

Rekonstruktion paläoklimatischer Veränderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs — RESPIC

P. Köhler, J. Schmitt, F. Fundel, B. Twarloh & H. Fischer

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft
Postfach 12 01 61, 27515 Bremerhaven, email: pkoehler@awi-bremerhaven.de, hufischer@awi-bremerhaven.de

Zusammenfassung

Eiskerne stellen ein einzigartiges Archiv der Paläoatmosphäre dar. Schwerpunkt von RESPIC ist die Untersuchung der Wechselwirkung von Klima und Kohlenstoffkreislauf im Verlauf des letzten glazialen Zyklus. Dazu werden Untersuchungen der CO₂-Isotopie in Luftteinschlüssen an dem neuen EPICA Eiskern in Dronning Maud Land (DML), Antarktis, durchgeführt. Eiskern-Zeitreihen zu Änderungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs werden mit dem neuentwickelten Modell BICYCLE interpretiert. Erste Untersuchungen unterstützen einen massgeblichen Einfluss nordhemisphärischer Temperaturänderungen auf das terrestrische Kohlenstoffreservoir und damit auf δ¹³C in der Atmosphäre. Im Gegensatz zu Zeitscheibenexperimenten wird die notwendige CO₂-Emission aus dem Ozean in transienten, gekoppelten Läufen der Deglaziation durch bisher diskutierte Prozesse nicht quantitativ erklärt.

Kohlenstoffarchive in Eisbohrkernen

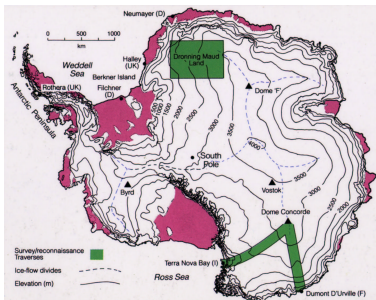
CO₂ und δ¹³C-Zeitreihen antarktischer Eisbohrkerne zeigen signifikante Änderungen im Verlauf der letzten 40000 Jahre. Ein einfacher Bilanzansatz zeigt, dass Variationen von bis zu 20 ppmv in CO₂ und 0.2 ‰ in δ¹³C im Holozän und LGM quantitativ durch Anwachsen/Schwinden des terrestrischen Kohlenstoffreservoirs erklärt werden können (Indermühle et al. 1999, Fischer et al. 2003). Die zum antarktischen Temperaturanstieg synchronen Änderungen im Verlauf des Glazial/Interglazial-Übergangs (ca. 80 ppmv in CO₂ und 0.7 ‰ in δ¹³C) spiegeln die dominierende Rolle des Südozeans auf die atmosphärische CO₂-Konzentration wider. δ¹³C ist davon z.T. abgekoppelt und weist auf Temperaturänderungen in der Nordhemisphäre und damit den Einfluss der terrestrischen Biosphäre auf die Kohlenstoffisotopie auch in diesem Zeitintervall hin.

Nur mit Hilfe eines transienten Modellansatzes und besserer δ¹³C-Datensätze kann die Kopplung von Kohlenstoffkreislauf und Klimaänderungen im Verlauf der letzten Deglaziation erklärt werden.

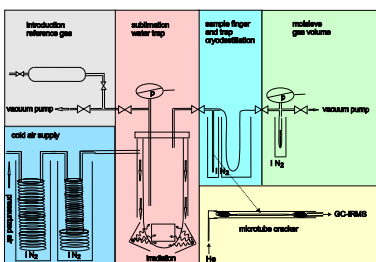
Neue Eiskernarchive

Bisherige zeitlich aufgelöste δ¹³C-Archive beschränken sich auf Messungen am Taylor Dome Eiskern (Smith et al. 1999, Fischer et al. 2003), der vollständig aus Blasenleis besteht. An tieferen Eiskernen, in denen Gas in Form von Klathraten archiviert ist, war bisher keine fraktionierungsfreie Messung möglich. Durch den Aufbau einer neuen Sublimationsextraktion in Verbindung mit einer innerhalb von RESPIC neuentwickelten GCMS-Methode, die die erforderliche Probengröße um den Faktor 100 verringert, sollen solche hochpräzisen Messungen an dem neuen EPICA-DML Eiskern erstmals ermöglicht werden.

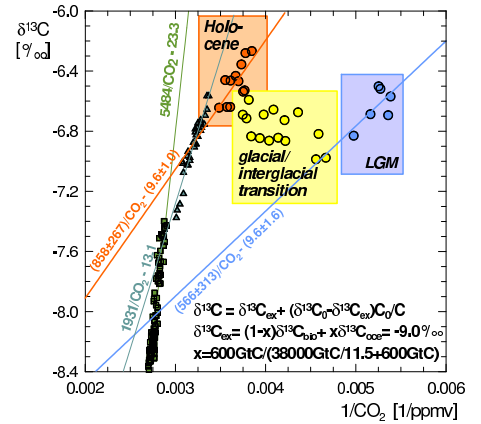
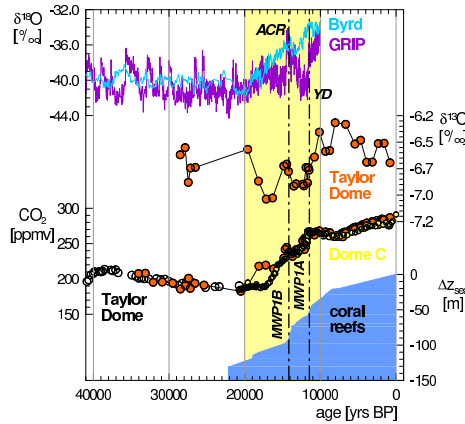
Lokationen des Europäischen Eiskernbohrprojektes EPICA.



Schema der Extraktionsanlage für δ¹³C-Messungen an Klathraten.



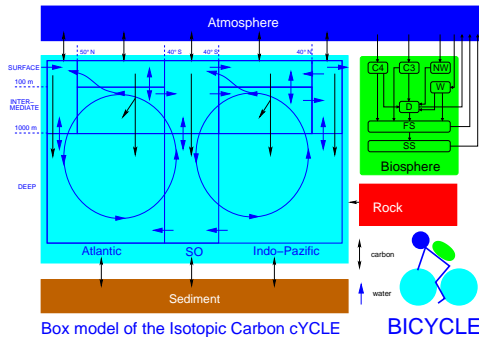
Links: Paläodatenarchive. Temperaturproxy δ¹⁸O aus den Eiskernen Byrd und GRIP (Blunier & Brook 2001); CO₂, δ¹³C, aus den Eiskernen Taylor Dome und Dome C (Smith et al. 1999, Fischer et al. 2003, Monnin et al. 2001, pers. Mitteil.); Meeresspiegeländerungen aus Korallenriffen (Fairbanks 1990). Rechts: Interpretation der CO₂ und δ¹³C-Archive mithilfe eines Isotopenmischungsdiagramms.



Neuer Modellansatz

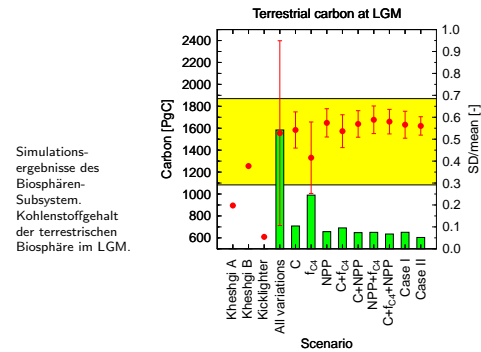
Das zur Dateninterpretation neuentwickelte Boxmodell des globalen Kohlenstoffkreislaufes namens BICYCLE koppelt ein Ozean/Atmosphärenmodell (Munhoven 1997) an eine terrestrische Biosphäre (Emanuel et al. 1984, Kheshgi & Jain 2003). Für eine transiente Simulation wird das Modell mit Paläoarchiven angetrieben. Insbesondere ist es möglich, das Biosphärenmodell mit den gemessenen atmosphärischen Daten anzutreiben und so das Anwachsen der terrestrischen Biomasse während der Deglaziation isoliert zu untersuchen.

Aufbau des Modells BICYCLE bestehend aus Ozean (10 Boxen in fünf Ozeanbecken und drei unterschiedlichen Meerestiefen), Biosphäre (7 Boxen) und Atmosphäre. Im Ozean finden Sedimentationsprozesse statt. Die terrestrische Biosphäre besteht aus global gemittelten Kompartimenten, in denen sowohl C₃/C₄ Photosynthese als auch Lebensdauerdifferenzen im Boden gebundenen Kohlenstoffes aufgelöst werden.

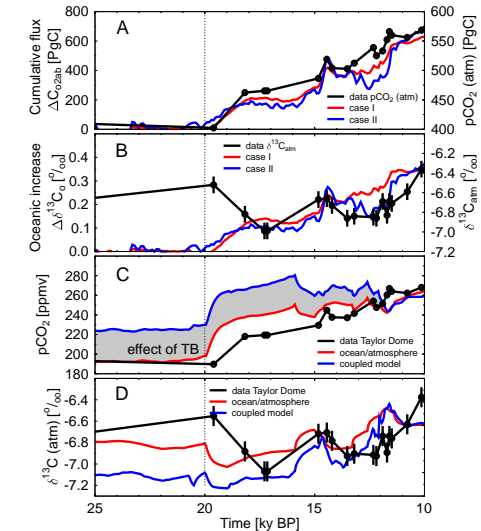


Simulationsergebnisse

Ein prognostizierter Anstieg der terrestrischen Biomasse um 600 PgC während der Deglaziation kann im Rahmen der Modell- und Datenunsicherheit auf unterschiedlichem Wege erreicht werden. Hierbei erscheinen Ergebnisse, die auf einer stärkeren Temperaturabhängigkeit der Biosphäre (Fall II) beruhen auf Grund der Veränderungen im δ¹³C wahrscheinlicher als Szenarien, in denen CO₂-Fertilisierung (Fall I) dominiert (Köhler & Fischer 2003). Bisherige Versuche, den in den Eiskernen archivierten CO₂-Anstieg während der Glazial/Interglazial-Übergänge zu erklären, haben sich auf Gleichgewichtsuntersuchungen des Ozean konzentriert, in denen die steilen Gradienten in den Kohlenstoffflüssen aus dem Ozean in das Atmosphären/Biosphären-Subsystem während des Anwachsens der terrestrischen Biosphäre keine Berücksichtigung finden. Unser Modellansatz zeigt, dass nur mit einer transienten Untersuchung, die alle relevanten Teile des Kohlenstoffkreislaufs berücksichtigt, die entscheidenden Prozesse für die zugrundeliegenden Veränderungen identifiziert werden können.



Berechnete Flüsse (A: Kohlenstoff; B: δ¹³C) aus dem Ozean in das Atmosphäre/Biosphäre Subsystem für Simulationen der terrestrischen Biosphäre. Atmosphärische Kohlenstoffpools (C: pCO₂; D: δ¹³C) für Ozean/Atmosphäre und gekoppelte Ozean/Atmosphäre/Biosphäre-Simulationen.



Referenzen

Blunier, T. & Brook, E. J. 2001. Science 291:109–112.
Emanuel, W. R. et al., 1984. Ecology 65:970–983.
Fairbanks, R. G. 1990. Paleoceanography 5:937–948.
Fischer, H. et al. 2003. Mem Natl. Inst. Polar Res., Spc. Issue 57: 121–138.
Indermühle, A. et al. 1999. Nature 398:121–126.
Kheshgi, H. S., A. K. Jain, 2003. GBC 17, 1047, doi: 10.1029/2001GB001842.
Köhler, P. & Fischer, H. 2003. Global & Planetary Change, submitted.
Monnin, E. et al., 2001. Science 291:112–114.
Munhoven, G. 1997. PhD thesis, Université de Liège, Belgium.
Smith, H. J. et al. 1999. Nature 400:248–250.