufe der letzten 2 Millionen Jahre kam es immer wieder zu - in geologischen Zeiträumen gesehen - sehr raschen Vorstößen der Inlandeismassen auf der Nordhemisphäre. Ursache hierfür sind vermutlich kleine Schwankungen der Erdbahnparameter (vor allem Neigung der Erdachse und Präzession der Äquinoktien), die zu Änderungen der globalen Verteilung der Sonneneinstrahlung führen. Die Wirkung dieser Änderungen wird durch Rückkopplungseffekte im Klimasystem verstärkt. Die eiszeitliche Abkühlung ging einher mit einer natürlichen Absenkung des CO_2 -Gehalts der Atmosphäre. (Diese CO_2 -Schwankung wird in der hier gezeigten Modellrechnung aus Beobachtungen vorgegeben.)

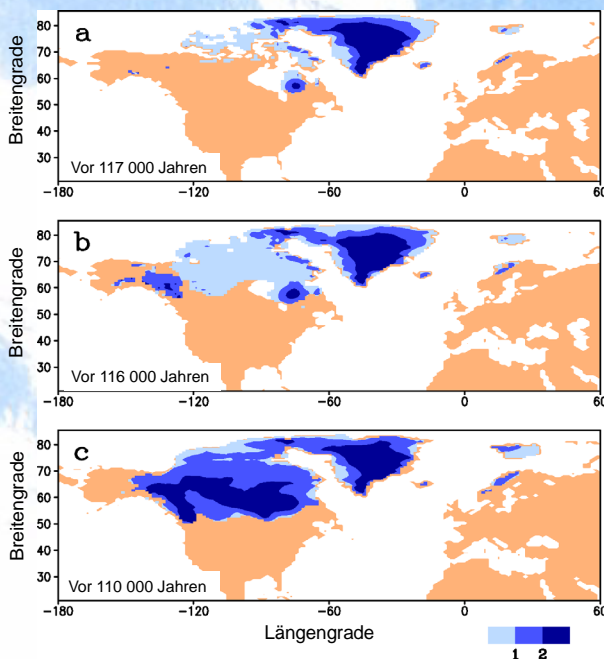


Abbildung 1: Simulation der verschiedenen Phasen des Eisaufbaus zu Beginn der letzten Eiszeit. Der Hauptteil des Eises bildete sich in Nordamerika. a: Zuerst vereisen lediglich kleine Gebiete. b: Durch Rückkopplungs- und Verstärkungsmechanismen innerhalb des Klimasystems erfolgte eine rapide flächenmäßige Vereisung. c: Schließlich folgte allmählich der Anstieg des Eisvolumens.

Wie kam es zur Eiszeit?

Unsere Simulationen erklären die rasche Vereisung der Erde (Abb. 1) - wie sie in verschiedenen Klimaarchiven belegt ist - aus einer Anzahl miteinander zusammenwirkender Mechanismen. So zeigen die Rechnungen, dass sich zwar bei konstanter, für ein Interglazial typischen CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre Inlandeis aufbaut - wenn auch weniger als mit aus Beobachtungen vorgegebener (sinkender) CO_2 -Konzentration -, dass es jedoch bei heutiger Verteilung der Sonneneinstrahlung keinen Eisaufbau geben kann (Abb. 2a), d.h., den Anstoß zur Vereisung gibt die Änderung der Sonneneinstrahlung. Ferner zeigt sich, dass die Dynamik der Vegetation allein nur einen geringen Effekt auf das Eisvolumen hat (vergl. AI mit AVI in Abb. 2b). Wirken

jedoch Vegetationsdynamik und Änderung der Ozeanzirkulation zusammen, so ergibt die Modellsimulation einen deutlich rascheren (und realistischeren) Aufbau des Inlandeises (vergl. AOI mit AOVl).

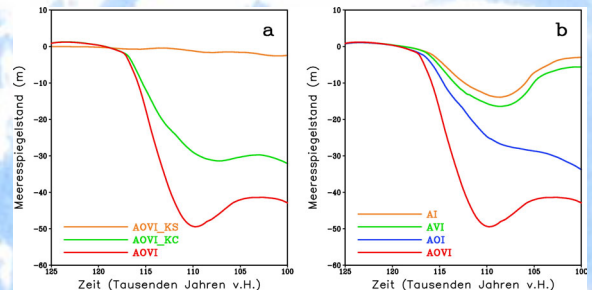


Abbildung 2: Eisaufbau unter verschiedenen Modellannahmen im Vergleich mit der Standardrechnung AOVl. a: AOVl_KS und AOVl_KC: konstante heutige Sonneneinstrahlung bzw. CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre b: Die Dynamik der Klimakomponenten O (= Ozean) und V (=Vegetation) wird wechselseitig aus- oder eingeschaltet; AOI ist z.B. eine Simulation mit dynamischen Atmosphären-, Ozean- und Inlandeismodellkomponenten, aber konstant gehaltener Vegetation.

Abrupte Klimaänderungen

Nachdem das Eis in Nordamerika eine kritische vertikale Mächtigkeit erreicht hatte, kam es etwa alle 7-10.000 Jahre hauptsächlich im Gebiet um die Hudson Bay und die Hudson Strait zu einem sehr raschen Abrutschen ("Surging") des Eises (Abb. 3) verbunden mit Meeresspiegelschwankungen von bis zu 20 m. Das abrupte Kalben der Eismassen in den Atlantischen Ozean wird als Heinrich-Ereignis bezeichnet. Dieser Prozess wurde am PIK zum ersten Mal realistisch im Computer wiedergegeben. In unserem Modell spielen dabei thermische Effekte am Eisboden eine wichtige Rolle. Wenn das basale Eis schmilzt, wirkt das Wasser zusammen mit dem Sediment, auf dem das Inlandeis aufliegt, wie ein Schmiermittel, was zu Gleitgeschwindigkeiten der Eismassen von bis zu 7 km/Jahr führt. Weil die kalbenden Eisberge den Süßwassereintrag in den Nordatlantik erhöhen, kam die ozeanische (thermohaline) Zirkulation während der Heinrich-Ereignisse zum Erliegen. Das resultierende Klimasignal ist weltweit zu sehen.

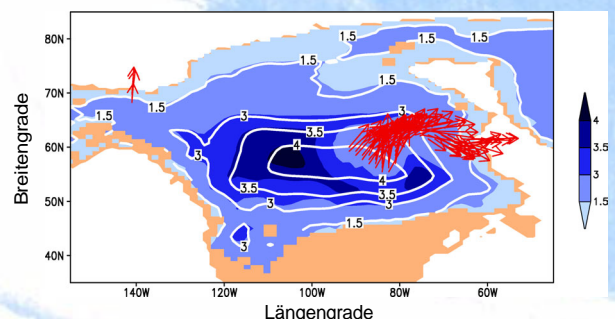


Abbildung 3: Das Laurentische Inlandeis vor (die Orografie wird in Höhenlinien dargestellt) und nach (die Orografie wird in Blautönen dargestellt) einem Heinrich-Ereignis. Die roten Pfeile zeigen den Fluss des Eises während des Heinrich-Ereignisses. Es ist deutlich zu sehen, dass das Inlandeis sich von einer Eindom- zu einer Zweidomstruktur entwickelt, weil immense Eismassen in das Labradormeer abfließen.

Ansprechpartner: Martin Claussen, Reinhard Calov

