

## 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](mailto: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 (CO<sub>2</sub>), 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. CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 ( $^{14}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$ -Reservoireffekte),  $^{18}\text{O}$ -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.

- 1 Technikerstelle, 20 Monate ab 1.1.2010 für die Aufbereitung von Probenmaterial zur Messung stabiler Opalisotope. Die Stelle wurde hälftig an Frau Birgit Glückselig und Frau Ulrike Böttcher vergeben.
  - Studentische Hilfskräfte (24 Monate) für die Aufbereitung von Probenmaterial für mikropaläontologische und isotopengeochemische Untersuchungen und AMS<sup>14</sup>C-Datierungen
  - Dipl. Geoök. Bernhard Chaplugin (15.7.-31.12.2010). Um die zunächst aus technischen Gründen verzögerten Arbeiten im Bereich Sauerstoff/Silizium-Isotopie an biogenem Opal zu beschleunigen wurden aus 2009 und 2010 verbleibende Personalmittel eingesetzt, um eine weitere Person mit umfangreicher Erfahrung im Umgang mit der Methodik einzustellen.
- Erfolgreicher Aufbau einer international aufgestellten INOPEX-Arbeitsgruppe für die fachgerechte und koordinierte Durchführung von Auswertungsarbeiten und Publikation der Ergebnisse (s. 1.5).
  - Verknüpfung von INOPEX mit nationalen (AWI-PACES, DFG-Forschungszentrum FZT 15 „The Ocean in the Earth System“, DFG-Einzelvorhaben), internationalen (EU Projekt „Past 4 Future“) und ausländischen Forschungsprojekten (u.a. NSF, USA; Tongji University, China; GEOTOP, Kanada; ETH Zürich, Schweiz), um die Finanzierung der INOPEX-Auswertung über die im Projekt zur Verfügung gestellten Mittel hinaus in einem angemessenen Zeitrahmen sicherzustellen.
  - Einsatz einer breiten Palette von zumeist neuen (\*innovativen\*) paläozeanographischen und stratigraphischen Methoden zur Auswertung des umfangreichen Probenmaterials, von denen einige im Rahmen von INOPEX weiterentwickelt werden. Dazu gehören (mit Literaturbeispiel):
    - \*Messungen von stabilen Isotopenverhältnissen ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{30}\text{Si}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) an biogenem Opal (separiert nach Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln)\* zur Abschätzung von Nährstoffnutzung (Paläoproduktion)/Nährstoffangebot in verschiedenen Stockwerken der Wassersäule, Wassermassenstruktur, Änderungen biogeochemischer Haushalte, Oberflächensalzgehalten (u.a. Schmelzwasserereignisse) und zur Verbesserung der Alterszuordnung von Sedimenten (De La Rocha et al. 1998, Shemesh et al. 2002, Brunelle et al. 2007, Robinson und Sigman 2008).
    - Messung von stabilen Isotopenverhältnissen ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^*\delta^{15}\text{N}^*$ ) an planktischen und benthischen Foraminiferen zur Dokumentation von Wassermassenbildung und -struktur (Ventilation), Oberflächensalzgehalten (u.a. Schmelzwasserereignisse), Änderungen biogeochemischer Haushalte (Keigwin 1987, Zahn et al. 1991, Ren et al. 2009) und zur sauerstoffstratigraphischen Datierung von Abfolgen (Lisiecki und Raymo 2005).
    - Messungen der Verteilung und Konzentration von Biomarkern (Alkenone, n-Alkane,  $^*\text{TEX}_{86}$ -Index,  $\text{C}_{25}$ -HBIs\*) zur Bestimmung von Oberflächenwassertemperaturen, Salzgehalten, Paläoproduktion, Änderungen der Meereisverbreitung und des terrestrischen Eintrages (Weijers et al. 2006, Belt et al. 2007, Kim et al. 2008, Massé et al. 2008, Martinez-Garcia et al. 2009).
    - Dokumentation der Verteilung, Konzentration und der Stickstoffisotopie von artenspezifische organische Verbindungen (langkettigen Polyamide, LCPA), die die Bildung der kieseligen Schalen von Diatomeen steuern (Kröger et al. 2000)\*, zur Entwicklung neuer Biomarker.
    - Einsatz von mikrofossilgestützten (Diatomeen, Radiolarien, Dinoflagellaten) Transferfunktionen (u.a. IKM, MAT) zur Rekonstruktion von Oberflächenwassertemperaturen, Salzgehalten, Meereisverbreitung und Produktionsregimen (Gersonde et al. 2005, Abelmann et al. 2006, De Vernal et al. 2005, 2006, Radi et al. 2007).
    - Einsatz von zerstörungsfreien XRF-Scannern (Jansen et al. 1998, Röhl und Abrams 2000) zur Dokumentation von Sedimentelementverteilungen in hoher

- Auflösung (1 cm – 200µm) zusammen mit chemischer Quantifizierung von biogenen (u.a. C<sub>org</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Opal, <sup>xs</sup>Ba) und terrestrischen Sedimentkomponenten (u.a. Einsatz von ICP-OES zur Elementbestimmung) und deren Flussraten (<sup>230</sup>Th<sub>ex</sub>-Korrektur) zur Bestimmung des lateralen und vertikalen Eintrages (Francois et al. 2004, Shigemitsu et al. 2007), Korrelation von Sedimentkernen und Dokumentation laminiertes Sedimentabschnitte.
- \*Bestimmung des terrestrischen <sup>4</sup>He/<sup>232</sup>Th Verhältnisses als Indikator für Staubeintrag und Staubherkunft\* (Anderson et al. 2006, McGee et al. 2007, Winckler et al. 2008).
  - \*Bestimmung der La/Yb und Th/Sc Verhältnisse zur Quantifizierung von äolischen und vulkanischen Sedimentpartikeln (e.g. Ootosaka et al. 2004, Shigemitsu et al. 2007)\*.
  - \*Bestimmung des <sup>231</sup>Pa/<sup>230</sup>Th Verhältnisses als Anzeiger für Opallösung (Bradtmiller et al. 2007)\*.
  - \*Messung von Nd Isotopenverhältnissen zur Rekonstruktion von Wassermassenstruktur und -zirkulation (Piotrowski et al. 2004)\*.
  - Bestimmung der Siltkorngrößenverteilung zur Ableitung von Bodenwasserströmungsraten (Bianchi und McCave 1999).
  - Charakterisierung magnetischer Minerale zur Bestimmung von terrigenem Eintrag und Transportwegen (s. INOPEX-Abschlussbericht von Dobeneck).
  - AMS<sup>14</sup>C Datierung von planktischen und benthischen Foraminiferen, von \*Fettsäuren und in Opal gebundenen organischen Verbindungen (Ingalls et al. 2004, Hatte et al. 2008)\* zur Alterseinstufung von Sedimenten und Bestimmung der Wassermassenzirkulation.
  - Messung der geomagnetischen Intensität und Polarität zur Entwicklung einer Chronostratigraphie (Bleil und von Dobeneck 1999, Franke et al. 2004, Valet et al. 2005). (s. INOPEX-Abschlussbericht von Dobeneck).
  - Chemische und mineralogische Identifizierung von Aschenlagen zur Bestimmung von Quellregionen, Korrelation von Sedimentkernen und der Weiterentwicklung einer nordpazifischen Tephrostratigraphie (Aoki und Machida 2006).
- Bereitstellung von Sedimentkern- und Probenlager für SO202-Probenmaterial durch AWI.
  - Datenhaltung und Datenverwaltung in PANGAEA-Datenbank (<http://www.pangaea.de/>) am AWI.

### 1.3 Planung und Ablauf von INOPEX

Der Zeitraum **Winter 2008/09 und Frühjahr 2009** stand im Zeichen umfangreicher logistischer Vorbereitungen für die Durchführung der Expedition SO202-INOPEX sowie dem Aufbau einer international besetzten INOPEX-Forschergruppe. Dies beinhaltete u.a.

- Einholen einer Forschungsgenehmigung für Seegebiete der Russischen Föderation (ohne Einschränkung positiv beschieden).
- Einholen einer Forschungsgenehmigung für U.S. Seegebiete (ohne Einschränkung positiv beschieden).
- Einholen von Hafenanlaufgenehmigungen (zunächst Kushiro, dann kurzfristig auf Tomakomai gewechselt) in Japan.
- Abstimmung der Transitstrecke in japanischen Gewässern und durch eine Russisch-Japanische Konfliktzone im südlichen Kurilenbereich mit japanischen Behörden über AA und Deutsche Botschaft Tokio.
- Zusammenstellung einer international besetzten Forschergruppe zur Teilnahme an SO202 und Auswertung der Daten- und Probenätze.

- Erfassung von Daten und Sicherstellung der medizinischen Tauglichkeit der Fahrtteilnehmer nach AWI-Standard.
- Reise-, Materialtransport-, Geräte- und Verbrauchsmateriallogistik. Benötigte Container, Organisation von Transporten, Containerbeladung, Zollformalitäten wurden durch AWI-Logistik bereitgestellt/abgewickelt
- Einladung von zwei russischen Kollegen (POI Vladivostok) als „Beobachter“.
- Organisation der Gefahrgutanlieferung in Japan.

Die kurzfristig erforderlichen Änderungen des Auslauf- und Einlaufhafens (ca. 2 Wochen vor Fahrtbeginn) erschwerten einen Teil der logistischen Abwicklung. Der ursprünglich von PTJ vorgesehene Aus- und Einlaufhafen Kushiro konnte nicht genutzt werden, da sich herausstellte, dass dieser Fischereihafen nicht die benötigte Infrastruktur hat (u.a. Krananlagen, Abfertigung ausländischer Schiffe, Schiffsversorgung). Der ersatzweise gewählte Auslaufhafen Tomakomai (Japan) und der Einlaufhafen (Busan, Korea) erfüllten alle Voraussetzungen.

### 7.7. – 29.8.2009: Expedition SO202-INOPEX mit FS Sonne

Die Expedition SO202-INOPEX mit dem deutschen FS *Sonne* begann einen Tag nach Abschluss der Ladeaktivitäten am 8. Juli 2009 in Tomakomai (Japan). Sie endete am 28. August 2009 in Busan (Korea). Die Expedition ist zentraler Bestandteil des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte interdisziplinäre Projekt „Innovatives Nordpazifik Experiment“ (INOPEX). Neben Wissenschaftlern vom AWI und vom deutschen Projektpartner Universität Bremen (FB Geowissenschaften, MARUM) sind Wissenschaftler aus VR China, Japan, Kanada, Russland, Schweiz und den USA an der Expedition und der Auswertung der Daten und des Probenmaterials beteiligt. Details zur Fahrtroute, gewonnenen Daten und Probenmaterial sowie erste Auswertungen sind im SO202-INOPEX Fahrtbericht (Gersonde 2012, Berichte zur Polarforschung) publiziert, der elektronisch zugänglich ist (<http://epic.awi.de/>) (s. Anlage C, SO202-INOPEX Fahrtbericht).

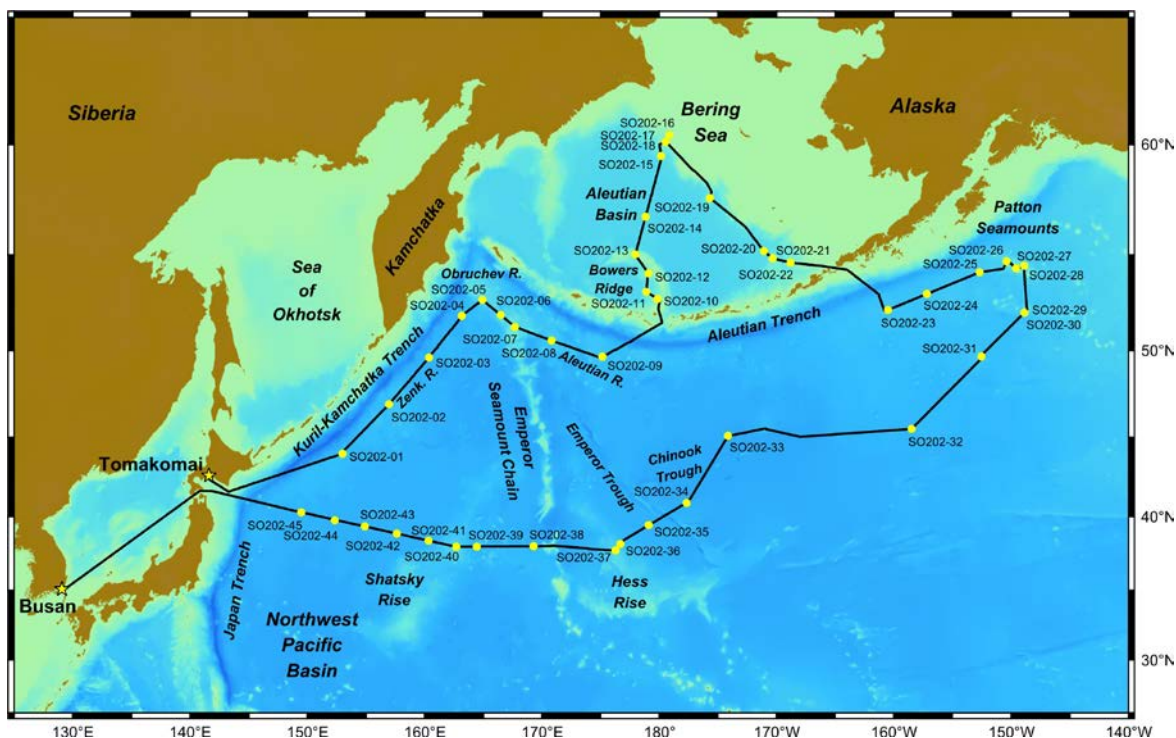


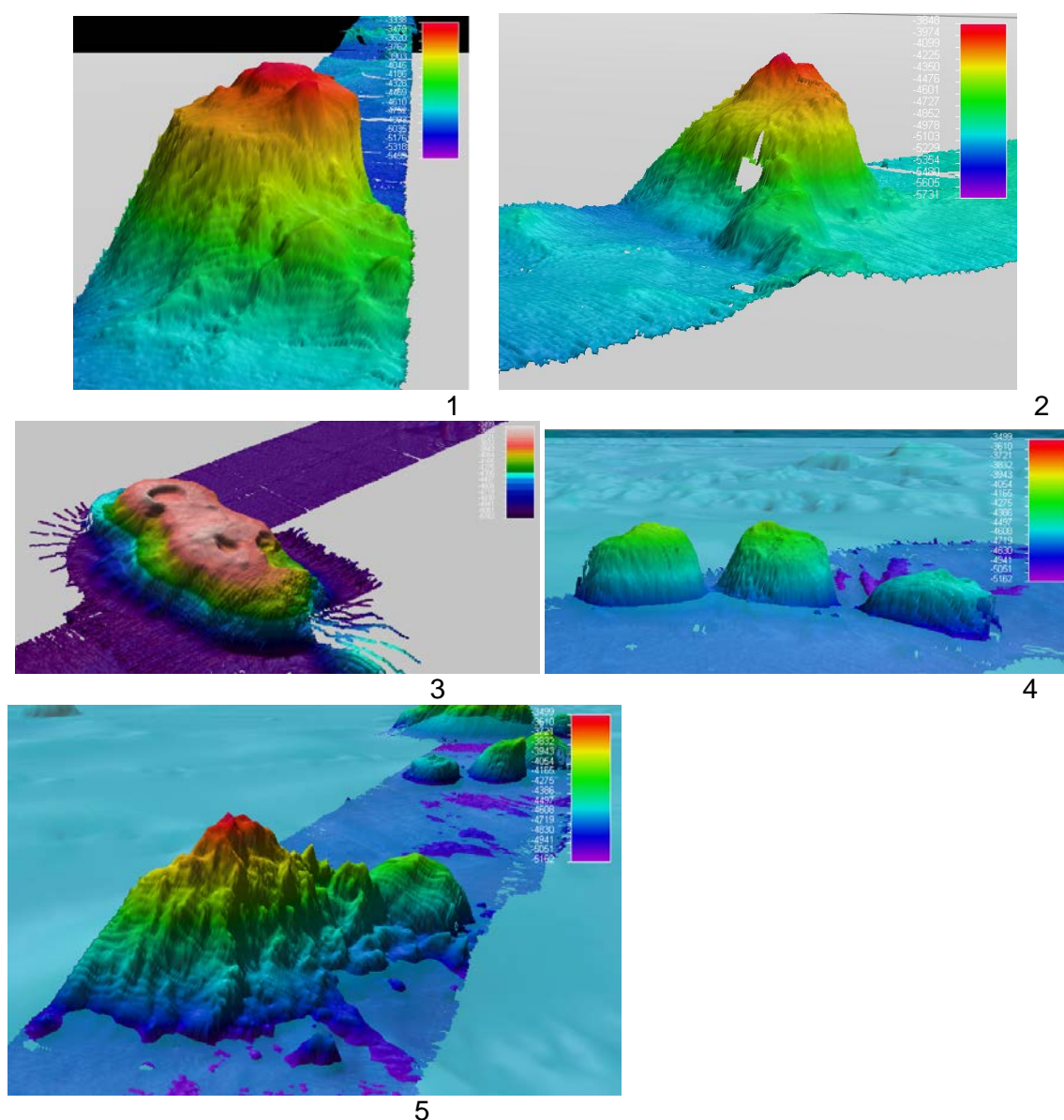
Abb 1: SO202-INOPEX Fahrtroute und Beprobungslokationen. Bathymetrie nach GEBCO 1min.



Site	W. d. (m)	CTD bot (1000 m)	CTD+FI (1000 m)	MN (1000 m)	PLA (100 m)	MUC tubes	KOL	KOL l. (m)	TC core (m)	KOL core (m)	Rec. (%)	SL (m)	SL l. (m)	SL core (m)	Rec. (%)	KAL	KAL l. (m)	KAL core (m)	Rec. (%)	
SO202-1	5277	1				1	1	20	0.84	0.00	0.00									
SO202-2	4823		1	1	1	1	1	20	0.86	12.15	60.75									
SO202-3	5428	1		1	1	1	1	20	0.99	15.56	77.80									
SO202-4	5273		1	1	1	1	1	15	0.51	11.80	78.67									
SO202-5	3369		1	1	1	1	1	15	0.77	10.01	66.73		1	10	1.26	12.60				
SO202-6	3426					1	1	15	0.77	13.70	91.33									
SO202-7	2350			3		1	1	20	0.64	17.97	89.85						1	11.5	4.77	41.48
SO202-8	3630					1	1	25	0.79	22.75	91.00									
SO202-9	5026		1	1	1	1	1	25	0.97	23.01	92.04									
SO202-10	1470		1	1	1	1	1	25	0.63	22.63	90.52									
SO202-11	2703					1	1	25	0.45	22.96	91.84									
SO202-12	2109					1	1	25	0.69	23.17	92.68						1	11.5	10.69	92.96
SO202-13	1382		1	1	1	1	1	15	0.27	6.58	43.87									
SO202-14	3821		1	1	1	1	1	20	0.67	17.97	89.85									
SO202-15	3129		1	1	1	1	1	25	0.70	23.43	93.72									
SO202-16	548					1	1	7												
SO202-17	1066						1	25	0.10	18.15	72.60									
SO202-18	1111		1	1	1	1	1	25	0.05	18.49	73.96						1	11.5	7.21	62.70
SO202-19	1752		1	1	1	1	1	25	0.35	19.97	79.88									
SO202-20	2984						1	25	0.40	22.58	90.32									
SO202-21	1911					1	1	25	0.86	21.80	87.20									
SO202-22	1482		1	1	1	1	1	25	0.53	22.18	88.72									
SO202-23	4615		1	1	1	1	1	20	0.00	17.76	88.80									
SO202-24	4573	1				1	1	20	0.05	17.27	86.35									
SO202-25	4596					1	1	20	0.92	17.75	88.75									
SO202-26	748					1	1	15	0.00	1.82	12.13									
SO202-27	2921		1	1	1	1	1	20	0.91	15.66	78.30									
SO202-28	3709					1	1	25	1.00	14.59	58.36									
SO202-29	3991		1	1	1	1	1	15	0.98	12.97	86.47									
SO202-29	3983						1	20	0.75	16.83	84.15									
SO202-30	4043						1	20	0.58	17.81	89.05									
SO202-31	3746		1	1	1	1	1	15	0.20	10.54	70.27									
SO202-32	5300	1	1	1	1	1	1	15	0.95	13.94	92.93									
SO202-33	6159		1	1	1	1	1	25	0.91	22.70	90.80									
SO202-34	5724		1	1	1	1	1	25	0.92	22.70	90.80									
SO202-35	5581																			
SO202-36	4525	1	1	1	1	1	1	25	0.92	23.00	92.00									
SO202-37	3568					1	1	30	0.77	24.35	81.17									
SO202-38	5501					1	1	25	0.95	22.67	90.68									
SO202-39	5102	1				1	1	25	0.95	20.23	80.92									
SO202-40	3446					1	1	25	0.96	15.38	61.52									
SO202-41	5395	1				1	1	25	0.94	22.71	90.84									
SO202-42	5537	1				1	1	25	0.92	22.18	88.72									
SO202-43	5670					1	1	25	0.92	21.27	85.08									
SO202-44	5497	1	1	1	1	1	1	25	1.00	21.42	85.68									
SO202-45	5476					1	1	25	0.76	21.60	86.40									
		<b>8</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>29.18</b>	<b>761.31</b>	<b>79.37</b>	<b>3</b>	<b>36.38</b>	<b>65.66</b>	<b>5</b>	<b>35.28</b>	<b>61.36</b>			

**Tab. 1:** Zusammenfassung der Probenahmen an den Beprobungslokalitäten. CTD bot: CTD+Rosette bis Boden; CTD+FI: CTD+Rosette und Fluorometer bis 1000 m Tiefe; MN: Multinetz; PLA: Planktonnetz; MUC: Multicorer; KOL: Kolbenlot; KOL l.: Länge Kerngestänge; TC core: Kernlänge Trigger core; KOL core: Länge Kolbenlotkern; Rec.: Kerngewinn (%); SL: Schwerelot; KAL: Kastenlot.

Während SO202-INOPEX wurden die Wassersäule und das Sediment an 45 Stationen beprobt und darüber hinaus auf 6677 sm bathymetrische (SIMRAD EM120) und sedimentechographische (PARASOUND P70) Vermessungen durchgeführt (Abb. 1, Tab. 1). Die Vermessungen und Stationsarbeiten fanden statt a) in Gewässern der Russischen Föderation östlich des Kurilen-Kamtschatka Grabens und auf dem Obruchev Rücken im Zeitraum 10. - 16. Juli 2009, b) in U.S. Gewässern südlich des Aleuten Grabens (Detroit Seamount, Aleuten Rücken, Sirius Seamount, Patton Seamounts) und im Beringmeer (Bowers Rücken, östlicher Beringhang, Umnak Plateau) vom 17. Juli bis 3. August 2009, und c) bis 23. August 2009 in internationalen Gewässern des subarktischen Pazifiks zwischen 54°N und 37°N (u.a. Gebiet Gibson Seamount, Chinook Graben, Emperor Graben, Hess Rücken, Shatsky Rücken und Nordwestpazifik Becken). Gestützt auf die hydroakustischen Vermessungen wurden Namen für sechs topographische Strukturen vorgeschlagen. Davon wurden 5 Namen durch das GEBCO "Sub-Committee on Undersea Feature Names" (SCUFN) angenommen (Abb. 2), für eine Struktur werden zusätzliche bathymetrische Daten gefordert.



**Abb 2:** 3-D-Abbildungen (Fledermaus 7.0) von bathymetrisch kartierten topographischen Strukturen, die neu benannt wurden (1 Svarichevskji Seamount, 2 Billings Seamount, 3 Krümmel Seamount, 4 Vancouver Knolls, 5 Kauss Seamount).

Hydrographische Untersuchungen mit der CTD und Rosette wurden an 8 Stationen bis zum Boden und an 20 Stationen bis 1000 m Wassertiefe durchgeführt. Parallel dazu wurde das Mikroplankton in 5 Tiefenintervallen über die oberen 1000 m mit einem Multinetz gefangen. Zusätzlich wurde das Mikroplankton an 20 Stationen in den oberen 100 m der Wassersäule mit einem Nansennetz und auf der Fahrstrecke mit der Schiffspumpe (67 Proben) gesammelt (Tab. 1).

Oberflächensedimentproben konnten mit einem Multicorer an 39 Stationen (444 Multicorerkerne) gewonnen werden. Sedimentkerne wurden an 44 Stationen gezogen. Dabei kam 43 Mal ein zumeist 25 m langes Kolbenlot zum Einsatz. An fünf Stationen wurden Sedimentkerne mit einem Kastenlot und an 3 Stationen mit dem Schwerelot gewonnen. Insgesamt konnten während SO202-INOPEX 862 m Sedimentkern (einschließlich Pilotkerne des Kolbenlotes) gezogen werden (Tab. 1). Vorläufige stratigraphische Untersuchungen zeigen, dass die ältesten dabei gewonnenen Sedimente mit einem Alter um 4 Millionen Jahre (Pliozän) aus dem zentralen Bereich des subarktischen Pazifiks stammen. Die Sedimentkernentnahmen waren damit trotz des Verlustes eines Kolbenlotes an der ersten Station (eine Ersatzbeschaffung wurde durch die Reederei R&F finanziert) sehr erfolgreich. Da ein Ersatzgerät mitgeführt wurden konnten alle Kolbenlot-Einsätze wie geplant durchgeführt werden. Wegen der guten Wetterbedingungen während der gesamten Reise konnte trotz teilweise reduzierter Schiffsgeschwindigkeit (10 kn) und insbesondere bei großen Wassertiefen langsam laufender Geo-Winde ein unerwartet umfangreiches Probenmaterial gewonnen werden.

#### **Seit August 2009: Berichte, Dokumentation und Auswertung des SO202-INOPEX-Daten- und Probenmaterials, Datenhaltung**

Bei Ende der Expedition SO202-INOPEX wurden die Navigations- und Bathymetriemetadaten mit entsprechenden technischen Angaben an die BSH weitergeleitet. Wie in den Forschungsgenehmigungen der Russischen Föderation und der USA angefordert wurden Fahrtberichte an die jeweiligen Genehmigungsbehörden geschickt. Der Bericht an die russischen Behörden beinhaltete auch alle bathymetrischen und sedimentechographischen Daten aus Gewässern der Russischen Föderation.

Nach Eintreffen der gekühlten Sediment- und Wasserproben am AWI wurden die Sedimentproben im AWI-Kernarchiv gelagert und archiviert und mit der Öffnung von ausgewählten Sedimentkernen begonnen.

Vom 9.-13.11.2009 wurde die „SO202-INOPEX Sample Party I“ mit den beteiligten Gruppen am AWI durchgeführt. Dabei wurden alle Kastenlot-Kerne detailliert beprobt und zusammen mit dem Probenmaterial aus den Multicorer-Kernen (Oberflächenproben) an die verschiedenen Bearbeitergruppen verschickt.

„SO202-INOPEX Sample Party II“ folgte im Zeitraum 17.-21.1.2011. Dabei wurde zunächst der Stand der Auswertungen vorgestellt und dann neben weiterer Beprobung von Kastenlot-Kernen, die detaillierte Beprobung von 7 Kolbenlot-Kernen durchgeführt.

Inzwischen sind von den 50 während SO202-INOPEX gewonnenen Sedimentkernen 32 (entspricht 527.5 m) geöffnet, dokumentiert, beprobt und mit dem AWI-XRF-Scanner hochauflösend (0.5 – 1 cm) gemessen. Darüber hinaus wurden alle laminierten Segmente der Kerne aus dem Beringmeer (gesamt 12 m) mit dem ITRAX-XRF Scanner (COX Analytical Systems) am IOW Warnemünde in einer Auflösung von 200 µm gemessen.

Erste Ergebnisse wurden auf verschiedenen Konferenzen in Vorträgen und Postern vorgestellt (s.a. 2.4), darunter:

- Sonne-Statusseminar (9.-10.2.2011, Hannover),
- EU-Past4Future Generalversammlung 2011 (23.-25.3.2011, Kopenhagen)
- European Geosciences Union General Assembly 2011 (3.-8.4.2011, Wien)
- XVIII. INQUA Kongress (21.-27.7.2011, Bern)
- Goldschmidt Konferenz 2011 (14.-19.8.2011, Prag)
- AGU Fall Meeting 2011 (5.-9.2011, San Francisco)

Im Rahmen des AGU Fall Meetings 2011 wurde eine sehr gut besuchte und erfolgreich verlaufene Poster- und Vortragssession (PP52) mit dem Titel „Pleistocene-Holocene Climate Variability in the North Pacific Realm“ (Convenor: R. Gersonde et al.) durchgeführt, bei der neben INOPEX-, u.a. auch KALMAR-Ergebnisse vorgestellt werden konnten. Darüber hinaus wurde der „SO202-INOPEX Workshop 1“ (8.12.11, Marriott Hotel, San Francisco) organisiert, an dem 12 INOPEX-Mitglieder teilgenommen haben. In Kurzvorträgen wurden der neuste Forschungsstand vorgestellt und zukünftige Arbeiten diskutiert.

Zeitliche Verzögerungen bei der Durchführung der wissenschaftlichen Auswertearbeiten ergaben sich daraus, dass die apparativen und methodischen Voraussetzungen für die Si-Isotopie nicht wie ursprünglich geplant geschaffen werden konnten. Die Methodik und apparative Ausstattung konnte erst erfolgreich aufgebaut und entwickelt werden nachdem nach Kündigung der für das Labor zunächst zuständigen Person die INOPEX-Antragstellerin Frau Dr. A. Abelmann die Laborleitung übernommen hatte. Durch verstärkten Personaleinsatz konnten die Verzögerungen ab Mitte 2010 weitestgehend wieder aufgeholt werden. Derzeit arbeitet das Opal-Isotopenlabor routinemäßig. Gestützt auf einen neuen Ansatz können nun Sauerstoff- und Silizium-Isotope parallel an einer Probe durchgeführt werden (s. Anlage A Erfolgskontrollbericht).

Weitere Verzögerungen/Einschränkungen der Arbeiten ergaben sich daraus, dass die Messungen von  $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$  (Flussmessungen) und  $^4\text{He}/^{232}\text{Th}$  (Bestimmung von Staubeintrag) nicht wie zeitlich geplant durchgeführt werden konnten. Die amerikanischen Partner (LDEO) fanden bei ihren NSF-Anträgen zunächst trotz positiver Bewertung der Anträge keine finanzielle Unterstützung. Diese Situation hat sich in 2011 deutlich verbessert, da nunmehr NSF-Mittel zur Verfügung gestellt worden sind. Die geplanten umfangreicheren  $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$ -Messungen konnten nicht am AWI durchgeführt werden, das durch unerwartete Baumassnahmen die Laborräume der Geochemie seit 2010 nur sehr eingeschränkt benutzbar sind. Aus diesen technischen Gründen konnten bislang auch nicht die für 2010 geplanten Messungen der Nährstoffkonzentrationen an den INOPEX-Wasserproben durchgeführt werden. Die Messungen sind nun für 2012 fest geplant.

Trotz dieser Verzögerungen hat sich die wissenschaftliche Auswertung des umfangreichen während SO202-INOPEX gesammelten Daten- und Probenmaterials weitestgehend wie ursprünglich geplant entwickelt. Alle im Rahmen des Multi-Proxy-Ansatzes gewählten Methoden (s. 1.2) kommen in internationaler Zusammenarbeit zur Anwendung. Die während SO202-INOPEX gewonnenen hydrographischen Datensätze sind ausgewertet, Chlorophyll- und Isotopenuntersuchungen an den Wasserproben abgeschlossen. Die Mehrzahl der geplanten Bearbeitungen der Oberflächensedimentproben sind abgeschlossen. Insgesamt sind 29 Sedimentkerne in intensiver Bearbeitung, bzw. die Bearbeitung ist bereits abgeschlossen (s. Anlage A Erfolgskontrollbericht).

Weitere intensive Auswertungen von INOPEX-Daten und Probenmaterial sind derzeit für die kommenden 3 Jahre geplant und international abgesprochen. Ende 2012/Anfang 2013 soll eine weitere „SO202-INOPEX Sample Party“ durchgeführt werden. Darüber hinaus ist für 2013 die Durchführung eines Nord-Pazifik/Beringmeer Workshops geplant, bei dem neben

INOPEX-Daten auch wissenschaftliche Ergebnisse von KALMAR und IODP Expedition 323 (Bering Sea) diskutiert werden sollen.

#### Datenhaltung

Die Dokumentation der geöffneten Kerne ist in der PANGAEA-Datenbank (<http://www.pangaea.de/>) zugänglich. Hier werden auch die bathymetrischen, sediment-echographischen Daten sowie die CTD-Daten aus der Wassersäule vorgehalten. Alle weiteren wissenschaftlichen SO202-INOPEX Daten werden ebenfalls in PANGAEA gespeichert. Der Zugang zu unpublizierten Daten in PANGAEA ist Passwort-geschützt. INOPEX-Mitglieder haben Zugang.

### **1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zu Beginn des Projektes**

Trotz der vielfältigen Einflussfaktoren klimarelevanter Prozesse im subarktischen Pazifikraum auf das globale Klima standen zu Beginn des Projektes Erkenntnisse zur paläoklimatischen und -ozeanographischen Entwicklung dieses Gebiets dem Wissensstand aus dem Nordatlantik noch bei weitem nach. Diese Informationslücke schränkte die Kenntnis der klimarelevanten Mechanismen und Wechselwirkungen in ihrem globalen Zusammenspiel ein und erschwerte damit auch realistische numerische Simulationen von Paläoklimabedingungen. So bestanden u.a. gegensätzliche Vorstellungen zu Übertragungsmechanismen von Klimasignalen zwischen Nordatlantik- und Nordpazifik. Während Untersuchungen von Kiefer et al. (2001) und Kiefer und Kienast (2005) einen zeitlich gegenphasigen Verlauf der nordatlantischen und nordpazifischen Klimasignale anzeigen, der mit im Nordatlantik ausgelösten Änderungen der thermohalinen Zirkulation in Verbindung gebracht wird, postulierten Kim et al. (2004) atmosphärische Mechanismen. Ein Grund für die bis zu INOPEX eingeschränkte Kenntnis der paläozeanographischen Entwicklung des arktischen Pazifiks im Wechsel der pleistozänen Glazial- und Interglazialzeiten ist darin zu sehen, dass sich der Nordpazifik durch überwiegend hohe Wassertiefen auszeichnet. Der damit verbundene Mangel an karbonatischen Sedimenten beschränkte den Einsatz der gut entwickelten Datierungs- und paläozeanographischen Rekonstruktionsmethoden, die sich auf die isotopische, geochemische und paläobiologische Bearbeitung von biogenem Karbonat stützen, auf die Gebiete weniger nordpazifischer Meereskuppen. Die Bearbeitung kieseliger Mikrofossilien, die in den subarktischen Sedimenten weit verbreitet und gut erhalten überliefert sind, beschränkt sich bislang auf die Auswertung von Artenspektren für paläozeanographische Rekonstruktionen und zur Entwicklung von Biofluktuationsstratigraphien. Diese Arbeiten wurden jedoch einerseits überwiegend vor über 20 Jahren durchgeführt (u.a. Moore et al. 1980, Sancetta 1983, Sancetta und Silvestri 1984, Morley et al. 1987) und stehen damit nicht in Bezug zu neuen paläoklimatischen Erkenntnissen. Weitere auf kieselige Mikrofossilverteilungen gestützte paläozeanographische Interpretationen wurden vor Projektbeginn in Vorbereitung der IODP Bohrkampagne Leg 323 an Sedimentkernen aus dem Beringmeer paläozeanographische Interpretationen publiziert, wobei aber keine quantitativen Rekonstruktionen u.a. von Oberflächenwassertemperaturen und Meereis durchgeführt worden sind (u.a. Tanaka und Takahashi 2005, Katsuki und Takahashi 2005, Takahashi 2005). Neue methodische Ansätze, wie im Rahmen von SO202-INOPEX, kamen bei diesen Untersuchungen nicht zum Einsatz. Ausnahme davon war die Bestimmung von *n*-Alkanen und deren Kohlenstoffisotopensignatur zur Rekonstruktion von terrestrischen Einträgen, die mit Änderungen des Ostasien-Monsun Systems in Verbindung gebracht werden (Ratnayake et al. 2005). Untersuchungen aus dem Beringmeer und von den Tiefseekuppen zeigten auch, dass Messungen der geomagnetischen Paläointensität erfolgreich als stratigraphische Werkzeuge im Pleistozän des polaren Nordpazifiks und Beringmeeres eingesetzt werden können (Okada et al. 2005, Gebhard et al. 2008).

## 1.5 Beteiligte Institute und Wissenschaftler

### *Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven*

R. Gersonde (INOPEX-Koordination, Paläozeanographie, Diatomeen, Datierung)  
A. Abelmann (Opal-Isotopie  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{30}\text{Si}$ , Datierung, Radiolarien, KALMAR-Mitglied)  
O. Esper (Diatomeen-, Dinozysten-Paläozeanographie)  
K. Fahl (Biomarker)  
S. Kasten (Geochemie)  
G. Knorr (Modellierung)  
G. Kuhn (Sedimentologie)  
H. Kühn (Beringmeer-Laminite, Datierung)  
F. Lamy (Paläozeanographie)  
A. Mackensen (Isotopenstratigraphie)  
E. Maier (Opalisotopie,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{30}\text{Si}$ )  
M. Meheust (Biomarker)  
G. Mollenhauer (Biomarker, Datierung)  
J. Ren (Diatomeen-Paläozeanographie)  
H.-W. Schenke (Bathymetrie)  
R. Stein (Biomarker)  
S. Steph (Isotopenstratigraphie)  
R. Tiedemann (Paläozeanographie, KALMAR-Mitglied)

### *Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung (AWI), Potsdam*

B. Diekmann (Sedimentologie)

### *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH), Geologisches Institut, Schweiz*

G. Haug (Paläozeanographie)  
M. Straub ( $\delta^{15}\text{N}$ , Foraminiferen)  
A. Studer (Opalisotopie,  $\delta^{15}\text{N}$ )

### *GEOTOP, Université du Québec à Montréal, Kanada*

S. Bonnet (Dinozysten-Paläozeanographie)  
A. de Vernal (Dinozysten-Paläozeanographie)

### *Leibnitz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)*

H. Arz (ITRAX-Scanner)

### *Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO), Columbia University, Palisades, USA*

R. F. Anderson (Fluss-Raten, Opallösung)  
M.Q. Fleisher (Fluss-Raten, Opallösung)  
S. Goldstein (Nd-Isotopie)  
C. Hayes (Fluss-Raten, Opallösung)  
S. Khatiwala (Nd-Modellierung)  
J. Landers (Nd-Isotopie)  
S. Serno (Staubeintrag)  
G. Winckler (Staubeintrag)

### *Princeton University, Dept. of Geosciences, USA*

D. M. Sigman (Opalisotopie,  $\delta^{15}\text{N}$ )

### *Rissho University, Cosmo-Geochemistry Laboratory, Magechi-Kumagaya, Japan*

K. Aoki (Tephrochronologie)

*School of Ocean and Earth Sciences, Tongji University, Shanghai, China*

R. Wang (Radiolarien)

W. Xiao (Diatomeen)

H. Zeng (Radiolarien)

*P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Moskau, Russland*

A. Matul (Radiolarien)

*Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften (GeoB), Marine Geophysik, Bremen*

T. von Dobeneck (Geomagnetik, Datierung)

T. Frederichs (Geomagnetik, Datierung)

L. Korff (Geomagnetik, Datierung)

*University of Hawaii, Department of Oceanography, Honolulu, USA*

A. Timmermann (Modellierung)

*University of Washington, School of Oceanography, Washington, USA*

A. Ingalls (LCPA Biomarker, Datierung)

K. Wetzel (LCPA Biomarker, Datierung)

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute (POI), Vladivostok, Russland*

V. Karnaukh (Parasound)

## **2 Wissenschaftliche Ergebnisse, Nutzen und Veröffentlichungen**

### **2.1 INOPEX-Einzelergebnisse**

Zentrale Voraussetzung für INOPEX war die erfolgreiche Durchführung der Expedition SO202-INOPEX in den subpolaren Nordpazifik und das Beringmeer. Details zur Fahrtroute, gewonnenem Daten- und Probenmaterial sowie erste Auswertungen sind im SO202-INOPEX Fahrtbericht (Gersonde 2012, Berichte zur Polarforschung) publiziert, der elektronisch zugänglich ist (<http://epic.awi.de/>) (s. Anlage C, SO202-INOPEX Fahrtbericht). Dieser Bericht wurde zu Abschluss des Projektes 2011 gegenüber einer ersten Version, die nach der Expedition im Frühjahr 2010 vorgelegt worden ist, revidiert (u.a. Einfügung eines Kapitels zur sediment-echographischen Auswertung durch den russischen Teilnehmer V. Karnaukh, Überarbeitung des Tephra-Kapitels, Ergänzung/Korrektur von Kernbeschreibungen). Der Bericht enthält in Anhang A.8 auch eine ausführliche Darstellung zum Aufbau und Einsatz der Sedimentkerngeräte (Kolbenlot, Kastenlot, Schwerelot) und deren Beprobung, die während der Expedition SO202-INOPEX zusammengestellt worden, da solche detaillierten Beschreibungen bislang von keiner anderen Seite vorliegen.

Die im Folgenden dargestellten Einzelergebnisse sind kurz zusammengefasst. Einzelheiten zu den Ergebnissen finden sich im vertraulichen Erfolgskontrollbericht (Anlage A) soweit sie noch nicht publiziert sind, um die Vertraulichkeit dieser Ergebnisse gegenüber der Öffentlichkeit zu wahren.

#### **2.1.1 Bathymetrische und sedimentechographische Daten (AWI, POI)**

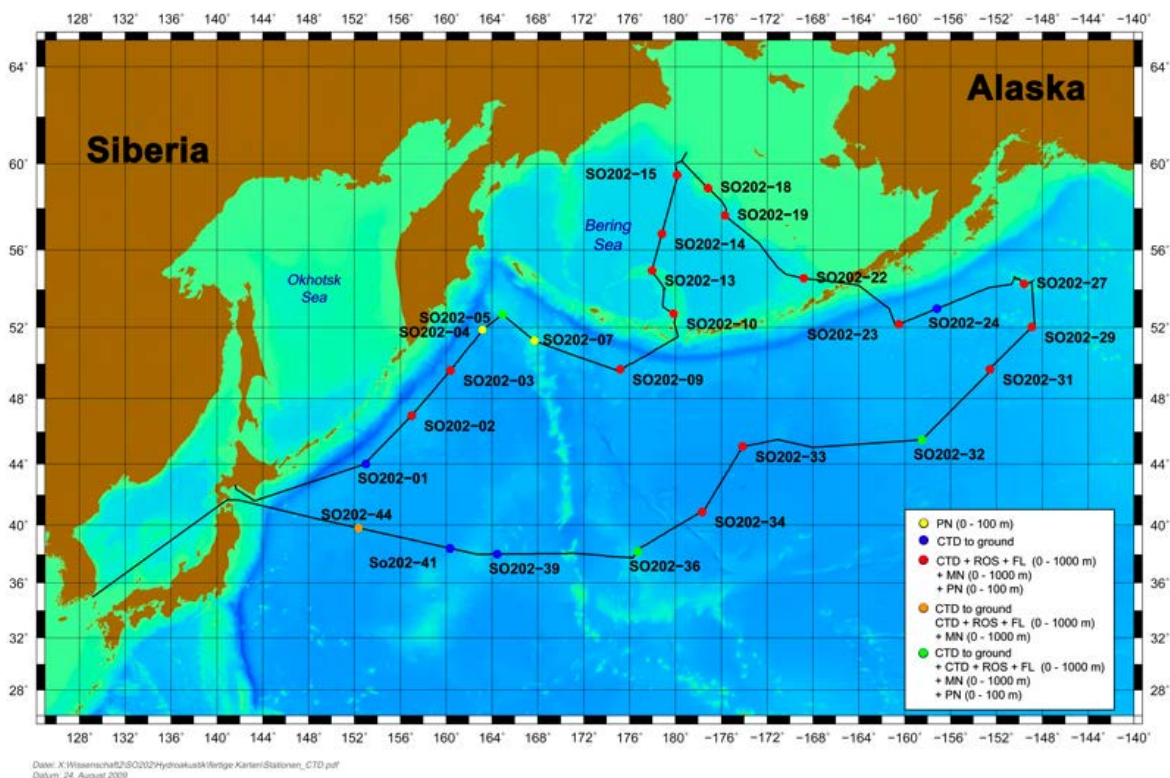
Die Expedition hat umfangreiche bathymetrische und sedimentechographische Datensätze in hoher Qualität erbracht und u.a. zur Neubenennung von 5 topographischen Strukturen geführt (Abb. 2 und Anlage C, SO202-INOPEX Fahrtbericht). Die bathymetrischen Datensätze wurden an das IHO Data Center for Digital Bathymetry (DCDB) abgegeben (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/iho.html>.) und dienen zur Verbesserung des GEBCO Kartenwerkes ([www.gebco.de](http://www.gebco.de)). Die globale bathymetrische Datenbasis wird durch

diesen Beitrag kontinuierlich erweitert. Die Daten fließen darüber hinaus in das IOC-Projekt der International Bathymetric Chart of the Western Pacific (IBCWP) (siehe <http://www.unescobkk.org/westpac/about-us/about-westpac/programmes-and-projects/ocean-observations/international-bathymetric-chart-of-the-western-pacific-ibcwp/>.)

Die sedimentechographischen Daten wurden bereits an Bord intensiv ausgewertet und im SO202-INOPEX-Fahrbericht im Detail dargestellt (Karnaukh et al. in Gersonde 2012, <http://epic.awi.de/>) (s. Anlage C, SO202-INOPEX Fahrtbericht).

### 2.1.2 Auswertung von SO202 CDT-Daten und Wassersäulenproben (AWI, LDEO)

Während SO202-INOPEX wurden an 26 Stationen Untersuchungen der Wassersäule mit der CTD, dem Multinetz (0-1000 m) und dem Planktonnetz (Nansennetz, 0-100 m) durchgeführt. (Abb. 3). Die **hydrographischen Datensätze** von den CTD-Stationen sind ausgewertet und fließen in die Bearbeitung der Isotopen- und Mikroplanktonuntersuchungen ein. Im Bereich Kamtschatka Strom und Bering Meer zeigen die CTD-Daten eine deutlich ausgeprägte Temperaturminimum-Zone (dichotome Lage), in deren oberstem Abschnitt maximale Chlorophyll-Konzentrationen auftreten (Abb. 4). Diese Zone wird von einer Sauerstoffminimumzone unterlagert, die im Bereich des Kamtschatka Stroms, des Beringmeeres und südlich dem anschließendem nördlichsten Nordpazifik bereits in einer Wassertiefe von 100-200 m beginnt (Abb. 4). Auf dem südlichen E-W Profil (SO202-32 – 41) ist diese Zone weniger mächtig ausgebildet und erreicht ihr Maximum in einer größeren Wassertiefe (ca. 500 – 2000 m) (Abb. 5).



Die für die Eichung der Fluorometermessungen benötigten Chlorophyll-Messungen an Wasserproben konnten aus technischen Gründen erst Ende 2011 durchgeführt werden, liegen nun aber alle vor.



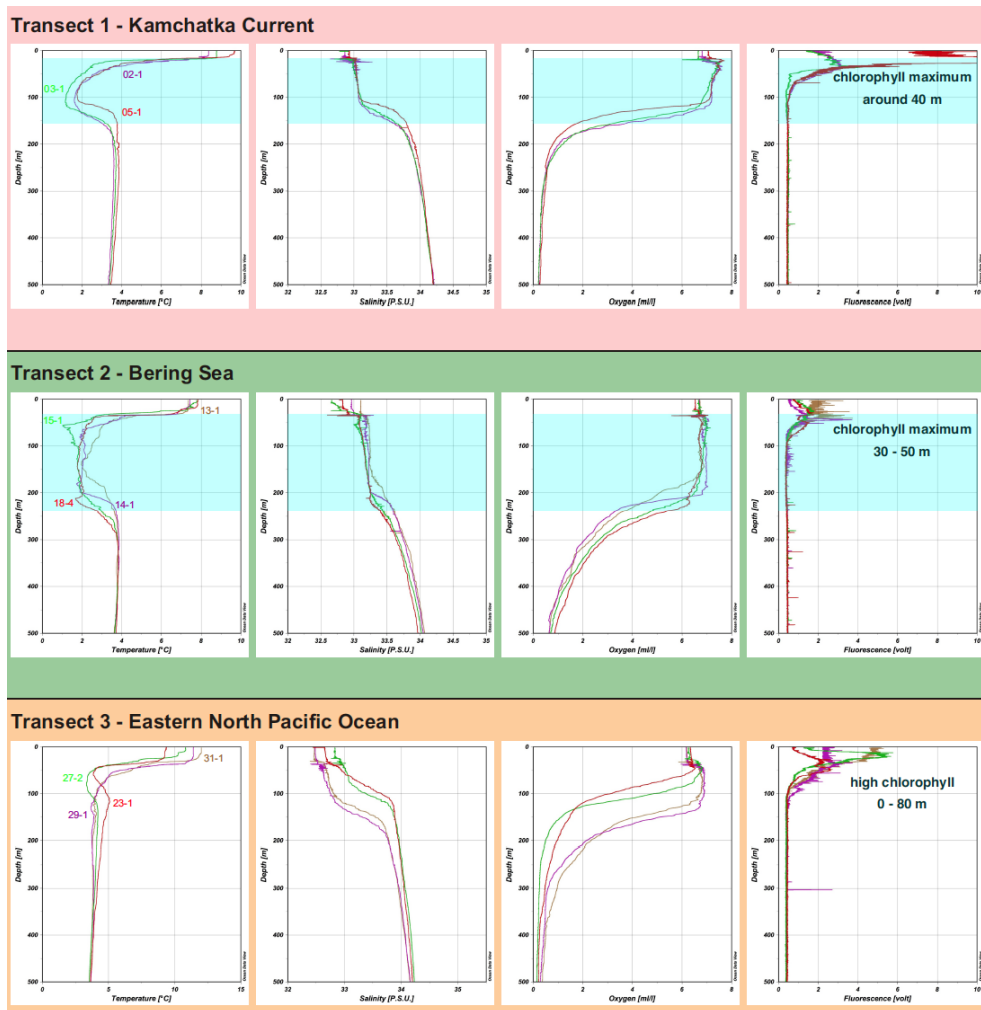


Abb 4: Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffgehalt und Fluoreszenz in den oberen 500 m der Wassersäule von drei SO202-INOPEX-Profilen (zu Messlokalitäten s. Abb. 1). Unterlegt Temperatur-Minimumzone im Bereich Kamtschatka Strom und im Beringmeer (aus Esper et al. 2010, Poster), darunter folgt die Sauerstoffminimumzone (s.a. Abb. 5).

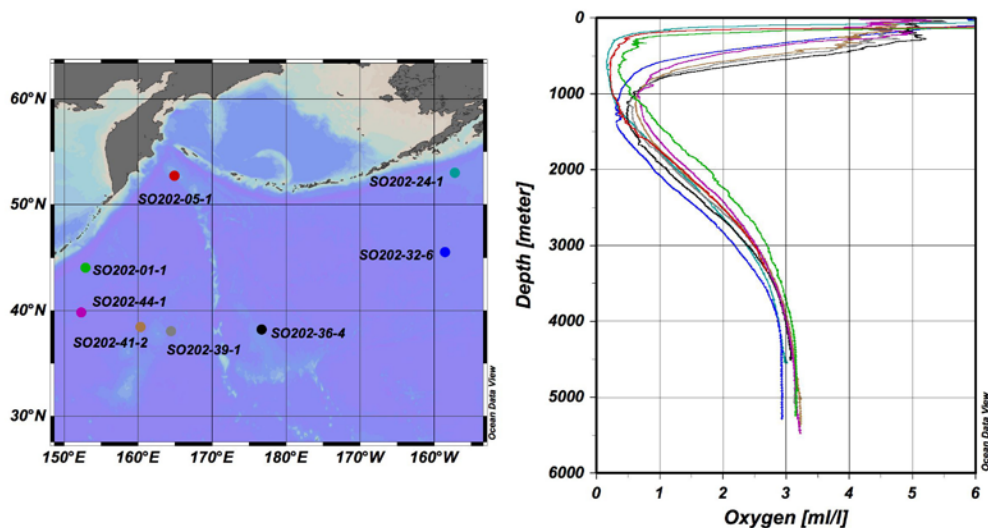


Abb 5: Sauerstoffkonzentrationen von 8 INOPEX Stationen dokumentieren die Ausdehnung der Sauerstoffminimumzone im Nordpazifik.

Die ursprüngliche Planung, 86 **Planktonproben** aus dem Oberflächenwasser (Planktonnetz, Schiffspumpe) durch POI untersuchen zu lassen werden, konnte nicht realisiert werden, da POI keine Personalmittel dafür zur Verfügung stehen. Derzeit ist geplant, dieses Probenmaterial im Rahmen einer Masterarbeit am AWI auf Diatomeen auswerten zu lassen, bei der auch die Datensätze aus den Oberflächensedimentproben berücksichtigt werden. Ähnliches gilt für die Multinetzprobensätze, an denen u.a. die Radiolarienhäufigkeits- und Artenverteilung quantifiziert werden sollen, Arbeiten die in Zusammenarbeit zwischen AWI und Tongji-Universität durchgeführt werden sollen.

Die **geochemische Auswertung** von CTD-Wasserproben ( $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$  Konzentration als Anzeiger für laterale und vertikale Flüsse) am LDEO ist abgeschlossen und wird derzeit zur Publikation vorbereitet (Hayes et al., in Vorb.). Unerwartetes Ergebnis dieser Untersuchungen ist, dass sich aus der Radionuklid-Verteilung in der Wassersäule keine Anzeichen für laterale Konzentrationsgradienten im Untersuchungsgebiet ableiten lassen. Damit werden bisherige Konzepte zur Entstehung der Verteilungsmuster von Spurenstoffen und anderen unlöslichen Stoffen im Ozean in Frage gestellt.

Arbeiten zur Bestimmung heutiger Neodym-Konzentrationen und der Nd-Isotopenverteilung im Ozean werden seit Winter 2011/12 am LDEO (S. Goldstein) durchgeführt. Dabei soll festgestellt werden, wie weit der Eintrag aus vulkanischen Quellen die Nd-Isotopenverteilung als Proxy für Ozeanzirkulation beeinträchtigt.

Die ursprünglich geplanten **biologischen Untersuchungen** zum physiologischen Zustand von Planktongemeinschaften wurden nicht durchgeführt, da die ursprünglich für die Untersuchungen vorgesehenen Biologen wegen Terminverschiebungen anderer Expeditionen nicht an SO202-INOPEX teilnehmen konnten.

### 2.1.3 Auswertung von SO202 Oberflächensedimenten

Die Beprobung der Oberflächensedimente mit dem Multicorer erbrachte Material von 39 Stationen (Tab. 1). Da fast an allen Stationen über 10 der 12 Multicorerrohre mit Sediment gefüllt waren (Abb. 6) steht ein unerwartet umfangreiches Material zur Verfügung an dem eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt werden kann. Dazu gehören u.a. die Erstellung von Referenzdatensätzen für die Entwicklung von Transferfunktionen mit Hilfe von Mikrofossilvergesellschaftungen (Diatomeen, Radiolarien, Dinozysten) und Kalibrierung von Biomarker-gestützten Proxies (Alkenone,  $\text{TEX}_{86}$ ,  $\text{C}_{25}$ -HBIs), die Erfassung von Stoffflüssen (u.a. Opal, Staub) sowie die Datierung der Oberflächensedimente.

#### ***Kartierung der Diatomeenartenverteilung und Entwicklung eines Referenzdatensatzes für eine Diatomeen-Transferfunktion (AWI)***

Um pleistozäne Oberflächenwassertemperaturen und Meereisverbreitung quantitativ zu rekonstruieren wurden 39 INOPEX-Oberflächenproben quantitativ auf die Zusammensetzung der Diatomeenvergesellschaftungen hin ausgewertet. Der gewonnene Datensatz wurde durch Bearbeitung von Probenmaterial aus dem Ochotskischen Meer (KOMEX-Proben), dem westlichen Bering Meer (KALMAR-Proben), dem Küstengebiet vor Kanada und der Bering Strasse (kanadisches Probenmaterial) erweitert und mit einem bestehenden Nordpazifik-Bering Meer-Datensatz, der von Sancetta (1981, Datensätze von 264 Stationen) zur Verfügung gestellt worden ist, verschmolzen. Der neue Referenzdatensatz stützt sich nunmehr auf die Bearbeitung von 423 Oberflächenproben (Abb. 7) und wird eine quantitative Rekonstruktion der Oberflächenwassertemperatur- und Meereisverbreitung im Wechsel pleistozäner Kalt- und Warmzeiten mit Hilfe von Diatomeen ermöglichen (Ren et al., in Vorb.).

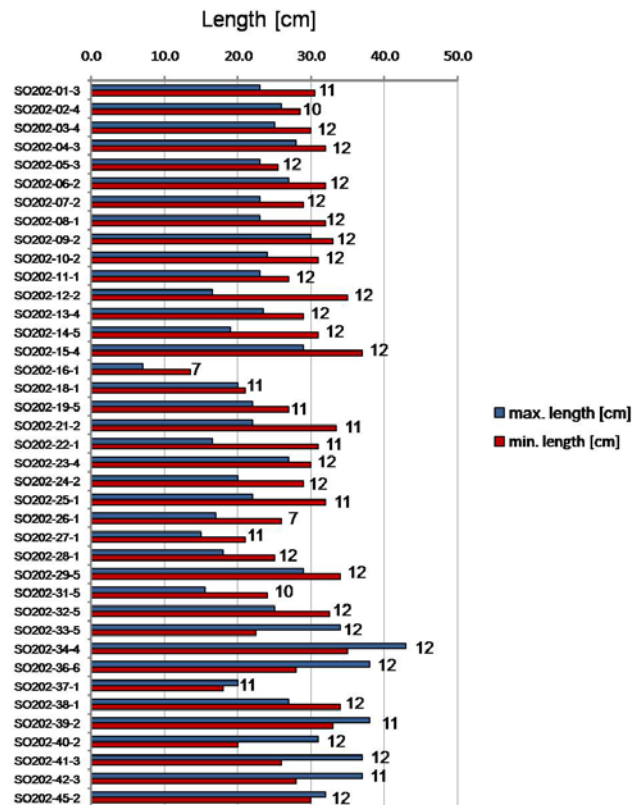


Abb 6: Minimum/Maximum Kerngewinn und Anzahl der mit Sediment gefüllten Multicorerrohre von den SO202-INOPEX Beprobungsstationen.

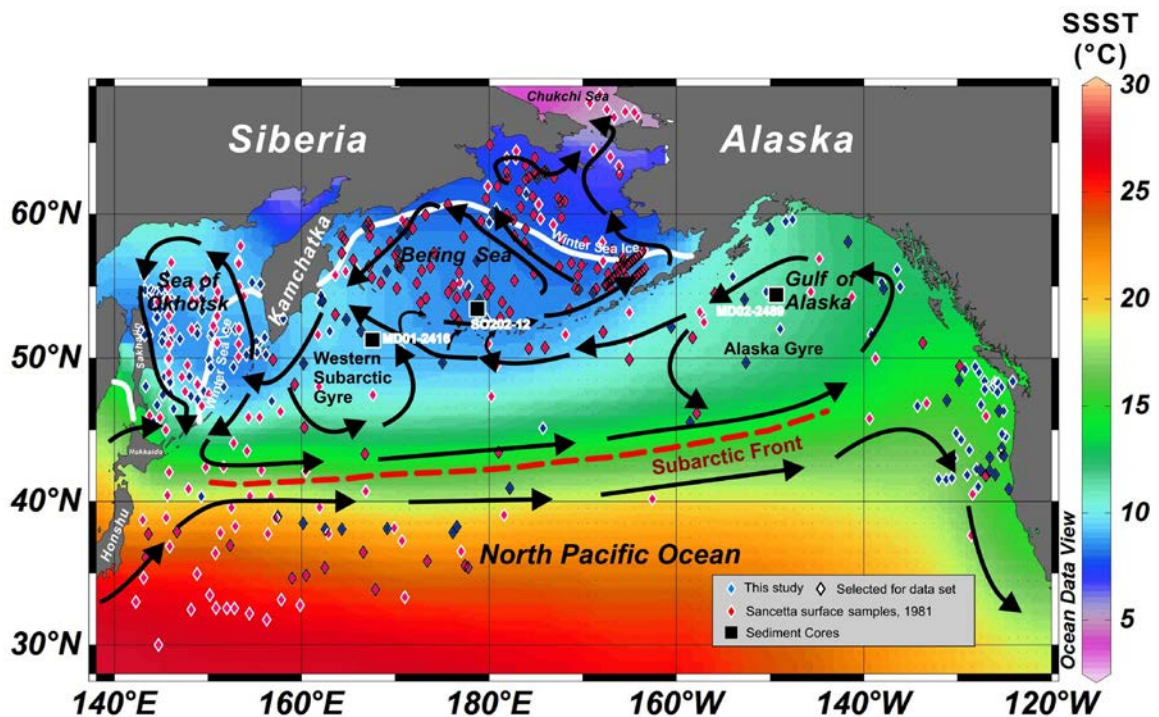


Abb 7: Übersichtskarte der Oberflächensedimentproben für die Kartierung der Diatomeenartenverteilung in Abhängigkeit hydrographischer Parameter und der Meereisverbreitung. Symbole zeigen die Lokation der neu bearbeiteten Proben, der Proben aus dem Datensatz Sancetta (1981), der für den Referenzdatensatz gewählten Proben sowie die Position ausgewählter Sedimentkerne, an denen die Transferfunktion getestet worden ist (aus Ren et al., in Vorb.).

### Entwicklung eines Dinozysten-Referenzdatensatzes (GEOTOP/AWI)

Ein neuer Dinozysten-Referenzdatensatz zur Rekonstruktion von Oberflächenwassermassen, Meereis und Paläoproduktivität bestehend aus INOPEX-Oberflächensedimentproben sowie Proben von KOMEX und kanadischen Quellen, der den nordpazifischen Raum und das Beringmeer zwischen 63°N und 38°N überstreicht (Abb. 8), wurde fertig gestellt (Bonnet et al. 2012).

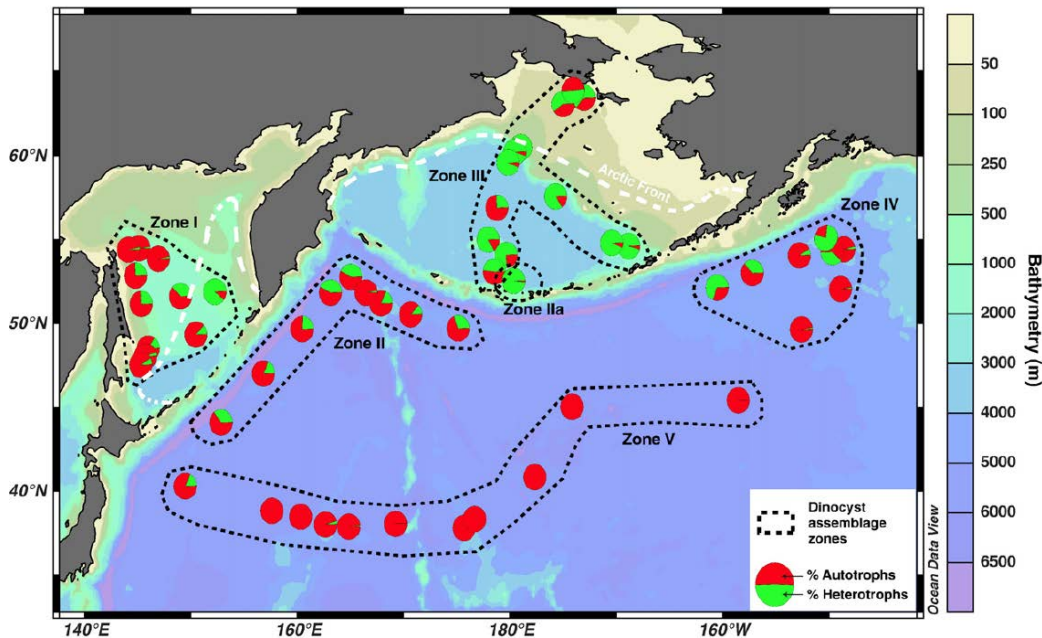


Abb 8: Übersichtskarte der Oberflächensedimentproben für die Kartierung der Dinozystenartenverteilung (hier aufgeteilt in autotrophe und heterotrophe Arten) in Abhängigkeit hydrographischer Parameter und der Meereisverbreitung. (aus Bonnet et al. 2012)

### Entwicklung Referenzdatensatz für Radiolarien-Transferfunktion (AWI/Shirshov Institut)

In Zusammenarbeit mit dem Shirshov Institut (Moskau) wurden INOPEX-Oberflächensedimentproben zusammen mit Material von KOMEX und KALMAR zur Entwicklung eines neuen Referenzdatensatzes zur Rekonstruktion von Oberflächenwassertemperaturen mit Hilfe von Radiolarien ausgewertet. Ein Manuskript (Abelmann, Matul et al.) ist in Planung.

### Entwicklung von Biomarker-Referenzdatensätzen und Tests der Einsatzmöglichkeiten (AWI)

Die geochemischen Arbeiten (Parameter: C/N Verhältnis, TOC, Hydrogen-Index, Alkenone, IP25, Sterole, n-Alkane, TEX<sub>86</sub>) zur Weiterentwicklung der Kalibrierung von Biomarkern für die Rekonstruktion von Oberflächenwassertemperatur, Meereisverbreitung, Paläoproduktion und terrestrischer Eintrag wurden abgeschlossen. Es wurde dabei festgestellt, dass im Gegensatz zu Alkenonen der TEX<sub>86</sub>-Index weniger gut mit kälteren Oberflächenwassertemperaturen korreliert (Meheust et al., in Vorb.).

### Entwicklung eines LPCA-Referenzdatensatzes (U. Washington/AWI)

Um zu testen, wie weit sich langkettige Polyamide (LPCA) als Biomarker für die Produktion bestimmter Diatomeenarten eignet, werden LPCA-Konzentrationen und die Signatur ihrer Stickstoffisotope gemessen und mit der Verteilung von Diatomeen verglichen. Die LPCA-Messungen wurden Ende 2011 begonnen.

### **Kartierung von biogenen Stoffflüssen und Test von Proxies für Paläoproduktion und Ozeanzirkulation (LDEO)**

Die Kartierung von  $^{230}\text{Th}$ -korrigierten Stoffflüssen (Opal,  $\text{C}_{\text{org}}$ , Karbonat), Uran und  $^{231}\text{Pa}$ -Konzentrationen und deren Beziehung zu Produktions- und Exportraten im Ozean ist abgeschlossen (Hayes et al., in Vorb.). Die Untersuchung der chemischen Fraktionierung während der Adsorption von Thorium und Protactinium an Partikel in Wassersäule und Oberflächensediment soll weitere Erkenntnisse dazu geben wie weit das  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$  Verhältnisses als Proxy für Ozeanzirkulation eingesetzt werden kann (Hayes, Anderson et al., in Vorb.).

### **Kartierung des Staubflusses und Bestimmung der Staubherkunft (LDEO)**

Um den terrigenen Staubeintrag und damit den Eintrag des Mikronährstoffes Fe in den Nordpazifik quantitativ zu erfassen und seine Verbreitung zu kartieren wurden  $^{232}\text{Th}$  und  $^{230}\text{Th}$ -Konzentrationen, Th/U Isotopenverhältnisse sowie  $^4\text{He}$  an allen Oberflächensedimenten gemessen. Damit konnte zunächst die relative Staubeintragsmenge bestimmt und der Staubeintrag mit Hilfe von  $^{230}\text{Th}$  normalisierten Flussberechnungen quantifiziert werden. Ein Vergleich der Staubeintragsraten mit Raten aus numerischen Simulationen ergibt relativ gute Übereinstimmungen (Winckler, Serno et al., in Vorb.). Die Analyse von Spurenelementkonzentrationen (Nd, Yb, Th, Sc) ermöglicht die Differenzierung von Staub aus Wüstengebieten und aus vulkanischen Quellen (Winckler, Anderson et al., in Vorb.).

### **Kartierung des Neodym-Isotopenverhältnisses (LDEO)**

Um den Einsatz von Nd als Proxy für Ozeanzirkulation zu testen werden Untersuchungen an Oberflächensedimenten durchgeführt, die für den Untersuchungsraum bislang noch nicht vorliegen. Die Arbeiten wurden von der Arbeitsgruppe S. Goldstein im Winter 2011/12 begonnen.

## **2.1.4 Auswertung von SO202-Sedimentkernen**

Während SO202-INOPEX konnten an 44 Stationen 50 Sedimentkerne mit einer Gesamtlänge von 862 m Sedimentkerne gezogen werden. Dabei kam 43 Mal ein zumeist 25 m langes Kolbenlot zum Einsatz mit dem durchschnittlich 15-20 m lange Sedimentkerne gewonnen werden konnten (Tab. 1, Abb. 8). An fünf Stationen wurden Sedimentkerne mit einem Kastenlot und an 3 Stationen mit dem Schwerelot gewonnen. Die großvolumigen Kastenlote wurden u.a. an Positionen eingesetzt, an denen laminierte Sedimente gekernt werden konnten. Die überwiegende Anzahl der Kerne dokumentiert die Klimageschichte des oberen-mittleren Pleistozäns und des Holozäns. Im Bereich des zentralen subarktischen Pazifiks wurden auch Kerne gezogen, die bis in das Pliozän zurückreichen (SO202-32-4, 33-4, 34-5) und damit den Beginn der Nordhemisphärenvereisung dokumentieren.

Inzwischen sind 32 Sedimentkerne (entspricht 527.5 m) geöffnet, dokumentiert, beprobt und mit dem AWI-XRF-Scanner hochauflösend (0.5 – 1 cm) gemessen. Darüber hinaus wurden alle laminierten Segmente der Kerne aus dem Beringmeer (gesamt 12 m) mit dem ITRAX-XRF Scanner (COX Analytical Systems) am IOW Warnemünde in einer Auflösung von 200  $\mu\text{m}$  gemessen.

Die Auswertearbeiten der verschiedenen Gruppen konzentrieren sich zunächst auf die Kastenlotkerne SO202-07-6 (Detroit Seamount), SO202-12-1 (Bowers Ridge), SO202-18-6 (Pervenet Canyon, Beringhang), SO202-27-6 (Patton Seamount), da aus diesen Kernen das für die Probenpräparation verschiedener neuer Methoden (Opal isotopie  $^{18}\text{O}$ ,  $^{30}\text{Si}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) benötigte umfangreiche Probenmaterial zur Verfügung steht und darüber hinaus parallel auch andere Analysemethoden (u.a.  $^{14}\text{C}$ -Datierungen, Biomarkeruntersuchungen,  $^{18}\text{O}$  und  $^{13}\text{C}$  Messungen an planktischen und benthischen Foraminiferen, quantitative Erfassung von Mikrofossilgruppen wie Diatomeen, Dinzysten, Radiolarien) durchgeführt werden können.

Damit sind alle Voraussetzungen geschaffen, an diesen Kernen, die alle die letzte Termination dokumentieren, die paläozeanographischen Auswertungen auf eine breite Palette von „Proxies“ zu stützen. Die Probenlokationen lassen Aussagen zu Änderungen im westlichen und östlichen subpolaren Nordpazifik sowie im zentralen und nördlichen Beringmeer zu und decken damit großräumig das INOPEX-Untersuchungsgebiet ab. Da nicht die paläozeanographischen Ergebnisse aller Proxies in einer gemeinsamen Publikation abgehandelt werden können, werden die Ergebnisse zunächst in verschiedenen aber auf einander abgestimmten Arbeiten abgehandelt. Nach Fertigstellung dieser Arbeiten sollen die wesentlichen Ergebnisse in „Review“-Arbeiten zusammengefasst werden.

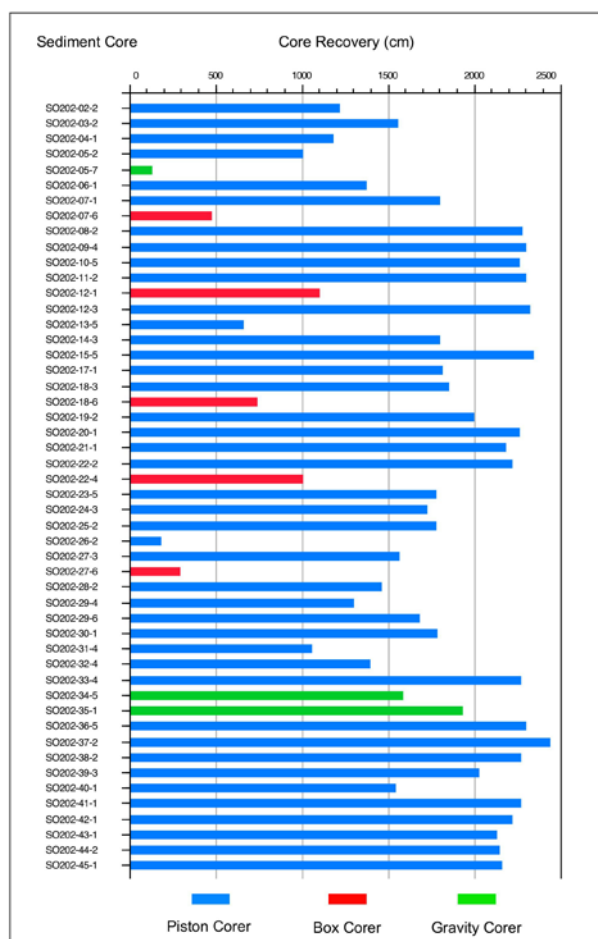


Abb 9: Kernlängen der Kolbenlot- (piston corer), Kastenlot- (box corer) und Schwerelot- (gravity corer) Einsätze.

### Entwicklung von Altersmodellen (AWI, GeoB)

Zur Entwicklung von Altersmodellen wurde wenn möglich eine Kombination von  $^{14}\text{C}$ -Datierungen, Sauerstoffisotopenstratigraphie, geomagnetischen Messungen sowie die Korrelation von Sedimentkernen mit Hilfe von sedimentphysikalischen und XRF-Scanner-Zeitreihen eingesetzt. Aus dem Zeitraum der letzten 40 ka wurden bislang 81  $^{14}\text{C}$  Proben (planktische, benthische Foraminiferen, Holz, Muscheln) im Datierungslabor von Woods Hole Oceanographic Institution (NOSAMS) datiert. Die Kalibrierung der  $^{14}\text{C}$ -Alter wird mit Hilfe von CALIB Rev 6.1 Radiocarbon Calibration Program (Stuiver und Reimer 1993) durchgeführt. Paralleldatierungen planktischer und benthischer Foraminiferen, die an verschiedenen Horizonten durchgeführt werden konnten ermöglichen neben der Datierung auch die Abschätzung von Ozeanventilation (u.a. Gersonde et al. in Vorb., Kühn et al., in Vorb., Maier et al., in Vorb.). Die geomagnetischen Untersuchungen werden am Fachbereich

Geowissenschaften der Universität Bremen durchgeführt und sind im INOPEX-Bericht v. Dobeneck abgehandelt. Insgesamt wurden bislang 18 Sedimentkerne stratigraphisch datiert, weitere sind in Bearbeitung.

### ***Sauerstoff- (<sup>18</sup>O) und Silizium- (<sup>30</sup>Si) Isotopie an Diatomeen, Methodenentwicklung und paläozeanographische Anwendung (AWI)***

Zur Rekonstruktion von Wassermassenstruktur und Nährstoffnutzung im Wechsel der Pleistozänen Warm- und Kaltzeiten wurden am AWI auch unter Einsatz von INOPEX-Personalmitteln Methoden entwickelt, a) kieselige Mikrofossilgruppen (Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln) nicht nur quantitativ voneinander zu trennen sondern auch einzelne Arten/Artengruppen der Mikrofossilgruppen zu separieren und b) die Sauerstoff und Silizium-Isotopie von kieseligen Gruppen aus einer Probe parallel zu messen. So werden Daten aus einer Ausgangsprobe gewonnen, mit denen sich Angebot/Nutzung des Nährstoffs Silizium (Si) und Aussagen zu Änderungen des Sauerstoffisotopenverhältnisses u.a. durch Eintrag meteorischen Wassers (u.a. Schmelzwasserschüttungen) ableiten lassen (s. a. Erfolgskontrollbericht, Maier et al., in Vorb.).

Die wegen der aufwändigen Probenpräparation langwierigen Arbeiten wurden bislang an Kastenlotkernen von drei topographischen Erhebungen (SO202-07-6, Detroit Seamount; SO202-12-1, Bowers Ridge; SO202-27-6, Patton Seamount) durchgeführt. In Kombination mit Analysen der Diatomeen- und Radiolarienartenverteilung an den Positionen (s. u.) sowie anderen geochemischen Analysen (s. u. <sup>15</sup>N an Diatomeen, Biomarker) und radiometrischen Untersuchungen (s.o.) lassen sich neue Hinweise auf die Wassermassenzirkulation, Nährstoffnutzung und den Eintrag von Süßwasser im Wechsel der letzten Glazialzeit zur heutigen Warmzeit ableiten (s. a. Erfolgskontrollbericht, Maier et al., in Vorb.).

### ***Stickstoff- (<sup>15</sup>N) Isotopie an Diatomeen und paläozeanographische Rekonstruktion (ETH-Zürich/Princeton/LDEO)***

Die ebenfalls zeitlich sehr aufwändigen <sup>15</sup>N-Isotopenanalysen an Diatomeenopal wurden parallel zu den Sauerstoff- und Silizium-Isotopenmessungen an Diatomeen und Radiolarien an den Kastenlotkernen SO202-07-6 (Detroit Seamount) und SO202-27-6 (Patton Seamount) durchgeführt. Sie wurden darüber hinaus mit <sup>15</sup>N-Messungen am Gesamtsediment verglichen (s.a. Erfolgskontrollbericht). Weitere <sup>15</sup>N-Messungen wurden an einem Sedimentabschnitt aus SO202-33-4 durchgeführt, der die Auswirkungen des Beginns der Nordhemisphären-Vereisung auf den zentralen subarktischen Pazifik dokumentiert (s.a. Haug und Sigman 2009). Da dabei unerwartete Ergebnisse erzielt worden sind (Studer, Haug, Sigman et al.) sollen die Messungen nun auf den gesamten Kern ausgedehnt werden (Studer et al., in Vorb., Ren et al., in Vorb.).

### ***Quantitative Diatomeenanalyse und paläozeanographische Rekonstruktion (AWI)***

Die Ergebnisse der Diatomeenanalysen an den Kastenlotkernen SO202-12-1 (Bowers Ridge), SO202-18-6 (Pervenets Canyon) und SO202-27-6 (Patton Seamount) und von zwei Marion Dufresne-Kernen vom Detroit (Nähe SO202-07) und Patton Seamount (Nähe SO202-27) wurden zur Bestimmung von Oberflächenwassertemperaturen mit Hilfe einer neu entwickelten Diatomeen-Transferfunktion benutzt und die Änderungen der Meereisverbreitung abgeschätzt (Ren et al., in Vorb.) (s.a. Erfolgskontrollbericht).

### ***Quantitative Radiolarienanalyse und paläozeanographische Rekonstruktion (Tongji U./AWI)***

Eine quantitative Analyse der Artenverteilung von Radiolarien wurde ebenfalls an den Kastenlotkerne SO202-12-1 (Bowers Ridge), SO202-18-6 (Pervenets Canyon, Beringhang) und SO202-27-6 (Patton Seamount) durchgeführt (Wang et al., in Vorb.) (s.a. Erfolgskontrollbericht).

### ***Quantitative Dinozystenanalyse und paläozeanographische Rekonstruktion (GEOTOP /AWI)***

Quantitative Analysen an den Sedimentkernen SO202-07-6 (Detroit Seamount) und SO202-18-6 (Pervenets Canyon) zur Rekonstruktion der glazial/interglazialen Variabilität von Wassertemperaturen, Meereisverbreitung wurden abgeschlossen. Ein Manuskript zur Interpretation der Daten aus SO202-18-6 ist weitgehend fertiggestellt (Bonnet et al., in Vorb.).

#### ***Biomarkeranalyse und paläozeanographische Rekonstruktion (AWI)***

An den Kastenlotkernen SO202-07-6 (Detroit Seamount), SO202-18-6 (Pervenet Canyon, Beringhang) und SO202-27-6 (Patton Seamount) wurden umfangreiche organisch geochemische Untersuchungen zum Abschluss gebracht. Damit können Informationen zu Oberflächenwassertemperatur, Meereisverbreitung, Paläoproduktion und terrigene Einträgen gewonnen werden. Die Palette der Messungen umfasst die Bestimmung von TOC, langkettige n-Alkane, Sterole, Alkenone (UK<sub>37</sub>-Index), Tex<sub>86</sub>-Index, BIT-Index, IP25-HBIs und PIP25 (Meheuts et al., in Vorb.) (s.a. Erfolgskontrollbericht).

#### ***Pleistozäne Variabilität von Staubflüssen im Nordpazifik (LDEO)***

Eine Kombination von Messungen der <sup>232</sup>Th und <sup>230</sup>Th-Konzentrationen, Th/U Isotopenverhältnisse und <sup>4</sup>He wird derzeit an den Kernen SO202-37-2 und SO202-40-1 durchgeführt. Damit sollen glazial/interglaziale Änderungen des terrigenen Staubeintrags und Mikronährstoffes Fe in den Nordpazifik quantitativ erfasst werden. Die Kerne vom Shatsky und Hess Rücken sollen auch Rückschlüsse über die W-O-Gradienten erlauben. Die Differenzierung zwischen Staub aus vulkanischen Quellen und asiatischen Wüstengebieten soll mit Hilfe von Analysen der Spurenelementkonzentrationen (Nd, Yb, Th, Sc) durchgeführt werden (Winckler, Anderson et al., in Vorb.).

#### ***Laminite im Bering Meer: Verbreitung, Altersstellung und paläozeanographische Bedeutung (AWI)***

Im Beringmeer wurden während SO202-INOPEX in drei Regionen (Bowers Rücken, nördlicher Beringhang, Umnak Plateau) Sedimentkerne auf Tiefenprofilen zwischen 1100 und 3000 m Wassertiefe gezogen, um u.a. die Tiefenverteilung, genaue Alterszuordnung, Genese und räumliche Variabilität von laminierten Sedimentenabschnitten detailliert zu erfassen (Kühn et al., in Vorb.). Diese Beprobung, bei der an drei Positionen (SO202-12, -18, -22) neben dem Kolbenlot auch das Kastenlot eingesetzt worden ist um großvolumige Proben zu gewinnen, ist sehr erfolgreich verlaufen (s. Anlage C, SO202-INOPEX Fahrtbericht) und wird durch jeweils einen zusätzlichen Kern aus dem Bering Becken (SO202-14-3, Wt 3821 m) und vom zentralen Beringhang (SO202-19-2) ergänzt. Laminite wurden in allen Kernen oberhalb einer Wassertiefe von ca. 2500 m gefunden und lassen sich zeitlich, übereinstimmend mit Ergebnissen von Cook et al. (2005) klimatisch warmen Zeiträumen während des letzten Glazial/Interglazialübergangs (Bølling-Allerød, frühes Holozän) zuordnen. Ihre Entstehung kann mit einer Verstärkung der Beringmeer-Sauerstoffminimumzone (oxygen minimum zone, OMZ) in Verbindung gebracht werden. Heute liegt die Beringmeer-OMZ in einem Tiefenintervall zwischen 500 und 1500 m, ist aber mit minimalen Gehalten von 0.6 ml O<sub>2</sub>/l (Garcia et al. 2009) nicht ausreichend stark ausgebildet, um in Sedimenten, die in diesem Tiefenintervall abgelagert werden zu einer Lamination zu führen (Abb. 10). Die laminierten Sedimentabschnitte erreichen in den Sedimentkernen vom nördlichen Beringhang ihre höchsten Mächtigkeiten (Bølling-Allerød zugeordnete Laminitabfolge 3.27 m, entspricht einer Sedimentationsrate von 180 cm/1000 J.). Die Lamination baut sich aus einer Wechsellagerung von diatomeenreichen und terrigen-dominierten Lagen auf, die nach bisherigem Kenntnisstand jahreszeitlich abgelagert worden ist. Die Lagendicken liegen im Millimeterbereich (Abb. 11) und lassen damit an Kastenlotmaterial auch „multi-proxy“-Untersuchungen zu, um u.a. die Genese der Lamination detailliert zu erfassen. Solche Arbeiten werden derzeit durchgeführt (Kühn et al., in Vorb.). Insgesamt zeigt sich, dass das Vorkommen von Lamination (OMZ-Verstärkung) im Beringmeer eng an die Klimaentwicklung gekoppelt ist, wie sie während der letzten Termination aus grönländischen Eiskernen, aber auch im äquatorialen Westatlantik und Ostpazifikraum dokumentiert ist (Kühn et al., in Vorb.) (s.a. Erfolgskontrollbericht). Darauf



gestützt werden Modell zur Klimakoppelung während der letzten Termination und damit verbundener Prozesse entwickelt.

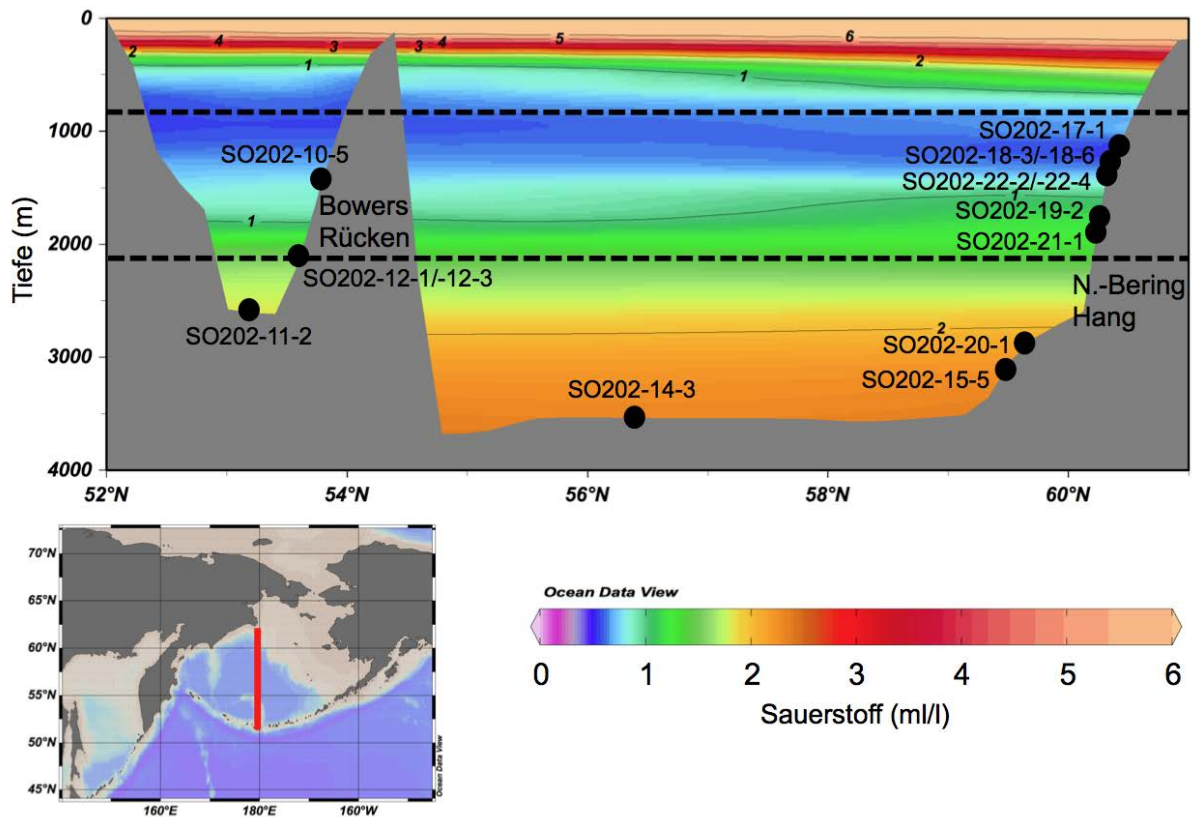


Abb 10: Ausbildung und Tiefenlage der heutigen Sauerstoffminimumzone im Bering Meer (Garcia et al. 2009), schematische Darstellung der Tiefenlage der SO202-Sedimentkerne aus dem Beringmeer und Tiefenbereich des Vorkommens von Laminiten während Termination I und frühem Holozän abgeleitet aus SO202-INOPEX-Sedimentkernen sowie Daten aus IODP Expedition 323 (2010), Caissie et al. (2010), Itaki et al. (2009).

### Weiterentwicklung von Tephrostratigraphien für den Nordpazifikraum (Rissho U./AWI/GeoB)

Die Elementverteilung in Aschelagen aus den Kernen SO202-07-6 (Detroit Seamount), SO202-12-1 (Bowers Rücken), SO202-18-6 (Bering Hang), SO202-27-6 (Patton Seamount), sowie aus SO202-39-3 (Nordwestpazifik) wurden mit Hilfe von EPMA (electron probe microanalysis) qualitativ und quantitativ bestimmt. Damit können Aschelagen geochemisch charakterisiert und bereits bekannten Aschen, bzw. bestimmten Herkunftsprovinzen zugeordnet werden. Dabei ist es gelungen, die Asche ID97 in SO202-39-3 zweifelsfrei der Aso-4-Asche (Alter 87 ka) zuzuordnen, deren Herkunftsgebiet die japanische Provinz Kyushu ist (Aoki et al. 2008). Eine ältere Asche (ID114) aus SO202-39-3 kann ebenfalls Vulkanereignissen im Bereich Kyushu zugeordnet werden, während ID116 aus dem nordjapanischen Tohoku oder Hokkaido Distrikt stammt. Dem Izu-Bonin Inselbogen werden dagegen die Aschen ID107 und ID111 zugeordnet. Die Ergebnisse werden mit stratigraphischen Untersuchungen an GeoB und AWI verknüpft. Die in Japan (Rissho Universität) durchgeführten geochemisch-mineralogischen Arbeiten schreiten leider nur langsam voran, da die Bearbeiterin weiterhin nur über begrenzte finanzielle Mittel verfügt. Es wird daher angestrebt, einen Teil der zahlreichen Aschen aus SO202-Kernen durch russische Kollegen (POI) bearbeiten zu lassen.

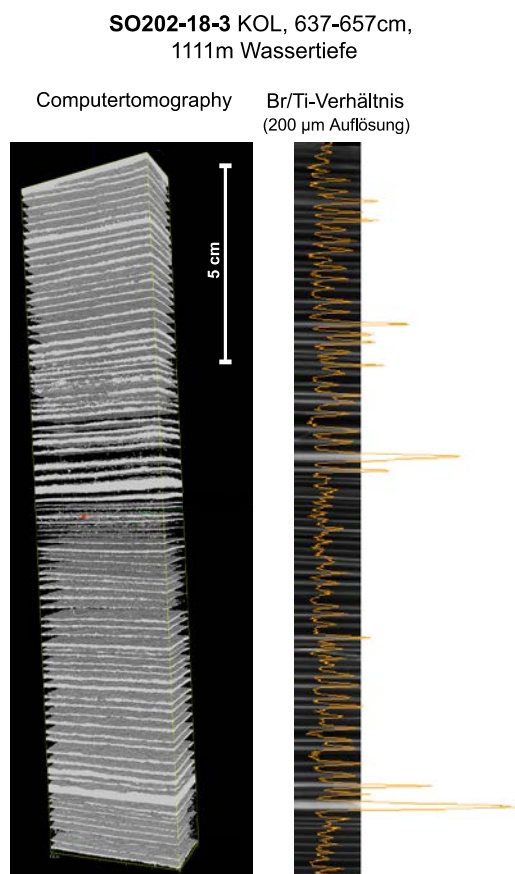


Abb 11: *Hochauflösende Dokumentation der Lamination aus dem Zeitraum Bølling-Allerød (Kern SO202-18-3, nördlicher Beringhang, Abb. 1) mit Hilfe der Computertomographie und hochauflösendem (200 µm) XRF-Scan (ITRAX-Scanner Warnemünde). Maxima im Br/Ti Verhältnis zeigen diatomeenreiche Lagen an (helle Lagen im Röntgenbild und in der computertomographischen Aufnahme).*

## 2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

### 0837 Personalmittel

Von den zur Verfügung gestellten Personalmittel in Höhe von 167.396,00 € wurden 166.520,09 € ausgegeben (zu Personal s. 1.2).

### 0838 Reisekosten

Für Dienstreise im Inland (Sonne-Statusseminar) und in Verbindung mit der Expedition SO202-INOPEX wurden 29.984,62 € ausgegeben. Dabei konnten auch die Reisekosten (Vladivostok-Tomakomai, Busan-Vladivostok) für die beiden russischen Beobachter V. Karnaukh und M. Obrezkova (POI) finanziert werden. Insgesamt konnten die Reisekosten aber günstiger gestaltet werden, da sich wegen der kurzzeitig gewechselten Aus- und Einlaufhäfen die An- und Abreisekosten verringert haben.

Rückgabe: 9.262,00 €

### 0850 Transport und Zwischenlagerung

Von den in Höhe von 70.534,00 € bewilligten Mittel wurden nur 43.201,93€ benötigt, da sich wegen der kurzfristig geänderten Aus- und Einlaufhäfen die Transportkosten deutlich

verringert haben. So konnte der ursprünglich geplante Luftfrachttransport Kushiro-Punta Arenas (4.5 to Geräte) durch einen Seefrachttransport (Busan-Punta Arenas) ersetzt werden. Lediglich ein Gerät (Multinetz), das auch auf der nachfolgenden KALMAR-Expedition (SO202-1-2) eingesetzt wurde, musste per Luftfracht nach Punta Arenas geschickt werden, um es rechtzeitig zur Expedition ANT-XXVI/2 an Bord FS *Polarstern* zur zu bringen.

Rückgabe: 27.332,00 €

### 2.3 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die wissenschaftlichen Ergebnisse von SO202-INOPEX sind im Bereich der Grundlagenforschung angesiedelt. Die Arbeiten liefern neue paläozeanographische und paläoklimatische Daten aus einem bislang wenig intensiv untersuchten Gebiet. Sie legen gestützt auf den Einsatz einer Palette neuer und neu entwickelter Rekonstruktions-, Datierungs- und Auswertemethoden („Multi-proxy“-Ansatz) wesentliche weitere Grundlagen, mit denen die Mechanismen, die die globale Klimaentwicklung steuern, besser verstanden und modelliert werden können. Fortschritte auf diesem Gebiet sind insbesondere vor dem Hintergrund der andauernden Erwärmung des Erdklimas und den damit verbundenen drängenden Fragen nach künftigen Auswirkungen und der Geschwindigkeit von Klimaänderungen von großer Bedeutung. Der Nordpazifik mit seiner zentralen Stellung zwischen dem nordamerikanischen Kontinent und Asien hat wesentliche Einwirkung auf die atmosphärische Zirkulation und ihren Interaktionen in der Nordhemisphäre und damit auch auf Europa. Darüber hinaus werden im Rahmen von INOPEX nicht nur neue Referenzdatensätze und Rekonstruktionsansätze geschaffen, die für die bessere Beschreibung vergangener Klimabedingungen im Untersuchungsraum von wesentlicher Bedeutung sind, sondern auch neue Methoden entwickelt bzw. weiterentwickelt (u.a. Opal isotopie), die paläozeanographische Arbeiten insbesondere in Gebieten mit verstärkter Ablagerung von biogenem Opal (u.a. hohe Breiten) und karbonatarmen/-freien Tiefseeregionen auf eine breitere Grundlage stellen. Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit hochrangigen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen durchgeführt, wobei u.a. wissenschaftliche Zusammenarbeit mit Instituten aus Ländern wie China, Russland, USA, Schweiz und Kanada gestärkt werden (s. 1.5). Das Vorhaben hat Bezug zu nationalen und internationalen Programmen der Meeres- und Klimaforschung, darunter das DFG-Forschungszentrum MARUM (Bremen), das BMBF-Verbundvorhaben KALMAR, das EU-Projekt „Past4Future“, PAGES, GEOTRACES sowie IODP. Insbesondere die Arbeiten zur Entwicklung von neuen „Proxies“ für den Nordpazifikraum werden Auswertungen von IODP-Sedimentmaterial aus dem Beringmeer (Leg 323) und dem geplanten Leg 341 „South Alaska Margin“ stützen. Die während SO202-INOPEX im Beringmeer gewonnenen großvolumigen laminierten Sedimentkerne (30x30cm Kastenlot) erlauben die Erfassung von Umweltbedingungen während des letzten Glazial-/Interglazialübergangs in jahreszeitlicher Auflösung und dokumentieren die Geschichte der Sauerstoffminimumzone im Nordpazifikraum. Die Arbeiten können dabei in bislang unerreichter Güte durchgeführt werden, da sie sich wegen der zur Verfügung stehenden größeren Probenvolumina erstmals auf eng verknüpfte „Multi proxy“-Auswertungen stützen können. Durch Vergleich mit Daten aus grönländischen Eiskernen und jahreszeitlich aufgelösten Sedimentkernen anderer Regionen (u.a. Cariacobecken, Santa Barbara Becken) kann die warmzeitliche Klimaentwicklungen im Raum Beringmeer und die Ausbildung der Sauerstoffminimumzone in engen Bezug mit der Klimaentwicklung auf der Nordhemisphäre gesetzt werden und damit neue Erkenntnisse zur Klimasteuerung und damit verbundenen Übertragungsmechanismen auf dekadischen Zeitskalen gewonnen werden. INOPEX-Daten werden Bedeutung und Wirkungsgrößen des polaren Nordpazifiks auf das globale Klima als Endglied der globalen thermohalinen Zirkulation und Bildungsgebiet von Wassermassen, die für die „Durchlüftung“ und Nährstoffverteilung des Ozeans von Bedeutung sind, besser verstehen und modellieren lassen. Die Daten werden u.a. Rückschlüsse auf die biologische Produktion unter vergangenen warmen Klimabedingungen in einem der heute fischreichsten Ozeangebiete

des Weltmeeres erbringen und damit auch Rückschlüsse darüber zulassen, welche Produktionsbedingungen unter zukünftig wärmeren Klimazuständen zu erwarten sind. Diese Ergebnisse können von nationalen und internationalen Wirtschafts- und Forschungseinrichtungen für weiterführende Untersuchungen unter Themen wie Funktion von Klimamechanismen, zukünftige Klimaentwicklung, Klimavorsorge, Risikoanalyse und Welternährung genutzt werden. Insgesamt trägt INOPEX dazu bei, die Bedeutung und Rolle deutscher Forschung bei der Durchführung internationaler Forschungsprojekte zur (Paläo)-Klimaforschung auf höchstem Niveau deutlich sichtbar zu machen.

Die Einbindung von jungen Wissenschaftlern aus China, USA, Deutschland und der Schweiz in die Expedition und die Auswertung von Daten und Probenmaterial mit Hilfe modernster Methoden trägt zur Entwicklung eines hochkarätigen wissenschaftlichen Nachwuchses bei, der zur Lösung zukünftiger wissenschaftlicher Herausforderungen in einem sich rasch wandelnden Weltklima dringend benötigt wird.

### **2.3 Präsentationen (Poster/Vorträge) und eingereichte/geplante Veröffentlichungen**

#### **Vorträge**

- Stein, R., Müller, J., Xiao, X., Méheust, M., and Fahl, K., 2011. Lessons from the past: A novel biomarker approach for Arctic Ocean sea ice reconstruction (Interdisciplinary Sea Ice Workshop, Ankelohe, November 14-15; Keynote talk).
- Gersonde, R., Abelmann, A., v. Dobeneck, T. und SO202-Teilnehmer, 2011 Expedition SO202-INOPEX, Fahrtergebnisse und wissenschaftliche Auswertung. SONNE-Statusseminar, 09.02.2011-10.02.2011, Hannover (eingeladener Vortrag).
- Gersonde, R. Abelmann, A., Esper, O., Lamy, F., Kühn, H., Ren, J. und SO202-INOPEX und ANT-XXVI/2 Fahrtteilnehmer. INQUA, Juli 2011, Bern (eingeladener Vortrag).
- Kühn, H., Gersonde, R. Lamy, F., Tiedemann, R., Arz, H., 2011. Laminated sediments as high resolution paleoclimate archives in the Bering Sea (SO202-INOPEX). AGU Fall Meeting 2011, 05.12.2011-09.12.2011, San Francisco
- Winckler, G., Serno, S., Anderson, R. F., Hayes, C. T., Gersonde, R., Haug, G. H. 2011. Reconstructing dust input to the Subarctic North Pacific – past and present. AGU Fall Meeting 2011, 05.12.2011-09.12.2011, San Francisco (eingeladener Vortrag).

#### **Poster**

- Kühn, H., Gersonde, R. Lamy, F., Tiedemann, 2011. Termination I und laminierte Sedimente als hochauflösende Paläoklimaarchive im Beringmeer (SO202-INOPEX). SONNE-Statusseminar, 09.02.2011-10.02.2011, Hannover
- Maier, E. Abelmann, A., Chaplugin, B., Gersonde, R., Ren, J., Tiedemann, R. Combined Stable Oxygen and Silicon Isotope Analysis of Biogenic Silica – Method and Application to the Late Pleistocene NW Pacific. AGU Fall Meeting 2011, 05.12.2011-09.12.2011, San Francisco.
- Maier, E., Abelmann, A., Gersonde, R., Ren, J., Tiedemann, R., 2011. Stable Oxygen and Silicon Isotopes of Biogenic Silica – new Proxies for Reconstructing Pleistocene Changes in Water Mass Structure and Nutrient Utilization in the polar North Pacific. INQUA, Juli 2011, Bern.
- Maier, E., Abelmann, A., Gersonde, R., Tiedemann, R., 2011. Stabile Sauerstoff- und Siliziumisotope aus biogenem Opal – Neue Proxies zur Rekonstruktion von pleistozänen Änderungen der Wassermassenstruktur und Nährstoffnutzung im polaren Nordpazifik (SO202-INOPEX). SONNE-Statusseminar, 09.02.2011-10.02.2011, Hannover

- Méheust, M., Fahl, K., Stein, R., 2010. Late Quaternary variability of surface-water characteristics and terrigenous input in the (sub-)polar North and South Pacific: A biomarker approach. PhD Day, AWI Potsdam, 25-28 Mai.
- Méheust, M., Fahl, K., Stein, R., 2011. Modern spatial variability of surface water characteristics and terrigenous input in the North Pacific and Bering Sea: Reconstruction from biomarker data in surface sediments. European Geosciences Union, General Assembly 2011, 3-8 April 2011, Wien.
- Méheust, M., Fahl, K., Stein, R., 2011. Reconstruction of the variability of surface water characteristics and terrigenous input in the north Pacific and Bering Sea using surface sediment: A biomarker approach. SONNE-Statusseminar, 09.02.2011-10.02.2011, Hannover
- Méheust, M., Fahl, K., Stein, R., 2011. Late Quaternary variability of surface water characteristics and terrigenous input in the North Pacific and Bering Sea: Reconstruction from biomarker records. AGU Fall Meeting 2011, 05.12.2011-09.12.2011, San Francisco
- Ren, J., Gersonde, R., Esper, O., Sancetta, C., 2011. Diatom distribution in North Pacific surface sediments and application for paleoceanographic reconstruction. European Geosciences Union, General Assembly 2011, 3-8 April 2011, Wien.
- Ren, J., Esper, O., Gersonde, R., 2011. Diatomeenvergesellschaftungen in Oberflächensedimenten des Nordpazifiks und seiner Randmeere – Grundlage für die Rekonstruktion pleistozäner Umweltbedingungen (SO202-INOPEX). SONNE-Statusseminar, 09.02.2011-10.02.2011, Hannover
- Ren, J., Esper, O., Gersonde, R., 2011. New diatom reference data to estimate glacial/interglacial sea surface temperature and sea ice variability in the North Pacific and the Bering Sea. AGU Fall Meeting 2011, 05.12.2011-09.12.2011, San Francisco.
- Studer, A. S., A. Martinez-Garcia, S.L. Jaccard, D.M. Sigman, R. Gersonde, G.H. Haug: Glacial/interglacial changes in surface nutrient cycling and stratification intensity in the subarctic Pacific and Antarctic Zone of the Southern Ocean. INQUA, Juli 2011, Bern.

### **Publizierte Arbeiten**

- Bonnet, S., de Vernal, A., Gersonde, R., Lembke-Jene, L., 2012. Modern distribution of dinocysts from the North Pacific Ocean (37-64°N, 144°E-148°W) in relation to hydrographic conditions, sea-ice and productivity. *Marine Micropaleontology* 84, 87-113.
- Gersonde, R. 2012. The expedition of the research vessel „Sonne“ to the subpolar North Pacific and Bering Sea in 2009 (SO202-INOPEX). *Ber. Polarforschung*, <http://epic.awi.de/>

### **Manuskripte in Vorbereitung/in Planung (Arbeitstitel)**

- Bonnet, S., de Vernal, A., Gersonde, R. Kühn, H. (in Vorb. 2012). Dinocyst-based paleoenvironmental reconstruction of the last 13.500 years as recorded in the northern Bering Sea.
- Gersonde, R. + INOPEX co-workers (in Vorb. 2013). The subarctic Pacific and Bering Sea during the late Pleistocene – a synthesis of INOPEX studies.
- Hayes, C., R. F. Anderson, M. Q. Fleisher, R. Gersonde, (in Vorb. 2012). The nature of boundary scavenging in the North Pacific Ocean.
- Hayes, C., R. F. Anderson, M. Q. Fleisher, R. Gersonde., (in Vorb. 2012) The influence of biogenic opal on the  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$  in marine sediments.
- Kühn, H., Gersonde, Haug, G., Timmermann, A., R., Lamy, F., Tiedemann, R., Arz, H. et al. (in Vorb. 2012). Resolving North Atlantic – North Pacific climate signal transfer mechanisms at decadal resolution – a data and modelling approach
- Kühn, H., Gersonde, Kasten, S., Kuhn, G. et al. (in Vorb. 2013). Tracing the Bering Sea OMZ strength and distribution at the last termination.
- Kühn, H., Gersonde, R., Lamy, F., Tiedemann R., et al. (in Vorb. 2012). Significance and timing of laminated sediments in the Bering Sea and the North Pacific.
- Kühn, H., Gersonde, R., Lamy, F., Tiedemann, Kasten, S., Kuhn, G., R., Arz, H. et al. (in Vorb. 2013). Genesis of Termination I lamination in the Bering Sea.

- Maier, E., Abelmann, A., Gersonde, R., Tiedemann, R. (in Vorb. 2012). Hydrographie and nutrient utilization of the NE Pacific for the last 60 ka based on diatom combined  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^{30}\text{Si}$  analyses.
- Maier, E., Chaplignin, B., Abelmann, A., Ren, J., Gersonde, R., Friedrichsen, H., Meyer, H., Tiedemann, R. (in Vorb. 2012). Combined oxygen and silicon stable isotope analysis of biogenic silica from the NW Pacific during the last termination.
- Méheust, M., R. Stein, K. Fahl, H. Kühn, and R. Gersonde, (in Vorb. 2012). Late Quaternary variability of sea ice and sea surface temperature in the North Pacific and Bering Sea: A biomarker approach. *Earth Plan. Sci. Lett.*
- Méheust, M., Fahl, K., Stein, R., 2012 (in Vorb. 2012). Modern spatial variability of surface water characteristics and terrigenous input in the North Pacific and Bering Sea: Reconstruction from biomarker data in surface sediments. *Org. Geochemistry*,
- Ren, H., A. S. Studer, K. Wetzel, R. F. Anderson, A. Ingalls, G. H. Haug, R. Gersonde et al. (in Vorb. 2013) Comparing different nitrogen isotope recorders (bulk 15N, foram-bound 15N, diatom-bound 15N, compound-specific diatom-bound 15N) and their use as a proxy for nutrient utilization indicator in the subarctic Pacific across Termination I.
- Ren, H., Wetzel, K., Anderson, R.F., Ingalls, A., Gersonde, R., Sigman, D. S. (in Vorb. 2012): Surface sediment comparison of nitrogen isotopes from different recorders (bulk 15N, foram-bound 15N, diatom-bound 15N, compound-specific 15N) across termination 1.
- Ren, H., Studer, A.S., Wetzel, K., Serno, S., Anderson, R.F., Ingalls, A., Haug, G. H., Gersonde, R. (in Vorb. 2012) Nutrient status of the subarctic Pacific compared to productivity and dust fluxes across termination 1 – comparing different nitrogen isotope recorders
- Ren, H., Anderson, R.F., Winckler, G., Serno, S., Gersonde, R. (in Vorb. 2013) The influence of denitrification and N-fixation in the subarctic Pacific on the nutrient utilization signal of different nitrogen isotope recorders.
- Ren, J., Gersonde, R., Esper, O., (in Vorb. 2012) A diatom-based transfer function for estimation of summer sea surface temperature in the northern North Pacific. *Für Marine Micropaleontology*
- Ren, J., Gersonde, R., Esper, O. Sancetta, C. (in Vorb. 2012) Diatom distribution in northern North Pacific surface sediments and their relationship to modern environmental variables. *für to Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*
- Ren, J., Gersonde, R., Esper, O. et al. (in Vorb. 2012). Paleooceanography of the subarctic North Pacific during the past 160,000 years based on diatoms. To be submit to *Paleoceanography*.
- Serno, S., Winckler, G., Anderson, R. F., Hayes, C. et al. (in Vorb. 2012) Atmospheric dust flux to the Subarctic North Pacific
- Studer, A. Martinez-Garcia, S.L. Jaccard, D.M. Sigman, R. Gersonde, G.H. Haug et al. (in Vorb. 2012) Glacial/interglacial changes in surface nutrient cycling and stratification intensity in the subarctic Pacific and Antarctic Zone of the Southern Ocean.
- Studer, A., Martinez-Garcia, A., Haug, G.H., Gersonde, R., Korff, L., Kuhn, G. et al. (in Vorb. 2012). Intensification of Northern Hemisphere Glaciation 2.7 Ma ago: Evidence from diatom-bound 15N isotopes and biomarkers from the subarctic Pacific and the Southern Ocean.
- Wang, R., Zhang, H., Abelmann, A., Gersonde, R., et al (in Vorb. 2013). Late Pleistocene radiolarian-based paleoceanography of the polar North Pacific and Bering Sea.
- Winckler, G. Anderson, R. F., Serno, S. (in Vorb. 2013). Glacial/interglacial variability in atmospheric dust flux to the North Pacific – implications for past productivity changes.
- Winckler, G., Serno, S., Anderson, R.F., et al. (in Vorb. 2012). Modern biological productivity and dust input and in the Subarctic North Pacific: A proxy evaluation.

### 3 Literatur

- Abelmann, A., Gersonde, R., Cortese, G., Kuhn, G., Smetacek, V., 2006. Extensive phytoplankton blooms in the Atlantic Sector of the glacial Southern Ocean, *Paleoceanography* 21, doi:10.1029/2005PA001199.
- Anderson, R.F., Fleisher, M.Q., Lao, Y., 2006. Glacial-interglacial variability in the delivery of dust to the central equatorial Pacific Ocean. *Earth and Planetary Science Letters* 242, 406-414.
- Aoki, K., Machida, H., 2006. Major element composition of volcanic glass shards of the late Quaternary widespread tephra in Japan - Distinction of tephra using K<sub>2</sub>O-TiO<sub>2</sub> diagrams. *Bulletin of the Geological Survey of Japan* 57 (7/8), 239-258. (in Japanese with English summary)
- Aoki, K., Irino, T., Oba, T., 2008. Middle-late Pleistocene tephrostratigraphy of the sediment core MD01-2421 collected off the Kashima coast, Japan. *The Quaternary Research (Japan Association for Quaternary Research)* 47, 391-407. (In Japanese with English abstract)
- Bianchi, G.G., McCave, I.N., 1999. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland. *Nature* 397, 515-517.
- Belt, S.T., Massé, G., Rowland, S.J., Poulin, M., Michel, C., LeBlanc, B., 2007. A novel chemical fossil of palaeo sea ice: IP25. *Organic Geochemistry* 38, 16-27.
- Bleil, U., von Dobeneck, T. 1999. Geomagnetic events and relative paleointensity records – clues to high-resolution paleomagnetic chronostratigraphies of Late Quaternary marine sediments? In: Fischer, G., Wefer, G. (eds.) *Use of proxies in paleoceanography: Examples from the South Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp 635 – 654.
- Bonnet, S., de Vernal, A., Gersonde, R., Lembke-Jene, L., 2012. Modern distribution of dinocysts from the North Pacific Ocean (37–64°N, 144°E–148°W) in relation to hydrographic conditions, sea-ice and productivity. *Marine Micropaleontology* 84-85, 87-113.
- Bradtmiller, L.I., Anderson, R.F., Fleisher, M.Q., Burckle, L.H., 2007. Opal burial in the equatorial Atlantic Ocean over the last 30 ka: Implications for glacial-interglacial changes in the ocean silicon cycle. *Paleoceanography* 22, PA4216, doi:10.1029/2007PA001443.
- Brunelle, B.G., Sigman, D.M., Cook, M.S., Keigwin, L.D., Haug, G.H., Plessen, B., Schettler, G., Jaccard, S.L., 2007. Evidence from diatom-bound nitrogen isotopes for subarctic Pacific stratification during the last ice age and a link to North Pacific denitrification changes. *Paleoceanography* 22, PA1215, doi:10.1029/2005PA001205.
- Caissie, B., Brigham-Grette, J., Lawrence, K., Herbert, T., Cook, M., 2010. Last Glacial Maximum to Holocene sea surface conditions at Umnak Plateau, Bering Sea, as inferred from diatom, alkenone, and stable isotope records. *Paleoceanography* 25, 1-16.
- Cook, M.S., Keigwin, L.D., Sancetta, C.A., 2005. The deglacial history of surface and intermediate water of the Bering Sea. *Deep-Sea Research II* 52, 2163-2173.
- De La Rocha, C. L., Brzezinski, M.A., DeNiro, M.J., Shemesh, A., 1998. Silicon-isotope composition of diatoms as an indicator of past oceanic change. *Nature* 395, 680-683.
- de Vernal, A., Eynaud, F., Henry, M., Hillaire-Marcel, C., Londeix, L., Mangin, S., Matthiessen, J., Marret, F., Radi, T., Rochon, A., Solignac, S., Turon, J.-L., 2005. Reconstruction of sea-surface conditions at middle to high latitudes of the Northern Hemisphere during the Last Glacial Maximum (LGM) based on dinoflagellate cyst assemblages. *Quaternary Science Review* 24, 897-924.
- de Vernal, A., Rosell-Melé, A., Kucera, M., Hillaire-Marcel, C., Eynaud, F., Weinelt, M., Dokken, T., Kageyama, M., 2006. Comparing proxies for the reconstruction of LGM sea-surface conditions in the northern North Atlantic. *Quaternary Science Review* 25, 2820-2834.
- Francois, R., Frank, M., Rutgers van der Loeff, M.M., Bacon, M., 2004. <sup>230</sup>Th normalization: an essential tool for interpreting sedimentary fluxes during the late Quaternary. *Paleoceanography* 19, PA1018, doi:10.1029/2003PA000939.

- Franke, C., Hofmann, D., von Dobeneck, T., 2004. Does lithology influence paleointensity records? A statistical analysis on South Atlantic pelagic sediments. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 147, 285-296
- Garcia, H.E., Locarnini, R.A., Boyer, T.P., Antonov, J.I., Baranova, O.K., Zweng, M.M., Johnson, D.R., 2010. World Ocean Atlas 2009, Volume 3: Dissolved Oxygen, Apparent Oxygen Utilization, and Oxygen Saturation. In: Levitus, S. (ed.) NOAA Atlas NESDIS 70, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 344 pp.
- Gebhardt, H., Sarnthein, M., Grootes, P.M., Kiefer, T., Kuehn, H., Schmieder, F., Röhl, U., 2008. Paleonutrient and productivity records from the subarctic North Pacific for Pleistocene glacial terminations I to V. *Paleoceanography* 23, PA4212, doi:10.1029/2007PA001513.
- Gersonde, R., Crosta, X., Abelmann, A., Armand, L., 2005. Sea-surface temperature and sea ice distribution of the Southern Ocean at the EPILOG Last Glacial Maximum a circum-Antarctic view based on siliceous microfossil records. *Quaternary Science Reviews* 24, 869-896, doi:10.1016/j.quascirev.2004.07.015.
- Hatte, C., Hodgins, G., Jull, A.J.T., Bishop, B., Tesson, B., 2008. Marine chronology based on C-14 dating on diatoms proteins. *Marine Chemistry* 109 (1-2), 143-151.
- Haug, G. H. et al., 2005. North Pacific seasonality and the glaciation of North America 2.7 million years ago. *Nature* 433, 821-825.
- Haug, G. H., Sigman, D. M., 2009. Polar twins. *Nature Geoscience* 2, 91-92.
- Ingalls, A.E., Anderson, R.F., Pearson, A., 2004. Radiocarbon dating of diatom-bound organic compounds. *Marine Chemistry* 92,91-105.
- IODP Expedition 323 Scientists, 2010. Bering Sea paleoceanography: Pliocene–Pleistocene paleoceanography and climate history of the Bering Sea. IODP Preliminary Report 323. doi:10.2204/iodp.pr.323.2010.
- Itaki, T., Uchida M., Kim, S., Shin, H-S., Tada, R., Khim, B-K., 2009. Late Pleistocene stratigraphy and palaeoceanographic implications in northern Bering Sea slope sediments: evidence from the radiolarian species *Cycladophora davisiana*. *Journal of Quaternary Science* 24 (8), 856-865.
- Jansen, J.H.F., van der Gaast, S.J., Kloster, B., Vaars, A.J., 1998. CORTEX, a shipboard XRF scanner for element analyses in split sediment cores. *Marine Geology* 151, 143-153.
- Katsuki, K., Takahashi, K., 2005. Diatoms as paleoenvironmental proxies for seasonal productivity, sea ice and surface circulation in the Bering Sea during the late Quaternary. *Deep-Sea Research II* 52, 2110-2130.
- Keigwin, L., D., 1987. North Pacific Deep Water formation during the latest glaciation. *Nature* 330, 651-655.
- Kiefer, T., Kienast, M., 2005. Patterns of deglacial warming in the Pacific Ocean: A review with emphasis on the time interval of Heinrich event 1. *Quaternary Science Review* 24, 1063-1081.
- Kiefer, T., Sarnthein, M., Erlenkeuser, H., Grootes, P.M., Roberts, A.P., 2001. North Pacific response to millennial-changes in ocean circulation over the last 60 kyr. *Paleoceanography* 16 (2), 179-189.
- Kim, J.-H., Rimbu, N., Lorenz, S.J., Lohmann, G., Nam, S.-I., Schouten, S., Rühlemann, C., Schneider, R.R., 2004. North Pacific and North Atlantic sea-surface temperature variability during the Holocene. *Quaternary Science Review* 23, 2141-2154.
- Kim, J.-H., Schouten, S., Hopmans, E.C., Donner, B., Sinnighe Damsté, J.S., 2008. Global sediment core-top calibration of the TEX<sub>86</sub> paleothermometer in the ocean. *Geochimica Cosmochimica Acta* 72, 1154-1173.
- Kröger, N., Deutzmann, R., Bergsdorf, C., Sumper M., 2000. Species-specific polyamines from diatoms control silica morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97, 14133-14138.
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography* 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- Martínez-García, A., Rosell-Melé, A., Geibert, W., Gersonde, R., Masqué, P., Gaspari, V., Barbante, C., 2009. Links between iron supply, marine productivity, sea surface



- temperature, and CO<sub>2</sub> over the last 1.1 Ma. *Paleoceanography*, 24, PA1207, doi:10.1029/2008PA001657.
- Massé, G., Rowland, S.J., Sicre, M.-A., Jacob, J., Jansen, E., Belt, S.T., 2008. Abrupt climate changes for Iceland during the last millenium: evidence from high resolution sea ice reconstructions. *Earth and Planetary Science Letters* 269 (3-4), 565-569.
- McGee, D., Marcantonio, F., Lynch-Stieglitz, J., 2007. Deglacial changes in dust flux in the eastern equatorial Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, 257: 215-230.
- Moore, T.C. Jr., Burckle, L.H., Geitzenauer, K., Luz, B., Molina-Cruz, A., Robertson, J.H., Sachs, H., Sancetta, C., Thiede, J., Thompson, P., Wenkam, C., 1980. The reconstruction of sea surface temperatures in the Pacific Ocean of 18,000 B.P. *Marine Micropaleontology* 5, 215-247.
- Morley, J.J., Pisias, N.G., Leinen, M., 1987. Late Pleistocene time series of atmospheric and oceanic variables recorded in sediments from the subarctic Pacific. *Paleoceanography* 2 (1), 49-62.
- Okada, M., Takagi, M., Narita, H., Takahashi, K., 2005. Chronostratigraphy of sediment cores from the Bering Sea and the subarctic Pacific based on paleomagnetic and oxygen isotope analyses. *Deep-Sea Research II* 52, 2092-2109.
- Okazaki, Y. et al., 2010. Deepwater formation in the North Pacific during the last glacial Termination. *Science* 329, 200-204.
- Okumura, Y. M., Deser, C., Hu, A., Timmermann, A., Xie, S.-P., 2008. North Pacific climate response to feshwater forcing in the Subarctic North Atlantic: Oceanic and atmospheric pathways. *Journal of Climate* 22, 1424-1445.
- Otosaka, S., Honda, M.C., Noriki, S., 2004. La/Yb and Th/Sc in settling particles: vertical and horizontal transport of lithogenic material in the western North Pacific. *Geochemistry Journal* 38, 515–525.
- Piotrowski, A.M., Goldstein, S.L., Hemming, S.R., Fairbanks, R.G., 2004. Intensification and variability of ocean thermohaline circulation through the last deglaciation. *Earth and Planetary Science Letters* 225, 205-220.
- Radi, T., Pospelova, V., de Vernal, A., Barrie, J.V., 2007. Dinoflagellate cysts as indicators of water quality and productivity in British Columbia estuarine environments. *Marine Micropaleontology* 62, 269-297.
- Ratnayake, N. P., Suzuki, N., Okada, M., Takagi, M., 2006. The variations od stable carbon isotope ratio of plant-derived n-alkanes in deep-sea sediments from the Bering Sea and the North Pacific Ocean during the last 250,000 years. *Chemical Geology* 228, 197-208.
- Ren, H., Sigman, D.M., Meckler, A.N., Plessen, B., Robinson, R.S, Rosenthal, Y., Haug, G.H., 2009. Foraminiferal Isotope Evidence of Reduced Nitrogen Fixation in the Ice Age Atlantic Ocean. *Science* 323 (5911), 244-248.
- Robinson, R.S., Sigman, D.M., 2008. Nitrogen isotopic evidence for a poleward decrease in surface nitrate within the ice age Antarctic. *Quaternary Science Reviews* 27 (9-10), 1076-1090.
- Röhl, U., Abrams, L.J., 2000. High-resolution, downhole and non-destructive core measurements from Sites 999 and 1001 in the Caribbean Sea: applications to the Late Paleocene Thermal Maximum. *Proceedings ODP, Scientific Results* 165, 191-203.
- Sancetta, C., 1981. Oceanographic and ecologic significance of diatoms in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas. *Deep-Sea Research*, 28, 789-817.
- Sancetta, C., 1983. Effect of Pleistocene glaciation upon oceanographic characteristics of the North Pacific Ocean and Bering Sea. *Deep-Sea Research* 30 (8A), 851-869.
- Shemesh, A., Hodell, D., Crosta, X., Kanfoush, S., Charles, C., Guilderson, T., 2002. Sequence of events during the Last deglaciation in Southern Ocean Sediments and Antarctic ice cores. *Paleoceanography* 17, 599-605.
- Shigemitsu, M., Narita, H., Watanabe, Y.W., Harada, N., Tsunogai, S., 2007. Ba, Si, U, Al, Sc, La, Th, C and <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C in a sediment core in the western subarctic Pacific as proxies of past biological production. *Marine Chemistry* 106, 442-455.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., 1993. CALIB Radiocarbon calibration program, *Radiocarbon* 35, 215-230.

- Takahashi, K., 2005. The Bering Sea and paleoceanography. *Deep-Sea Res. II* 52, 2080-2091.
- Tanaka, S., Takahashi, K., 2005. Late Quaternary paleoceanographic changes in the Bering Sea and the western subarctic Pacific based on radiolarian assemblages. *Deep-Sea Res. II* 52, 2131-2149.
- Valet, J.-P., Meynadier, L., Guyodo, Y., 2005. Geomagnetic dipole strength and reversal rate over the past two million years. *Nature* 435, 802-805.
- Weijers, J.W.H., Schouten, S., Spaargaren, O.C., Sinnighe Damsté, J.S., 2006. Occurrence and distribution of tetraether membrane lipids in soils: Implications for the use of the TEX<sub>86</sub> proxy and the BIT index. *Organic Geochemistry* 37, 1680-1693.
- Winckler, G., Anderson, R.F., Fleisher, M.Q., McGee, D., Mahowald, N.M., 2008. Covariant glacial-interglacial dust fluxes in the Equatorial Pacific and Antarctica. *Science* 320, 93-96.
- Zahn, R., Rusdhi, A., Pias, N.G., Bornhold, B.D., Blaise, B., Karlin, R., 1991. Carbonate deposition and benthic  $\delta^{13}\text{C}$  in the subarctic Pacific: implications for changes of the oceanic carbonate system during the past 750,000 years. *Earth and Planetary Science Letters* 103, 116-132.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel SO202-Innovatives Nordpazifik Experiment		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Gersonde, Rainer	5. Abschlussdatum des Vorhabens August 2011	
	6. Veröffentlichungsdatum Januar 2012	
		7. Form der Publikation Bericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) Columbusstrasse 27568 Bremerhaven	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 03G0202A	
		11. Seitenzahl 33
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 61	
	14. Tabellen 1	
		15. Abbildungen 11
16. Zusätzliche Angaben Keine		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Keine		
18. Kurzfassung 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 <i>Sonne</i> 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-Atmosphärenaustausch 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.		
19. Schlagwörter subarktischer Pazifik, Beringmeer, Paläozeanographie, Pleistozän, multi-proxy Rekonstruktion		
20. Verlag Keiner	21. Preis	

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Report
3. title  SO202 Innovative North Pacific Experiment (INOPEX)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Gersonde, Rainer	5. end of project August 2011
	6. publication date Januar 2012
	7. form of publication Report
8. performing organization(s) (name, address)  Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) Columbusstrasse 27568 Bremerhaven	9. originator's report no.
	10. reference no. 03G0202A
	11. no. of pages 33
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 61
	14. no. of tables 1
	15. no. of figures 11
16. supplementary notes None	
17. presented at (title, place, date) None	
18. abstract 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 <i>Sonne</i> (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.	
19. keywords subarctic Pacific, Bering Sea, paleoceanography, Pleistocene, multi-proxy reconstructions	
20. publisher	21. price

