

Schlussbericht DEKLIM-CorClim (01LD0031)

- Zuwendungsempfänger:** 1) Jürgen Pätzold, Gerold Wefer
Fachbereich 5, Geowissenschaften, Universität
Bremen;
- 2) Hans von Storch, Eduardo Zorita
Institut für Gewässerphysik, GKSS
Forschungszentrum Geesthacht
- Förderkennzeichen:** 01LD0031
- Vorhabensbezeichnung:** Korallenchronologien des subtropischen
Nordatlantiks (CorClim) – Hochauflösende
Proxyzeitreihen von Bermuda
- Laufzeit des Vorhabens:** 01.01.2002 – 31.12.2004,
verlängert bis 31.05.2005

I Kurze Darstellung von Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

I.1 Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war die Rekonstruktion der Nordatlantischen Klimavariabilität über die letzten Jahrhunderte, wobei der Schwerpunkt auf der Rekonstruktion des Einflusses der Nordatlantischen Oszillation (NAO) lag. Hierzu sollten die Wachstumsparameter und die geochemische (v.a. Sr/Ca) und isotopische (v.a. $\delta^{18}\text{O}$) Zusammensetzung von Korallenskeletten von Bermuda verwendet werden, und zwar in monatlicher bis jährlicher zeitlicher Auflösung. Nach Gewinnung der Proxydaten (I) sollte zunächst der Bezug zu lokalen ozeanographischen und atmosphärischen Parametern untersucht werden (II), um im nächsten Schritt Rückschlüsse auf großräumige Klimamuster zu ziehen (III), was Vergleiche zwischen Proxydaten und Modellergebnissen einschließt. Auf dieser Grundlage sollten die Proxydaten selbst in Modellierungen einfließen (IV).

Geplant war, aus Korallenzeitreihen großräumige Klimamuster zu rekonstruieren, mit denen ein Klimamodelllauf angetrieben werden sollte. Da das dazu notwendige Verfahren (DATUN) noch in der Erprobungsphase war, wurden die Modellierungsziele modifiziert. Die Upscaling Modelle für SST- und SLP-Felder wurden benutzt, um aus schon vorhandenen Klimamodellläufen die Verbindung zwischen Korallenzeitreihen und Meeresoberflächenströmungen abzuleiten. Aufgrund der zu geringen Dichte von Beobachtungsdaten sind solche Untersuchungen nur mit Modelldaten möglich, die mit realistischem Antrieb durchgeführt werden. Solche Simulationen waren bei der GKSS bereits durchgeführt worden.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Für das Vorhaben stand in vorangegangenen Projekten (BMBF Paläoklima, KIHZ) gewonnenes Korallenmaterial zur Verfügung. Davon wurden die zwei größten und besterhaltenen Kolonien vom Nordosten der Bermuda-Riffplattform (Northeast Breakers, Abbildung 1) ausgewählt. Neben diesen rezenten Kolonien (Kolonie BDA 145, *Montastraea cavernosa*; Kolonie BDA 100, *Diploria strigosa*), wurden bereits vorhandene Daten einer Kolonie aus dem 16. Jahrhundert mit einbezogen (Kolonie BDA 18-5, *Diploria labyrinthiformis*). Neben den geochemischen Daten für BDA 18-5 lagen zu Projektbeginn die Wachstumsraten für BDA 145 bereits vor, während die übrigen Daten (der weitaus größere Anteil) innerhalb von CorClim erhoben wurden. Weitere vorhandene Daten von Bermuda-Korallen (Draschba et al., 2000; Cardinal et al., 2001; Cohen et al., 2004) wurden bei der Auswertung berücksichtigt. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit dem DEKLIM-Projekt Clitrans und dem DFG Forschungszentrum Ozeanränder wurde weiterhin Probenmaterial bearbeitet, das von den genannten Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt wurde. Dabei handelt es sich um fünf rezente und Holozäne Korallenkolonien vom Roten Meer (*Porites* spp.).

An instrumentellen Klimadaten fanden sowohl globale Datensätze (HadISST, GISST; beide vom UK Meteorological Office), als auch lokale (mehrere Messstationen auf Bermuda selbst, sowie Hydrostation S, eine Station der Bermuda Biological Station ca. 30 km SE' von Bermuda) Verwendung. Weiterhin wurde der NAO-Index von Jones et al. (1997) benutzt.

Die Gewinnung von Proxydaten aus den Korallen fand vollständig bei den an CorClim beteiligten Institutionen statt, die dazu notwendigen Messgeräte waren vorhanden. Eine umfangreiche, jahrelange Expertise in der Bearbeitung und Auswertung derartigen Materials bestand ebenfalls (Pätzold et al., 1984; Felis et al., 1998; Kuhnert et al., 1999; Pätzold et al., 1999; Felis et al., 2000; Kuhnert et al., 2000; Kuhnert et al., 2002; Felis et al., 2003; Felis et al., 2004; Kuhnert et al., 2005).

Bei der GKSS lagen Erfahrungen bei der statistischen Auswertung von Proxydaten vor, auch bei der Detektion von Klimasignalen in Proxydaten aus globalen Datensätzen. Des Weiteren wurden an dem Institut sowohl Rekonstruktionen von Eiskernzeitreihen aus großräumigen Klimamustern (Crüger et al., 2004) als auch Rekonstruktionen von Klimamustern aus lokalen Proxydaten (Jones und Widmann, 2003) durchgeführt. Für die Untersuchungen mit Modelldaten lagen bei der GKSS die Daten von zwei unter realistischen Bedingungen durchgeführten Simulationen vor (ERIK-Lauf, von 1000 bis 1990 und COLUMBUS-Lauf von 1500 bis 1990).

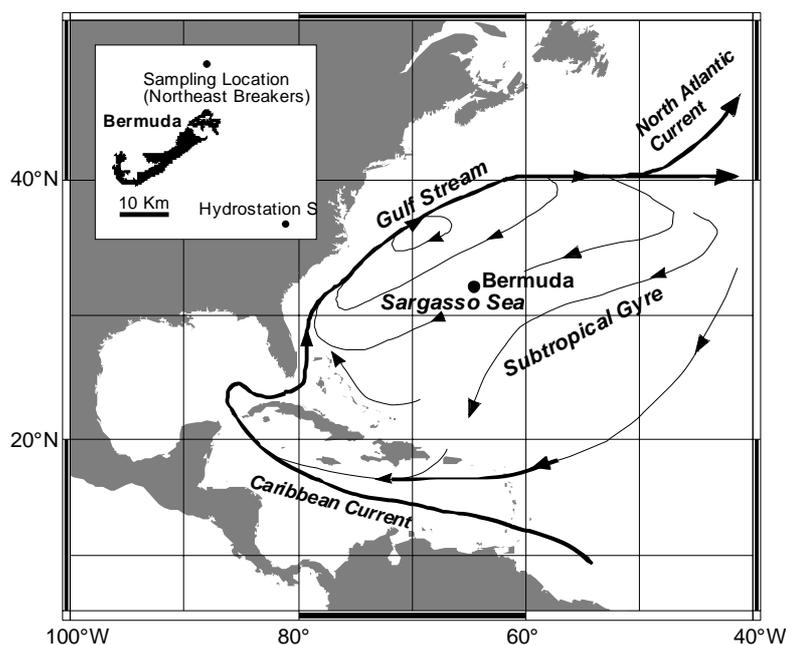


Abbildung 1. Schematische Darstellung der Oberflächenzirkulation im westlichen Nordatlantik. Die Detailkarte zeigt die Probenlokation nördlich von Bermuda (Northeast Breakers) und die Position von Hydrostation S, einer regelmäßig von der Bermuda Biological Station besuchten und beprobten Schiffsposition.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Eines der Teilprojekte (Modellierung am GKSS) startete mit fünfmonatiger Verzögerung. Dadurch ergab sich ein zeitlicher Versatz gegenüber der ursprünglichen Planung. Diese Verzögerung begründete auch die kostenneutrale Verlängerung des Projekts um fünf Monate.

Für das Teilprojekt Paläodaten (Universität Bremen) sah die ursprüngliche Planung vor, geochemische und isotopische Analysen in den ersten zweieinhalb Jahren durchzuführen. Wachstumsparameter sollten über die ersten eineinhalb Jahre erfolgen. Im letzten Jahr sollte der Schwerpunkt auf einer Integration und Synthese der Ergebnisse liegen. Vergleiche mit anderen instrumentellen und Proxydaten, der Datenaustausch mit dem Teilprojekt Modellierung (GKSS Geesthacht) und die Publikation der Ergebnisse sollten über die gesamte Laufzeit des Projekts hinweg geschehen. Eine Abweichung von der ursprünglichen Planung ergab sich durch die Veränderung der Modellierungszielsetzung: In der Zeit, zu der die Simulation und Auswertung mit der DATUN-Technik durchgeführt werden sollte, fanden die Untersuchungen mit den Klimamodellläufen ERIK und COLUMBUS statt. Von anderen, geringfügigen Abweichungen abgesehen, entsprach der Ablauf des Vorhabens weitgehend dem der ursprünglichen Planung.

I.3.1 Erstes Antragsjahr (Kalenderjahr 2002)

Von den untersuchten Kolonien von Bermuda-Korallen wurden (soweit noch nicht vorhanden) Röntgenaufnahmen angefertigt und Chronologien der jährlichen Zuwachsraten sowie qualitative Abschätzungen der Skelettdichten erstellt. Der größte Teil der Mikrobeprobung für die späteren geochemischen und isotopischen Analysen wurde ebenfalls durchgeführt. Erste Messungen von $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, Mg/Ca und Sr/Ca erfolgten mit dem Ziel, die geeignetsten Proxies zu ermitteln. Mg/Ca erwies sich als ungeeignet, die Messungen wurden daher nicht fortgesetzt. Durch Verbesserungen in der analytischen Methode gelang jedoch die Messung von U/Ca, das eine dem Sr/Ca ähnliche Charakteristik zeigte und daher ins Messprogramm aufgenommen wurde.

Des Weiteren wurde die Auswertung bereits vorhandener geochemischer Daten für eine Kolonie, die während des 16. Jahrhunderts wuchs, vervollständigt. Der Nachweis für den Einfluss der NAO konnte erbracht werden (Kuhnert et al., 2002).

Seitens der Modellierung wurden die verschiedenen zur Verfügung stehenden Proxies hinsichtlich großräumiger Korrelationsmuster untersucht. Dafür wurden Wasseroberflächentemperaturen (SSTs), Bodendruckwerte (SLP) und Geopotentialwerte in 500 hPa verwendet. Erste Rekonstruktionen wurden durchgeführt: Als erster Schritt wurden die Sr/Ca-Werte der BDA100 Kolonie aus jährlichen SLP-Werten abgeleitet.

I.3.2 Zweites Antragsjahr (Kalenderjahr 2003)

Die Mikrobeprobung der Bermuda-Korallen wurde abgeschlossen und die geochemischen Messungen wurden weitgehend beendet. Aufgrund der Zusammenarbeit mit dem Projekt DEKLIM-Clitras und dem DFG Forschungszentrum Ozeanränder (RCOM Bremen) wurden rezente und Holozäne Korallen vom Roten Meer zusätzlich ins Messprogramm aufgenommen und Sr/Ca und U/Ca daran bestimmt. Thematische Grundlage der Zusammenarbeit (siehe

auch I.5) bildete die Rekonstruktion des Einflusses der NAO auf die Temperatur-Saisonalität während des Holozäns und des Letzten Interglazials. Diese Rekonstruktion wurde durch eine Kombination von Proxies in Korallen und Modellierung erreicht. Des Weiteren wurden Eiskerndaten aus Grönland mit SLP-Feldern korreliert, um zu untersuchen, ob sie ähnliche Korrelationsmuster aufweisen wie die Bermuda-Korallen.

Erste Versuche zur Rekonstruktion von SST-Feldern wurden durchgeführt. Hierfür wurden zunächst jeweils einzelne Korallenzeitreihen verwendet. Schließlich wurde die Canonische Korrelations Analyse (CCA) getestet. Mit dieser statistischen Methode wurden SLP Felder gefunden, deren Zeitkoeffizienten mit denen der Korallen maximal korreliert sind.

I.3.3 Drittes Antragsjahr (Kalenderjahr 2004)

Sämtliche Messungen wurden abgeschlossen, die Chronologie für Sr/Ca reicht nun zurück bis 1868, diejenige für $\delta^{18}\text{O}$ bis 1825. Die Messungen im Rahmen der Kooperation mit DEKLIM-Clitrans und dem RCOM Bremen wurden ebenfalls vervollständigt und beendet. Der Schwerpunkt der Arbeit lag auf der Auswertung und Publikation (bzw. der Vorbereitung derselben) der Ergebnisse (Felis et al., 2004; Kuhnert et al., 2005). Ein wichtiges Ergebnis war die Klärung der Ursache für die Abhängigkeit von Sr/Ca von der NAO. Zwischenzeitlich deuteten Ergebnisse auf einen entscheidenden Einfluss von Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der lokalen Wassermasse bei Bermuda hin. Die neuesten im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zeigen jedoch, dass Temperatursignale dominieren, wobei die vertikale Temperaturverteilung in der Wassersäule berücksichtigt werden muss.

Durch Optimierung der Kombination der beiden Wachstumskolonien konnte das Ergebnis der Rekonstruktion von SST-Feldern deutlich verbessert werden. Zusätzlich wurde ein Upscaling Modell für den SLP entwickelt. Das Muster dieses Modells entspricht weitgehend dem der Nordatlantischen Oszillation (NAO) bzw. der Arktischen Oszillation (AO). Mit dem Upscaling Modell ist es möglich, interannuelle Schwankungen der NAO/AO zu rekonstruieren.

Außerdem wurde begonnen, die Korallenzeitreihen mit Daten von Ozean-Atmosphäre-Klimamodellen zu koppeln. Dazu wurden die lokalen SSTs von Bermuda mit den Wachstumsraten einer der Kolonien (BDA 145) verglichen.

I.3.4 Viertes Jahr nach Projektverlängerung (01.01.-31.05.2005)

Die kostenneutrale Projektverlängerung erfolgte, um den verzögerten Projektbeginn eines Projektpartners (Modellierung, GKSS) auszugleichen. Innerhalb des Teilprojekts „Paläodaten“ (Universität Bremen) war die Datenerhebung bereits im Vorjahr abgeschlossen worden, weshalb sich die Arbeiten auf die gemeinsame Auswertung konzentrierten.

Bei der GKSS wurden die Untersuchungen mit Klimamodelldaten fortgesetzt. Das Schwergewicht lag nun auf der Untersuchung der Oberflächenströmung, die mit dem SLP-Muster des Upscaling Modells in Verbindung steht, das wiederum mit dem Korallenwachstum gekoppelt ist. Gleichzeitig wurde an Publikationen gearbeitet.