



# Nachwuchsforschungsgruppe RESPIC — Paläoklimatische Veränderungen des Kohlenstoffkreislaufes

Peter Köhler und Hubertus Fischer

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



DEKLIM

## Zusammenfassung

Eiskerne stellen ein einzigartiges Archiv zur Rekonstruktion vergangener Klima- und Atmosphärenzustände und deren Wechselwirkungen dar. Schwerpunkt von RESPIC ist die Untersuchung der Kopplung zwischen Klima und Atmosphäre und hier insbesondere der Rolle des Kohlenstoffkreislaufs. Dazu sollen an einem neuen Eiskern aus dem atlantischen Sektor der Antarktis mit Hilfe einer neuen GCMS-Methode isotopische Untersuchungen an CO<sub>2</sub> in Luftblasen im Eis durchgeführt werden. Zusätzlich können durch Rekonstruktion kontinuierlicher Eiskernzeitreihen des marin biogenen Schwefelaerosols Änderungen der biologischen Produktivität des Ozeans und damit der Kohlenstoff-Fixierung dokumentiert werden. Mit Hilfe dieser Messungen und der parallelen Entwicklung eines Modells des globalen Kohlenstoffkreislaufs sollen Änderungen im Austausch der Kohlenstoffreservoirs transient quantifiziert werden. Die quantitative Interpretation der Daten bezieht dabei auch Informationen aus unterschiedlichen anderen Klimaarchiven mit ein.

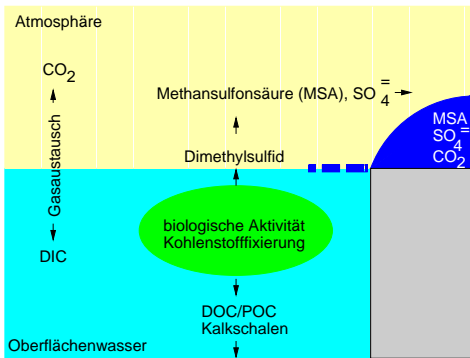
## Idee

Der Wechsel von Warm- und Kaltzeiten war in den vergangenen 400.000 Jahren von signifikanten Änderungen der atmosphärischen CO<sub>2</sub> Konzentration begleitet, die phasenverschoben zu den Temperaturänderungen in der Südhemisphäre ablaufen (Fischer et al. 1999, Indermühle et al. 2000, Petit et al. 1999). Erste Messungen der isotopischen Signatur von CO<sub>2</sub> und Modellstudien zeigen, daß CO<sub>2</sub> Konzentrationsänderungen im Verlauf des Holozäns sowie des letzten glazialen Maximums durch Änderung der terrestrischen Gesamtbioasse verursacht wurden (Indermühle et al. 1999, Smith et al. 1999). Diese grob aufgelösten Messungen überdecken bisher nur den Zeitraum der letzten 30.000 Jahre und gestatten keine Aussage über die Rolle schneller Klimaschwankungen wie z.B. der Dansgaard-Oeschger Ereignisse (Johnsen et al. 1992) auf die Kohlenstoffisotopie und sind nicht ausreichend für die transiente Modellierung des Kohlenstoffkreislaufs im Verlauf der Glaziation bzw. Deglaziation.

## Modellierungsansatz

Das zur Dateninterpretation von uns zu entwickelnde Modell des globalen Kohlenstoffkreislaufes basiert auf einem gut untersuchten Ozeanboxmodell (Munhoven 1997). In diesem Modell werden die Weltozeane mit einer für unsere Fragestellung ausreichenden Genauigkeit in 5 Ozeanbecken (Antarktis, Nord- und Äquatorial-Atlantik, Nord-Pazifik und Äquatorial-Indo-Pazifik) und drei unterschiedlichen Meerestiefen (Oberflächen-, Zwischen-, Tiefenwasser) eingeteilt. Das Modell enthält Sedimentation- und Verwitterungsprozesse sowie Gasaustausch mit der Atmosphäre, jedoch weder eine terrestrische Biosphäre, noch wurden die Kohlenstoffisotope und die sie betreffenden Fraktionierungsprozesse ausreichend genau dargestellt. Zur Interpretation der Kohlenstoffisotopensignale muss daher ein Modul der terrestrischen Biosphäre entwickelt werden. Hierin sind insbesondere die zeitlich unterschiedlichen Vorkommen an C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen zu berücksichtigen.

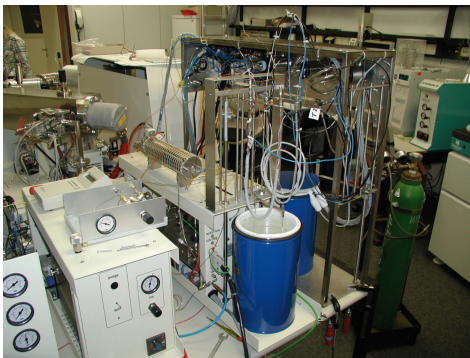
Kopplung von mariner Bioproduktivität mit dem CO<sub>2</sub>-Kreislauf.



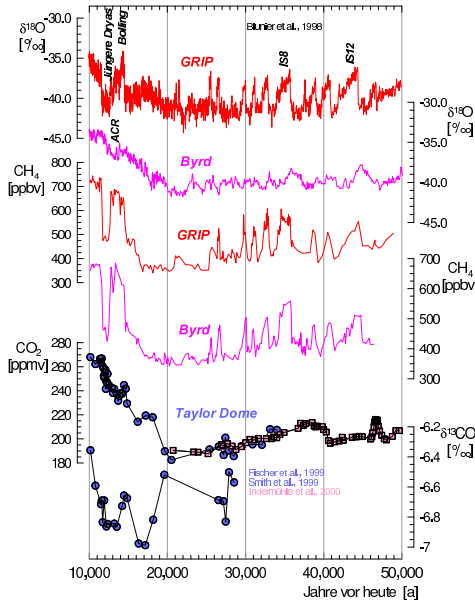
## Eiskernanalysen

Mit einem zu entwickelten neuen Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Verfahren wird die Nachweisgrenze von Spurengasen im Eis um einen Faktor 100 erniedrigt. Weiterhin ist für eine fraktionierungsfreie Extraktion der Spurengase aus dem Eis eine neue Sublimationsmethode notwendig.

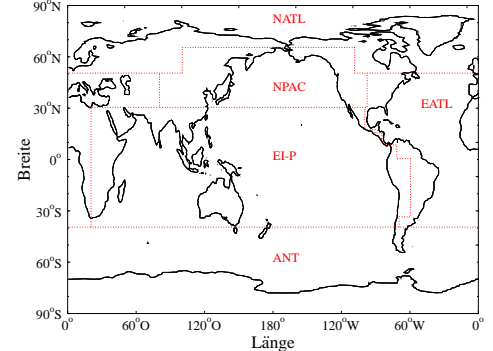
Versuchsaufbau des Gaschromatograph-Massenspektrometers



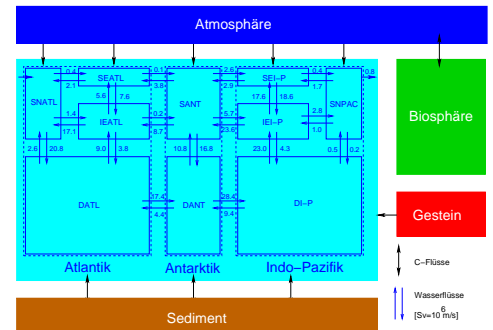
Vergleich von Eiskernarchiven



Definition der Ozeanbecken

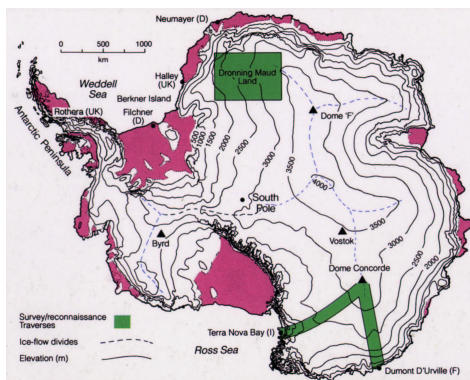


Aufbau des Boxmodells mit Details der Ozeanströmungen



Ein im Rahmen von EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) seit Beginn dieses Jahres gebohrter Eiskern im atlantischen Sektor der Antarktis (Dronning Maud Land) soll zur Beantwortung dieser Fragen entscheidend beitragen. Die Untersuchung des Kohlenstoffkreislaufs bietet in diesem Zusammenhang in zweifacher Hinsicht ein diagnostisches Werkzeug, um Einblick in das Erdklima-System zu erhalten. Zum einen wird der Kohlenstoffkreislauf passiv durch Klimaänderungen beeinflusst, zum anderen nehmen CO<sub>2</sub> und in geringerem Maße auch biogene Aerosole aktiv Einfluß auf die Strahlungsbilanz der Erde. Die Aufgabe von RESPIC ist es deshalb, sowohl  $\delta^{13}C$  records als auch kontinuierliche Zeitreihen zur Variation des marin biogenen Schwefelaerosols aus diesem neuen antarktischen Eiskern abzuleiten und diese Daten mit Hilfe eines Modells des globalen Kohlenstoffkreislaufs quantitativ zu interpretieren.

EPICA Untersuchungsgebiete



Unser Modell wird vorerst im transienten Modus von den uns zur Verfügung stehenden Datensätzen unterschiedlichster Herkunft angetrieben. Aus  $\delta^{18}O$  Daten des Meerwasser sowie aus Korallenchronologien wird der sich ändernde Meeresspiegel bestimmt; Tiefenwassertemperaturen ergeben sich aus Sauerstoffisotopenzusammensetzung benthischer Foraminiferen; aus Modellstudien werden sich ändernde Meeressströmungen (OGC-Modell) und das Vorkommen von C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> Pflanzen bestimmt. Weiterhin beeinflusst die unterschiedlich starke Bedeckung der Ozeane mit Meereis den Gasaustausch zwischen den Ozeanen und der Atmosphäre. In einem zweiten Schritt soll das Modell invertiert werden, um eine Dekonvolution der Eiskerndaten durchzuführen.

## Referenzen

Blunier, T., Chappellaz, J., Schwander, J., Dällenbach, A., Stauffer, B., Stocker, T. F., Raynaud, D., Jouzel, J., Clausen, H. B., Hammer, C. U. & Johnsen, S. J. 1998. Nature, 394:739-743.  
Fischer, H., Wahlen, M., Smith, J., Mastroianni, D., & Deck, B. 1999. Science, 283:1712-1714.  
Indermühle, A., Monnin, E., Stauffer, B., Stocker, T. F., & Wahlen, M. 2000. Geophysical Research Letters, 27:735-738.  
Indermühle, A., Stocker, T. F., Joos, F., Fischer, H., Smith, H. J., Wahlen, M., Deck, B., Mastroianni, D., Tschumi, J., Blunier, T., Meyer, R., & Stauffer, B. 1999. Nature, 398:121-126.  
Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dansgaard, W., Fuhrer, K., Gundestrup, N., Hammer, C. U., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B., Steffensen, J. P. 1992. Nature, 359:311-313.  
Munhoven, G. 1997. PhD thesis, Université de Liege, Belgium.  
Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V. M., Legrand, M., Lipenkov, V. Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., & Steiner, M. 1999. Nature, 399:429-436.  
Smith, H. J., Fischer, H., Wahlen, M., Mastroianni, D., & Deck, B. 1999. Nature, 400:248-250.