

Abschlussbericht

SO202 - INOPEX

Innovatives Nordpazifik Experiment



Projektleiter: Dr. Rainer Gersonde
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft (AWI)
Postfach 120161
27515 Bremerhaven
Tel.: 0471-4831-1203
e-mail: Rainer.Gersonde@awi.de

BMBF-Förderkennzeichen: **03G0202A**

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2009 - 31.08.2011

Berichtszeitraum: 01.04.2009 - 31.08.2011



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

1 Aufgabenstellung, Voraussetzungen und Durchführung von INOPEX

- 1.1 INOPEX-Aufgabenstellung
- 1.2 Voraussetzungen, unter denen INOPEX durchgeführt wurde
- 1.3 Planung und Ablauf von INOPEX
- 1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zu Beginn des Projektes
- 1.5 Beteiligte Institute und Wissenschaftler

2 Wissenschaftliche Ergebnisse

- 2.1 Kurzfassung der INOPEX-Einzelergebnisse
- 2.2 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse
- 2.3 Präsentationen (Poster/Vorträge) und eingereichte/geplante Veröffentlichungen

3 Literatur

Anlagen

- A Erfolgskontrollbericht
- B INOPEX-Kurzfassung (Berichtsblatt)
- C SO202-INOPEX Fahrtbericht (überarbeitete Endversion 2011)

Zusammenfassung

Das „Innovative Nordpazifik Experiment“ (INOPEX) ist ein interdisziplinäres wissenschaftliches Projekt, das sich mit der Biogeochemie und der paläozeanographischen Entwicklung im subarktischen Pazifik und dem Beringmeer befasst. Das Projekt stützt sich auf einen umfangreichen Datensatz und vielfältiges Probenmaterial aus der Wassersäule und dem Sediment, das während der Expedition SO202-INOPEX mit dem deutschen Forschungsschiff *Sonne* gewonnen werden konnte (Tomakomai, Japan – Busan, Korea; 8. Juli – 28. August, 2009). INOPEX verbindet umfangreiche nationale und internationale (China, Kanada, Japan, Russland, Schweiz, USA) Expertise im Einsatz und der Interpretation von modernen (innovativen) biogeochemischen und paläozeanographischen Methoden und Sedimentdatierungen um einen wesentlichen Fortschritt im Verständnis der vergangenen Klimaentwicklung (Ozean, Atmosphäre und glaziales Eis) im polaren Nordpazifikraum zu erreichen. INOPEX wird neue Daten aus einem bislang nicht ausreichend untersuchten Gebiet des Weltozeans erbringen, das für das Verständnis heutiger und vergangener Klimanentwicklung von Bedeutung ist. Die Hauptfragestellungen von INOPEX beziehen sich, neben der Entwicklung neuer Rekonstruktionsmethoden, auf die Rekonstruktion von Oberflächenwasserbedingungen (Temperatur, Salzgehalt, Stratifizierung, Meereis), Wassermassenbildungsgeschichte und dem Einfluss von physikalischen und biologischen Faktoren (u.a. Primärproduktion und Stoffexport) auf die Ozeanventilation, den Ozean-Atmosphären Austausch und damit verbundenen Klimaänderungen während glazialer und interglazialer Zeiträume. Die gewonnenen Datensätze werden mit Klimazeitreihen aus Eiskernen, Seesedimenten (Sibirien) und marinen Abfolgen aus anderen Ozeanbecken verglichen, um Anfachungsmechanismen und Einfluss und Reaktion des polaren Nordpazifikraumes auf Klimaverstärkungs- und Klimaübertragungsmechanismen besser verstehen zu lernen. Solche Informationen werden das Verständnis der Klimasteuerung verbessern und dazu beitragen, Klimabedingungen besser numerisch zu simulieren, darunter auch zukünftige, möglicherweise wärmere Klimazustände.

The “Innovative North Pacific Experiment” (INOPEX) represents an interdisciplinary scientific project focusing on the biogeochemistry and paleoceanography of the subarctic Pacific and Bering Sea. INOPEX research is based on a comprehensive set of water column and sediment data and samples collected during the SO202-INOPEX cruise with the German RV *Sonne* (Tomakomai, Japan – Busan, Korea; July 8 – August 28, 2009). INOPEX amalgamates national and international (Canada, China, Japan, Russia, Switzerland, U.S.) expertise in the application and interpretation of modern (innovative) biogeochemical and paleoceanographic, as well as dating methods to produce a major step towards a more substantial understanding of past climate processes involving the ocean and atmosphere as well as continental ice (during glacial periods) in the polar North Pacific realm. The project seeks to fill a knowledge gap in a yet not sufficiently studied area of the globe critical to past and present global climate development. Primary scientific goals of INOPEX include, besides the generation of new proxy-methods, the reconstruction of surface water conditions (temperature, salinity, stratification, sea ice), water mass development and the influence of physical and biological parameters (such as primary productivity and export) on ocean ventilation, ocean-atmosphere exchange and related implications on global climate during glacial and interglacial conditions. Resulting paleoceanographic and paleoclimatic time series will be compared with climate records from ice cores, Siberian lake sediments and marine records from other ocean basins to understand the impact of forcing and the role and response of the polar North Pacific realm on/to climate amplification and propagation processes. Such information will contribute to a better understanding of climate driving processes and will help in the generation of realistic numerical simulations of future, possibly warmer, climate conditions.

1.1 INOPEX-Aufgabenstellung

Das "Innovative Nordpazifik Experiment" (INOPEX) verbindet nationale und internationale Expertise in der Anwendung und Interpretation moderner, zum Teil neu entwickelter isotopengeochemischer, geochemischer, paläobiologischer und radiometrischer Methoden für paläozeanographische und –klimatische Rekonstruktionen und der Sedimentdatierung. Die dabei gewonnenen plio-/pleistozänen Datenserien sollen mit Klimazeitreihen aus Eiskernen, Seesedimenten in Sibirien und anderen Ozeanbecken in Beziehung gesetzt werden. Damit kann der Einfluss des Klimageschehens im nordpolaren Pazifikraum auf global wirksame Klimamechanismen aber auch mögliche Wechselwirkungen mit anderen Gebieten besser verstanden werden. Diese Informationen sollen dazu beitragen, klimawirksame Prozesse genauer zu verstehen und darauf gestützt, künftig zu erwartende wärmere Klimazustände realistischer numerisch zu simulieren. Ein interessanter Teilaspekt bezieht sich dabei auf die Untersuchung von vergangenen Klimazuständen, die sich durch wärmeres Klima und höheren Meeresspiegel als heute auszeichnen. Zu diesen Zeiten waren Austausch von Wassermassen zwischen Arktischem Ozean und Beringmeer sowie zwischen Beringmeer und Nordpazifik gegenüber heute geändert, mit möglichen Auswirkungen auf die Wassermassenbildung und biologische Produktion und somit auf die globale Zirkulation des Ozeans und den Kohlenstoffhaushalt (CO₂), aber auch auf die Verbreitung von Organismen. Damit soll ein fundamentaler Beitrag zum besseren Verständnis vergangener Klimaentwicklung im Plio- und Pleistozän und damit verbundener Prozesse und Wechselwirkungen zwischen Eis, Ozean und Atmosphäre im polaren Nordpazifikraum geleistet werden. Diese Anstrengungen sollen einen deutlichen Wissenszuwachs für ein bislang nicht ausreichend untersuchtes, aber für die globale Klimaentwicklung bedeutendes Gebiet (u.a. Haug et al. 2005, Okazaki et al. 2010) ergeben und damit helfen, eine bestehende Wissenslücke zu schließen.

Um für die geplanten interdisziplinären Untersuchungen geeignetes Probenmaterial zu gewinnen wurde im Rahmen von INOPEX die Expedition SO202 mit FS *Sonne* durchgeführt, bei der mit großem Erfolg umfangreiches Daten- und Probenmaterial aus der Wassersäule und den Sedimenten des subpolaren Nordpazifiks und des Bering Meeres gewonnen worden ist (s. 1.2 und Abb. 1).

Wesentliche INOPEX-Forschungsziele zur Dokumentation der plio-/pleistozänen paläozeanographischen Entwicklung im Wechsel von Warm- und Kaltzeiten (mit Schwerpunkt oberes-mittleres Pleistozän und Holozän) im polaren Nordpazifikraum umfassen:

- Rekonstruktion von Deckschichtparametern wie Temperatur, Salzgehalt, Stratifikation und Meereisverbreitung und des Einflusses dieser physikalischen Parameter auf Wassermassenbildung, Ozeanventilation, Ausbildung einer Sauerstoffminimumzone (OMZ), Ozean-Atmosphären-Austausch (u.a. CO₂-Austausch), biologische Produktion und Nährstoffverteilung.
- Rekonstruktion von Salzgehaltsanomalien im Oberflächenwasser und deren Bedeutung für die Entwicklung von kontinentalen Eismassen im Nordpazifikraum und der thermohalinen Zirkulation.
- Dokumentation der Tiefen- und Zwischenwasserbildungs- und Verteilungsgeschichte und der Entwicklung und Ausbildung der OMZ im Untersuchungsraum und deren Einfluss auf globale Ozeanzirkulation, regionale und überregionale Klimaentwicklung und biogeochemische Kreisläufe.
- Rekonstruktion der biologischen Produktion und des Exports biogenen Materials, damit verbundener Steuerungsmechanismen und deren Einfluss auf biogeochemische Kreisläufe, atmosphärische CO₂-Konzentrationen und damit verbundene Auswirkungen auf das globale Klimageschehen.
- Quantifikation terrigener (Staub, IRD) Einträge und Bestimmung derer Herkunftsräume als Indikatoren für Atmosphärenzirkulation, Mikronährstoffeintrag (u.a. Fe) und Dynamik und Ausdehnung von kontinentalen Eismassen.

- Dokumentation von Wassermassenaustausch zwischen subpolarem Nordpazifik und angrenzenden Randmeeren (Ochotskisches Meer, Beringmeer) und dem Arktischen Ozean und deren Auswirkung auf Wassermassenzirkulation, Nährstoffverteilung und Biogeographie mariner Organismen.
- Entwicklung von hoch-aufgelösten (10^2 -1Jahr) und gut datierten Klimazeitreihen aus Ozeansedimenten zur Korrelation mit grönländischen und antarktischen Eiskernen (u.a. NGRIP, EPICA), terrestrischen (u.a. El'gygytgyn See, Ostsibirien) und marinen Klimaarchiven aus anderen Ablagerungsräumen (Arktischer Ozean, Nordatlantik, Äquatorialatlantik, Äquatorialpazifik, Südozean) sowie mit solaren Einstrahlungskurven zum Verständnis externer Klimaerwärmung und der Rolle und Reaktion des Nordpazifikraumes in Bezug auf Klimaverstärkungs- und Klimaübertragungsmechanismen (Ozean, Atmosphäre).
- Entwicklung und Verbesserung von plio-/pleistozänen Stratigraphien für den Untersuchungsraum, gestützt auf geomagnetische Messungen, radiometrische Datierungen (^{14}C und ^{14}C -Reservoireffekte), ^{18}O -Isotopenzeitreihen an biogenem Opal, Biostratigraphie und Korrelation von Aschenlagen (Tephrochronologie).
- Weiterentwicklung von isotopengeochemischen und paläobiologischen Proxies für paläoklimatische und-ozeanographische Rekonstruktionen.

Wesentliche Zeitfenster der INOPEX-Untersuchungen sind:

- Zeitscheiben wie Holozän, Termination I and II, Marines Isotopen Stadium (MIS) 2 und MIS 5.5.
- Zeitreihen mit bis zu Jahresauflösungen für den Zeitraum Termination I (Beringmeer-Laminite).
- Zeitreihen über die letzten 2-3 Klimazyklen mit einer 10^2 - 10^3 Jahre Auflösung.
- Zeitreihen zur Dokumentation der plio-/pleistozänen Klimanentwicklung (ca. 3-4 Ma) in orbitaler Auflösung.

1.2 Voraussetzungen, unter denen INOPEX durchgeführt wird

Wesentliche Voraussetzungen für die noch andauernde Durchführung von INOPEX umfassen:

- Finanzierung der Schiffs- und Transportkosten (für deutsche Teilnehmer und 2 russische Beobachter) der Expedition SO202-INOPEX mit FS Sonne durch den BMBF (Projekt 03G0202A).
- Bereitstellung von Probennahmegeräten (u.a. Kolbenlot, Schwerelot, Kastenlot, Multicorer, Großkastengreifer, Multinetz, Planktonnetz) durch AWI sowie von Sedimentkernloggern durch GeoB für den Zeitraum der SO202-Expedition.
- Finanzierung von 7 studentischen Hilfskräften und 2 Technikern (Geräte, Geochemie) für den Zeitraum der SO202-Expedition durch AWI.
- Finanzierung von zusätzlichem Personal für INOPEX durch den BMBF (Projekt 03G0202A), darunter
 - 1 Doktorandenstelle (Lucia Reichelt), 26 Monate ab 15.6.2009, für geomagnetische Messungen an INOPEX-Sedimentkernen und Teilnahme an SO202-INOPEX (an GeoB, s. INOPEX-Abschlussbericht von Dobeneck)
 - 1 Doktorandenstelle (Edith Maier), 26 Monate ab 1.3.2010, für die Durchführung und paläozeanographische Auswertung von Isotopenmessungen ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{30}\text{Si}$) an biogenem Opal. Die Besetzung der Stelle hat sich verzögert, da bei der ersten Ausschreibungsrunde kein(e) geeignete(r) Kandidat(in) gefunden werden konnte und somit ein zweites Mal ausgeschrieben werden musste. Die Stelle wird durch AWI-Mittel auf eine Gesamtdauer von 36 Monaten aufgestockt.