

Die Expedition PS86 (ARK-XXVIII-3) Wochenberichte

[7. - 13. Juli 2014:](#) Anfang einer Expedition

[14. - 20. Juli 2014:](#) Arbeiten auf und unter dem Eis

[21. - 27. Juli 2014:](#) Arbeiten am Aurora Seeberg

[28. July - 3. August:](#) Letzer Wochenbericht

Kurzfassung

7. Juli - 3. August 2014 (Tromsø - Tromsø)

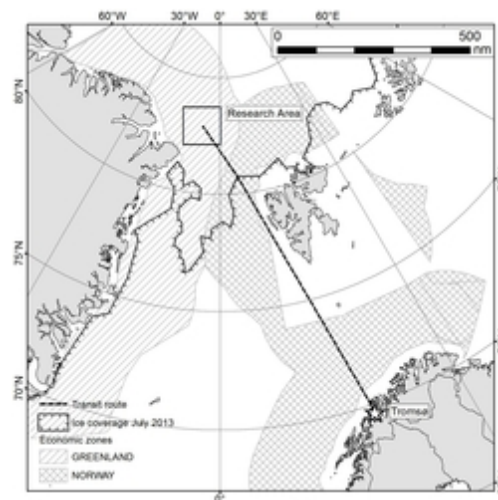


Abbildung 1. Lage des Messgebietes und geplante Fahrtroute. Alle Arbeiten finden im Bereich der 'Aurora' Hydrothermalquellen am Westlichen Gakkel Rücken bei ca. 82;53'N und 6;15'W in ca. 4000 m Wassertiefe statt.

Die Expedition PS 86 (ARK-XXVIII/3) Aurora ist der Untersuchung von geophysikalischen, geologischen, geochemischen und biologischen Prozessen an Hydrothermalquellen des Gakkelrückens gewidmet. Die ultralangsamem Spreizungszonen der Arktis und des Südwestindischen Rückens führen aktive Vent-Systeme und sind seismisch aktiv. Die tektonischen, magmatischen und biogeochemischen Prozesse an beiden Rückensystemen sind aber bisher kaum verstanden, da sie in fernem und meteorologisch schwierigen Arbeitsgebieten liegen. Wir werden Ozeanbodenseismometer auf Eisschollen und am Meeresboden ausbringen, um seismische Daten über diese Region zu erhalten und Erdbeben aufzuzeichnen. Unser Zielgebiet ist das Aurora Vent Feld, das 2001 während der AMORE Expedition entdeckt wurde. Das Aurora Vent Feld liegt in 4000 m Wassertiefe bei 82;53'N und 6;15'W am südlichen Ende der Westlichen Vulkanischen Zone. Hier wurden in der Wassersäule mehrere Fahnen von Austritten hydrothermaler Fluide kartiert, ein frischer Schwefel-Schlot gedredgt und interessante Videosequenzen vom Meeresboden erhalten, die auf aktiven Hydrothermalismus sowie auf das Vorkommen von Vent-Ökosystemen hindeuten. Seit 2001 ist dieses vielversprechende Untersuchungsgebiet nicht weiter untersucht worden. Wir möchten ein von WHOI neuentwickeltes ROV/AUV Hybridsystem für Untereistauchgänge nutzen, in Kombination mit neuen chemischen Sensoren und klassischen Untersuchungsmethoden, um die hydrothermalen Prozesse, die die Akkretion neuer ozeanischer Lithosphären an diesem ultralangsamem Spreizungssystem kontrollieren, und die Nischen für chemosynthetische Ventfauna und assoziierte Gemeinschaften bilden. Ein weiteres Ziel ist die Identifikation dieser bisher

unbekannten Fauna und die Untersuchung ihrer Ökologie und Phylogenie im Vergleich zur Ventfauna des Atlantik und Pazifik.



Abbildung 2. Bei Sonnenschein verlassen wir Tromsø und die schöne norwegische Küstenlandschaft (Quelle A. Boetius)

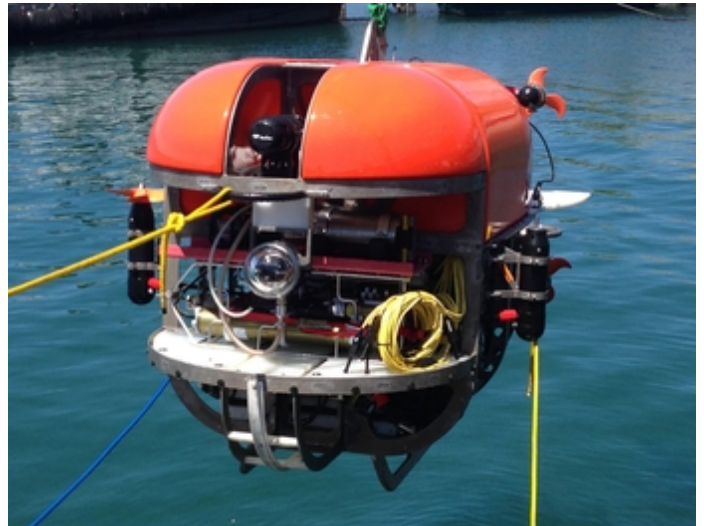


Abbildung 3. WHOI neuentwickeltes ROV/AUV Hybridsystem: Nereid Under Ice (NUI) (Quelle WHOI)

PS86 (ARK-XXVIII/3) - Wochenbericht Nr. 1

7. - 13. Juli 2014 Anfang einer Expedition

Die Expedition PS 86 (ARK-XXVIII/3) Aurora ist der Untersuchung von geophysikalischen, geologischen, geochemischen und biologischen Prozessen an Hydrothermalquellen des Gakkelerückens gewidmet. Die ultralangsamem Spreizungszonen der Arktis und des Südwestindischen Rückens führen Vent-Systeme und sind seismisch aktiv. Die tektonischen, magmatischen und biogeochemischen Prozesse an beiden Rückensystemen sind aber bisher kaum verstanden, da sie in fernen und klimatisch schwierigen Arbeitsgebieten liegen. Unser Zielgebiet der Expedition AURORA (PS86) ist das Aurora Hydrothermalquellen Feld, das 2001 während der gemeinsamen AMORE Expedition mit zwei Eisbrechern, der FS POLARSTERN und der USCGC HEALY entdeckt wurde. Das Aurora Feld liegt in 4000 m Wassertiefe bei 82°53'N und 6°15'W am südlichen Ende der Westlichen Vulkanischen Zone. Hier wurden in 2001 in der Wassersäule Austritte hydrothormaler Fluide kartiert, ein frischer Schwefel-Schlot gedredgt und interessante Videosequenzen vom Meeresboden erhalten, die auf aktiven Hydrothermalismus sowie auf das Vorkommen von Vent-Ökosystemen hindeuten. Seit 2001 ist dieses vielversprechende Untersuchungsgebiet wegen der schwierigen Lage und starken Eisbedeckung aber nicht weiter untersucht worden. Unser Arbeitsprogramm zielt darauf ab, die Morphologie, seismische Aktivität, Geophysik, Biogeochemie, Gesteinskunde und die faunale Zusammensetzung des Aurora Feldes zu untersuchen. Ein erheblicher Anteil der geplanten Forschung trägt zum Programm „Geosphären-Biosphären Interaktion“ des Exzellenzcluster MARUM an der Universität Bremen bei. Wir sind ein Team von 47 Wissenschaftlern und Technikern aus acht verschiedenen Ländern, die zusammen sowohl an dem bisher unbekanntem Hydrothermalquellen System des Gakkelerückens arbeiten, wie auch den Zustand und die Änderung des Meereissystems der Region nördlich von Grönland untersuchen wollen. Eine besonderes Vorhaben zur Weiterentwicklung mariner Robotik ist der erste Einsatz des nagelneuen Hybridroboters des Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, USA). Das ROV NUI wurde dafür gebaut, physikalische, chemische und biologische Beobachtungen direkt unter den Eisschollen über größere räumliche Distanzen zu sammeln.



Abb. 1 – Auslaufen Tromsø: die Mitternachtssonne (©: A. Boetius)

Am 7.7. abends liefen wir mit Verspätung aus Tromsø aus, konnten dafür aber die schöne Mitternachtssonne auf der Fahrt durch die norwegische Küstenlandschaft genießen (Abb. 1). Nach zwei Tagen Dampfstrecke entschieden wir uns mithilfe von Eisvorhersagen der AWI-Meereisphysik sowie nach Beratung durch Kapitän Schwarze, die geplante Fahrtroute zu ändern und westlich in eine sich schnell ausdehnende Polynya entlang des grönländischen Schelfs zu fahren. Dadurch konnten wir auch nach Erreichen der Eiskante in der Nacht vom 9. auf 10. Juli zügig vorankommen. Auf der Anfahrt zum Zielgebiet begann die Forschung zunächst mit Beobachtungen von Meeresvögeln und -Säugetieren durch zwei belgische Kollegen vom PoIE (Labor für Polar-Ökologie, Frankreich). Die Beobachtungen sind Teil einer Langzeitstudie seit 1988. Schlechte Wetterbedingungen mit dichtem Nebel und tief hängende Wolken waren verantwortlich für die recht kleine Anzahl an observierten Vögeln und Säugetieren. Doch während einer kurzen, sonnigen Phase konnten immerhin 9 Killerwale, 4 Finnwale und 5 Buckelwale erfasst werden. Ein aus dem Nichts direkt vor POLARSTERN auftauchender Buckelwal (Abb. 2) war das Highlight des Anfahrtsweges ins Zielgebiet.

An Vögeln konnten während 100 Stunden Beobachtungszeit nur 19 Spezies gesichtet werden (zusammen 805 Individuen), davon die Hälfte Eissturmvögel (Abb. 3). Diese kommen in 3-4 Farbvariationen recht häufig in der Fram-Straße vor. Sie haben spezielle röhrenartige Strukturen an ihren Schnäbeln, womit die Vögel überschüssiges Salz ausscheiden und dadurch Salzwasser trinken können. Auch wenn unsere Wildlife-Beobachter sich anstrebten – einen Eisbären gab es erst zu sehen, als wir auf der Zielposition ankamen. Hier saß ein ansehnlicher Eisbär (Abb. 4) auf der Scholle direkt über dem ein Quadratkilometer großen Aurora Feld, machte sich aber schnell auf den Weg, als wir mit den Stationsarbeiten begannen – in noch fast 100% Eisbedeckung.

Wie erwartet liegt hier eine echte Herausforderung – wie findet man kleinräumige Strukturen wie Hydrothermalquellen auf einem kleinen Seeberg von 1x1.5 km Ausmaßen, und einem Gipfel 400 m über dem 4200 m tiefen Meeresboden. Wir müssen zunächst die Meereis-Drift verstehen, denn im dicken Eis von 2-3 m Schollenstärke mit einigen großen Rücken können wir nicht frei manövrieren, sondern müssen mit den Eisschollen driften. Da die Surveys pro Gerät meist 6-10 Stunden dauern, muss man doch eine einigermaßen gute Vorhersage hinbekommen, um an und über das Ziel zu kommen.



- Buckelwal taucht auf (©: D. D'Hardt)



Abb. 3 – Eissturmvogel (Fulmarus). Da der Kopf nicht völlig weiß ist gehört dieser Vogel zu einer Zwischenform. Es gibt auch Eissturmvögel mit völlig dunklen Köpfen. (©: D. D'Hardt)



Abb. 4 – Angekommen bei 83°N. Ein Eisbär begrüßt uns direkt über dem Aurora Feld. (© 'Hardt)

Auf dem Transit ins Zielgebiet konnten auch bereits erste ozeanographische Messungen gemacht werden, mit 16 XCTDs, die entlang unseres Kurses quer über den Lenatrog nordwestlich von Grönland geworfen wurden. Diese frei-fallenden Einweg-Sonden werden vom fahrenden Schiff abgeworfen (Abb. 5) und messen Salzgehalt und Temperatur in den oberen 1000 m Wassersäule. Die gewonnenen Daten unterstützen unsere Kollegen am AWI bei der Untersuchung der Strömungen in dieser sehr selten befahrenen Region des nordöstlichen und nördlichen Grönland-Schelfs und Hangs. Die CTD-Arbeiten begannen am 12. Juli, kurz nachdem wir das Zielgebiet erreicht hatten, mit einer einzelnen CTD-Station und wurden am frühen Morgen des 13. Juli mit einer Tow-Yo-Station fortgesetzt. Tow-Yo bedeutet, dass die CTD in dem Bereich von 1000 m über dem Meeresboden wiederholt gehievt und gefiert wird – denn wir suchen ja kleinräumige Austritte von Hydrothermal-Fluiden, auch Plumes genannt. Die CTD misst Vertikalprofile von Temperatur und Salzgehalt sowie Trübe zur Identifizierung von solchen hydrothermalen Plumes. Sie sind oft gut an Trübeanomalien zu erkennen und, in der direkten Umgebung der Quellen am Meeresboden auch durch Temperaturanomalien oder Anomalien des chemischen Redox-Potentials. Auf den CTD-Stationen werden zusätzlich Wasserproben in unterschiedlichen Tiefen genommen und diese dann auf ihren Gehalt an Heliumisotopen, Methan, und weiteren chemischen Bestandteilen untersucht. Da Helium nicht mit dem Umgebungswasser reagiert, kann mithilfe dieser Messungen der hydrothermale Plume über große Entfernungen verfolgt werden.



Abb 5 – Die XCTD wird geworfen im Transit durch die Grönland Polynya (© J. Köhler)



Abb. 6 – Polarstern im grönländischen Eis (© S. Arndt)

Unsere ersten Messungen lassen vermuten, dass das Aurora Hydrothermalfeld noch aktiv ist. Im Westen der vermuteten Quelle fanden wir ein schwaches Trübesignal und im Osten ein stärkeres, in einer Tiefe von ungefähr 3100 m. Auch das OFOS (Kameraschlitten mit Mikrosensoren für chemische Signale) zeigt dort Redox und pH Anomalien. Als Sonntagsgeschenk konnte ein weiterer Einsatz der CTD die Hypothese eines aktiven Hydrothermalfeldes unter uns verstärken - wir haben ein deutlicheres Signal direkt über dem Gipfel des Aurora Seeberges (nicht offizieller Name) detektiert. Durch die verbesserte Kartierung mit dem Multibeam-Sonar der POLARSTERN können wir nun auch den Gipfel vermessen – er liegt genau bei 3848 m. Wir nehmen also an, dass die Plume dort entspringt und dann bis ca. 3000 m darüber aufsteigt, wo ein kleiner Dichtegradient zu erkennen ist – und sich dann horizontal mit der Strömung verbreitet. Ein erster kurzer OFOS Tauchgang an den Fuß des Seeberges - eigentlich wollten wir auf den Gipfel, haben aber die Eisdrift noch nicht ganz richtig eingeschätzt - zeigt erfreulicherweise einige Lavakissen, dicht bewachsen von schönen weißen Glasschwämmen und einigen Seeanemonen. Auch die Temperaturlanze hat nördlich des Seeberges einen Rekord an Wärmefluss gemessen. Es ist also sehr spannend vor Ort und wir freuen uns auf die nächsten Wochen – Wetter und Eisgang sind uns gnädig (Abb. 6).

Von Bord grüßen bei bester Gesundheit die wissenschaftlichen Teilnehmer der Aurora Expedition ihre Familien, Freunde und Kollegen.

PS 86 (ARK-XXVIII/3) - Wochenbericht Nr. 2

14. - 20. Juli 2014

Arbeiten auf und unter dem Eis

Die erste Woche am „Aurora – Seeberg“ verging wie im Flug. Wir wechseln zwischen dem Kameraschlitten OFOS, dem CTD – Wasserschöpfer mit und ohne in situ Pumpen, sowie der Temperaturlanze, um den Ursprung, die Zusammensetzung und die Verteilung der deutlich erkennbaren Wolke hydrothermaler Fluide über dem Aurora-Seeberg zu kartieren. Von Polarstern und ihren Nautikern verlangen wir dabei fast Unmögliches: Sie sollen das Schiff im dichten Eis so positionieren, dass wir während Driftstationen von 6-8 Stunden Dauer mit den Geräten am Draht dann in 3000-4000 m Wassertiefe auf einer kleinen Fläche von ca. 1x1 km den Meeresboden und die darüber liegende Wassersäule gezielt beproben können. Für solche Aufgaben müsste man eigentlich ein Forschungsschiff haben, das im Eis Position halten kann – eine technische Herausforderung, die bisher aus Kostengründen nicht realisiert werden konnte. Nun sind wir hier mit der fast 30 Jahre alten Polarstern – und Unmögliches wird möglich!

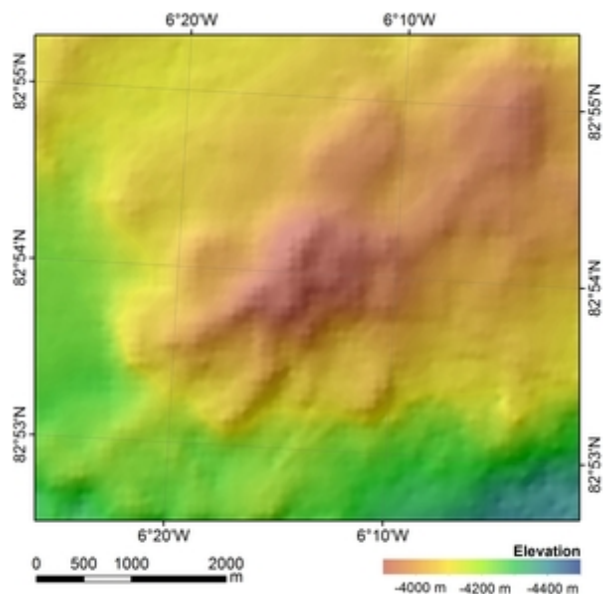


Abb. 1 – Die bathymetrische Karte des Aurora Seeberg (Quelle S. Albrecht, FIELAX)

Aktuelle Satellitenbilder, die direkt vom Schiff abgerufen werden, geben uns Aufschluss über die Meereiskonzentration und unterstützen somit die Navigation durch die dicken Meereisschollen. Zusätzlich analysieren die drei Meereisphysiker an Bord die tägliche Meereisbewegung, um das Schiff ideal in der Drift zu positionieren. Dafür werden an Bord Positionsdaten der per Helikopter ausgebrachten Seismometer-Stationen ausgewertet und mit Modell-Vorhersagen der Driftrichtung kombiniert. Außerdem werden das erste Mal die Daten des Eisradars von Polarstern kontinuierlich aufgenommen und zusammen mit Satellitendaten ausgewertet, um die Meereisbedingungen umfassend zu beschreiben. So steht uns ein recht gutes Drift-Modell zur Verfügung. Wenn sich dann ein Wasserloch zwischen den Eisschollen am richtigen Platz auftut, können wir tatsächlich genau die Lokationen in der Tiefsee erreichen, die wir uns vorher auf der bathymetrischen Karte abstecken (Abb. 1). So haben wir inzwischen die Quelle für Austritte von heißen (hydrothermalen) Fluiden aus dem Meeresboden auf den Aurora-Seeberg eingrenzen können (Abb. 2). Die Fluide aus den Austritten (Vents) vermischen sich schnell mit dem Umgebungswasser, dennoch hinterlassen sie bis 1000 m über dem Seeberg eine Reihe von Spuren: Im Wasser der Wolke (englisch „Plume“) finden wir eine erhöhte Trübe, Reduktionspotentiale, und niedrigeren pH wie auch Methan. Auf den Filtern, mit denen wir die Bakterien der Vent-Plume sammeln, finden sich schwarze Krümel, vermutlich Manganoxide. Es ist also alles da, was man sonst auch den Austritten an Schwarzen Rauchern zuschreibt. Die Plume schwebt in 3000-3600 m Wassertiefe über dem Nordwesten des Seeberges, manchmal zieht sie auch bis in den Süden oder Osten

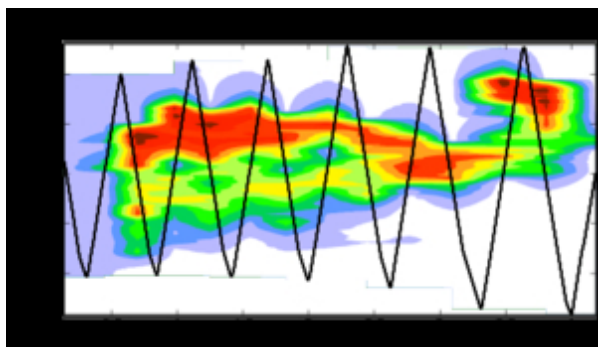


Abb. 2 – Die Ausdehnung der Vent – Plume über dem Aurora Seeberg (Quelle C. Mertens, IUP Uni Bremen)

hinüber. Die Ozeanographen haben recht hohe Strömungsgeschwindigkeiten in der Tiefsee von bis zu 20 cm pro Sekunde ermittelt. Am Meeresboden darunter sehen wir mit der Tiefseekamera steile Kliffe von schwarzen Basalt-Kissen und Säulen. Am Fuße des Seeberges im Nordwesten finden wir auch orangene Präzipitate, die sich in den dichten Ablagerungen von Schwammnadeln verfangen. Auch die Schwerelot-Kerne enthalten vielfarbige Schichten, die auf Mineralniederschläge verweisen.

Das Tiefseeleben am Aurora-Seeberg ist ebenfalls sehr interessant: in der Tiefseewüste haben sich auf dem schwarzen Lavagestein Unmengen von weißen Glas-Schwämmen und Seeanemonen versammelt (Abb. 3) - es sind typische Filtrierer-Gemeinschaften, die dort vorkommen, wo die Meeresströmungen ihnen Nahrung in Form von treibenden Partikeln vorbeitrugen. Wir finden auch kleine Leucht-Quallen, die abwechselnd am Boden Partikel aufnehmen oder in der bodennahen Wasserschicht umhertreiben. Nur meine Lieblingstiefsee-Tiere – die Seegurken – fehlen hier völlig. Ihre Verwandten, Seeigel, die sich im Sediment vergraben, scheinen zwar anhand ihrer Fressspuren vorzukommen, kaum einer streckt sich weit genug heraus um ihn fotografieren zu können. In den letzten zwei Tagen haben wir zum Vergleich einen nördlich gelegenen Seeberg besucht – dort finden wir keine Hinweise auf Vent-Plumes und nackte, unbelebte Felsen, nur hier und da sind winzige Seeanemonen zu sehen. Wir fragen uns also, ob die Schwämme direkt von den hydrothermalen Fluiden leben, denn beide Seeberge liegen im gleichen Produktivitätsregime.

Während wir in 4 Kilometer Tiefe auf der Suche nach hydrothermalen Quellen sind, laufen auch die seismologische Forschung und die Meereisbeobachtung auf Hochtouren. Ein Ocean Bottom Seismometer (OBS) ist am Meeresboden abgesetzt, mehrere Landseismometer auf Eisschollen platziert und driften in sicherer Entfernung um uns herum, um Erdbeben aufzuzeichnen. Stündliche Meereisbeobachtungen von der Brücke beschreiben zusätzlich die aktuelle Situation und sichtbaren Eigenschaften des Meereises. Wir sind von mehrjährigem Eis mit einer Dicke von ca. 2 Metern umgeben, das noch eine Schneedecke von durchschnittlich 15 cm aufweist (Abb. 4). Diese Beobachtungen sind typisch für die Region, aus der ein großer Teil des verbleibenden mehrjährigen Eises östlich von Grönland durch die Framstraße drifftet. Uns überrascht dabei die verhältnismäßig niedrige Meereiskonzentration von zeitweise um die 80% so früh in der Saison.

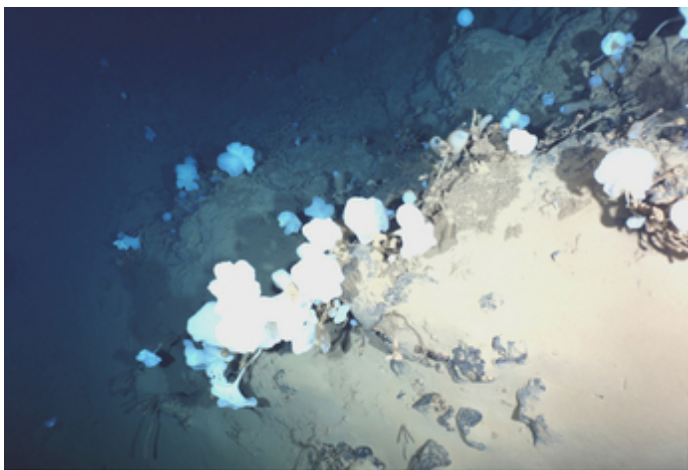


Abb. 3 – Schwammgärten am Aurora Seeberg (Quelle A Boetius, AWI)



Abb. 4: Nereid Under Ice kurz nach seinem ersten Aussetzen in den Arktischen Ozean (Quelle C. German WHOI)

Der Eisschwund hat aber wenigstens für die Forschung vor Ort Vorteile: er erlaubt jedoch ein vergleichsweise einfaches Manövrieren für die Tiefseearbeiten. Seit Mitte der Woche sind aber unsere helikoptergestützten Aktivitäten durch dichten Nebel und tiefe Wolken leider eingeschränkt. Ein kurzes Wetterfenster ohne Nebel wurde genutzt, um eine Eismassenbilanz-Boje mit dem Helikopter in etwa 16 Meilen Entfernung vom Schiff auszubringen. Die autonome Boje registriert die Eisdicke und Temperaturprofile und schickt diese Daten über die nächsten Wochen und Monate per Satellit nach Hause (Abb. 5). Für eine genauere Untersuchung der Schneeverteilung und Oberflächentopographie der umliegenden Schollen wurden unsere Eisphysiker mit dem Helikopter auf einer schiffsnahen Scholle abgesetzt und nach gebührender Zeit natürlich auch wieder abgeholt.

Im weiteren Verlauf der Fahrt hoffen wir mithilfe des ROVs Nereid Under Ice (NUI) das verfügbare Licht in der Wassersäule unter den schneebedeckten dicken Eisschollen quantifizieren zu können. Lichtmessungen unter Meereis tragen zum Verständnis von Energieflüssen im Klima- und Ökosystem bei. Sie sind noch selten für den Frühsommer zum Schmelzbeginn. Nereid Under Ice (NUI) ist das neueste Unterwasserroboter des „Deep Submergence Laboratory“ am Ozeanographischen Institut in Woods Hole (WHOI, USA), das in Zusammenarbeit mit der John Hopkins Universität in den Vereinigten Staaten entwickelt wurde und dessen Einsatz auf unserer Polarstern-Expedition von NOAA und anderen amerikanischen Stiftungen unterstützt wird. Ziel ist, die ersten Erfahrungen unter Meereis mit dem Fahrzeug zu sammeln. Sobald die Ingenieurarbeiten und zahlreiche technische Tests abgeschlossen sind, werden wir erste wissenschaftliche Missionen durchführen, um das Leben unter der arktischen Meereisdecke und die optischen Eigenschaften des Eises zu erforschen. Ein Meilenstein auf diesem Weg war die Fertigstellung aller komplexen Komponenten direkt vor der Expedition – Elektronik, Software und akustische Kommunikation - die notwendig sind, um das Fahrzeug fernab des Schiffes in einem eisbedeckten Ozean einzusetzen.

Am Freitag den 18. Juli wurde NUI das erste Mal in unserem Forschungsgebiet nahe des Aurora-Seeberges außerhalb von Hafenanlagen zu Wasser gelassen (Abb. 6). Während der Tauchzeit von vier Stunden konnten wir 24,7 m tief unter das Schiff tauchen und alle Systeme inklusive der wissenschaftlichen Nutzlast testen.



Abb. 5: Erfolgreiches Ausbringen und Installieren einer Massenbilanz-Boje mithilfe des Helikopters. (Quelle S. Arndt AWI)



Abb. 6: Polarstern zwischen stark deformierten dicken Eisschollen. (Quelle S. Arndt)

Die technischen Ziele für NUI's ersten Einsatz waren: Erfolgreiches Aussetzen und Bergen des Fahrzeugs unter Eisbedeckung, Test der akustischen Kommunikations- und Navigationssysteme, einschließlich der verschiedenen Bergungsmöglichkeiten, sowie ein Test der Kernkomponenten wie der Batterien, Beleuchtung, Antrieb und Kommunikation via Glasfaserkabel. Während des Tests konnten wir auch unsere ersten HD Videobilder von der Eisunterseite und dem reichlich vorhandenen Phyto- und Zooplankton in den oberen Wasserschichten aufzeichnen (Abb. 7 & 8).



Abb. 7: NUI's erster Blick unter arktisches Meereis (Quelle NUI)



Abb 8: Die Wissenschaftler an Bord sind vom vielfältigen Leben unter der Wasseroberfläche beeindruckt. (Quelle NUI)

Es ist fantastisch: die HD Kamera beamt uns in die Welt des Untereis-Planktons und wir bewundern hoch und trocken darüber die riesigen Ruderfußkrebse, Rippenquallen und die grünen Algenklumpen. Der nächste Tauchgang ist schon geplant: Wir werden dabei die Ingenieurstests fortsetzen und das Fahrzeug vom Schiff trennen, so dass es nur noch durch ein einzelnes 40km langes haardünnes Glasfaserkabel mit dem Schiff verbunden ist. Wenn diese Glasfaserverbindung abreißt, kann das Fahrzeug immer noch durch akustische Kommunikation autonom zum Schiff zurückgeleitet werden. Wenn all diese technischen Tests abgeschlossen sind, warten wir gespannt auf die ersten wissenschaftlichen Ergebnisse von Erkundungsfahrten unter dickem Eis fernab vom Schiff (Abb. 9).

Von Bord grüßen bei bester Gesundheit die wissenschaftlichen Teilnehmer der Aurora Expedition ihre Familien, Freunde und Kollegen.

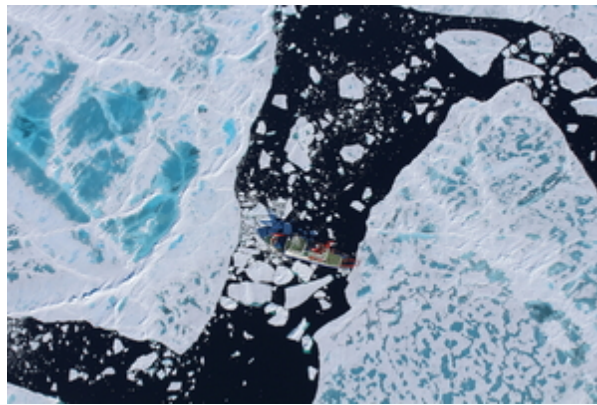


Abb. 9 – Polarstern zwischen großen und kleinen Eisschollen mit Schmelztümpeln (Quelle S. Arndt AWI)

PS86 (ARK-XXVIII/3) - Wochenbericht Nr. 3
21. - 27. Juli 2014
Arbeiten am Aurora Seeberg



Zur Halbzeit unserer Expedition haben wir den Besuch zweier nördlich des Aurora-Feldes gelegener Seeberge bei 83° 00' N und 83° 05' abgeschlossen.

Wir haben dort keine Hinweise auf rezente hydrothermale Aktivität gefunden: die biologischen Beobachtungen mit dem OFOS Kameraschlitzen zeigen kaum Fauna auf Felsen oder Sediment (Abb. 1), ganz anders als am Aurora Seeberg. Ein Highlight der Unterwasserbeobachtung im Norden war klar der „Tanz“ eines kleinen Dumbo-Tintenfisches, der sich mit seinem transparenten Unterkleid über den Boden bewegt (Abb. 2). Auch die CTD-Wasserschöpfer-Surveys mit vielen verschiedenen chemischen Sensoren beweisen, dass wir im Rückensystem der nördlichen Seeberge zwar unterhalb von 2000m insgesamt erhöhte Partikeldichten in der Wassersäule vorfinden. Sie zeigen aber nicht die charakteristische Signatur der hydrothermalen Fahne (Plume), wie wir sie am Aurora Feld in Höhe von 3100-3600 m Wassertiefe beobachten, also 800-300m über Grund.



Abb 1 Felsengrund ohne Filtrierer: ein Eindruck von den inaktiven Seebergen bei 83°N (Quelle: A. Boetius AWI)

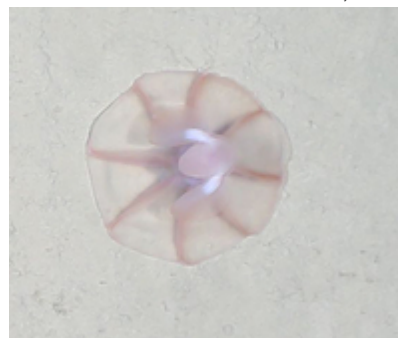


Abb 2 Spurensuche am Tiefsee-Boden: Der Urheber von kreisrunden Spuren ist entdeckt: Ein Tintenfisch (Quelle: A. Boetius AWI)

Direkt nach der Rückkehr in unser Hauptarbeitsgebiet nehmen wir uns vor allem den Norden und Südwesten des Aurora Seeberges vor, wo die meisten Temperaturanomalien in der Wassersäule und am Meeresboden zu beobachten sind. Im Wechsel der Surveys in der Wassersäule und am Meeresboden versuchen wir den Ursprung der Plume zu finden, deren Methan- und Partikelgehalt für mindestens einen, vermutlich mehrere fokussierte Fluidaustritte am Meeresboden spricht - vermutlich schwarze Raucher. In den nachmittäglichen Science Meetings werden jeweils die neuen Ergebnisse des Vortages vorgestellt und die weitere Strategie besprochen. Die Ozeanographie-Gruppe hat erhebliche Strömungsgeschwindigkeiten am Meeresboden von über 20 cm pro Sekunde mit vorwiegend südlicher Richtung berechnet. Zudem sehen wir in 3900 m Wassertiefe auch am südlichen Fuße des Aurora Seebergs Rippelfelder, die von kleinen Basaltpartikeln überstreut sind (Abb.

3). Direkt darüber, am oberen Rand des Seeberges finden wir erhöhte Wassertemperaturen - hier wollten wir weitersuchen. Wenn man bedenkt, dass man mit dem OFOS nur ca. 10m weit schauen kann ist klar, dass wir für die weitere Suche Glück und Zeit brauchen. Doch tatsächlich haben wir richtig getippt: mit den zwei nächsten OFOS Tauchgängen finden wir besondere Strukturen am Meeresboden, die auf Fluidaustritte zurückzuführen sind. Direkt unter dem steilen Südhang sind mehrere Meter breite und tiefe Krater zu finden, wie sie durch Gaseruptionen aus dem sedimentbedeckten Meeresboden verursacht werden können (Abb. 4). Einige der Krater zeigen messbar erhöhte Wassertemperaturen direkt darüber. Genauso freuen wir uns über die Schlote, die wir Ende der Woche gefunden haben (Abb. 5): Sie liegen knapp nördlich der Krater und sind über und über bewachsen mit verschiedenen Arten von Schwämmen – doch scheinen sie derzeit nicht mehr aktiv, zumindest können wir keine Schlieren oder Rauchfahnen darüber erkennen. Nun hoffen wir natürlich, in der letzten Woche im Arbeitsgebiet noch die aktive Fluidquelle am Aurora Seeberg aufzuspüren.



Abb 3 Rippelfelder am Fuß des Aurora Seeberges (AWI)

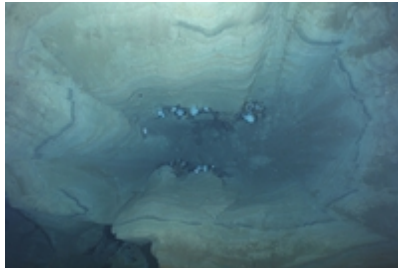


Abb 4 Krater in den Sedimentlagen über dem Basalt (AWI)



Abb 5 Ein mit Schwämmen bewachsener Schlot (AWI)

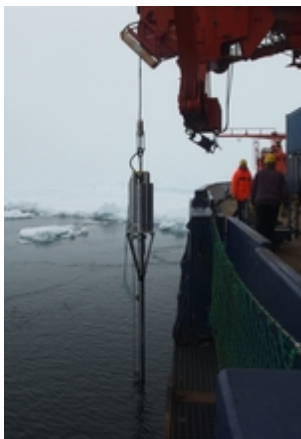


Abb 6 Die Temperaturlanze im Einsatz an Bord der Polarstern (Quelle: M: Doll MARUM)

Mit einer Wärmestromsonde (Abb. 6) gehen wir zudem auf die Suche nach den Wärmequellen im Meeresboden des Aurora Feldes. Einfacher ausgedrückt ist diese Sonde ein überdimensionales Thermometer, robust und dennoch ein Präzisionsmessgerät. Alte Vulkankegel wie das Aurora Vent Feld könnten die Ursache für eine Temperaturanomale im Boden und im Wasser darstellen. Nach 25 erfolgreichen Messungen können wir die Region charakterisieren, vom Fuß des Kegels bis zu dessen Spitze. Interessanterweise finden wir am nördlichen Fuß deutlich höhere Wärmestromwerte als oben auf seinem höchsten Punkt. Was wir noch nicht erklären können: die Wärmestromdichtemessungen im Umfeld des Aurora-Seeberges ergeben erstaunlicherweise extrem hohe gemessenen Werte, mit 400 bis 2000 mW/m² ein Mehrfaches des Erwartungswertes. Tatsächlich liegen diese Positionen auf NNW-SSE streichenden Rücken, möglicherweise Spuren von aktiven Störungszonen. Unsere erste Idee war, dass wir die größte Temperaturanomale am höchsten Punkt des Aurora Seeberges antreffen sollten, nun müssen wir ein neues Konzept überlegen. Leicht ist die Aufgabe nicht, die Wärmemenge zu bestimmen, die aus dem warmen Untergrund aufsteigt. Die Sonde muss in den Meeresboden gesteckt werden und dort am Draht für 10-15 Minuten messen; das heißt das Schiff muss dabei die Position halten können – dann kann der Wärmestrom direkt abgelesen werden. Auf dem Berg oder an den Kratern Messungen durchzuführen ist dabei leider sehr schwierig, denn die steilen Klippen und Basaltfelsen dürfen wir nicht treffen und unser „Fieberthermometer“ - wie die Mannschaft es nennt - hat keine Kamera zur Orientierung. Neben den Temperaturen wird die Wärmeleitfähigkeit des Sediments als eine typische Materialeigenschaft bestimmt. Wir sind überrascht über die um ca. 30% erhöhten Werte gegenüber anderen Tiefseesedimenten. Zum besseren Verständnis der physikalischen Messung wird Material vom Meeresboden mit einem Schwerelot an Bord geholt. Bei näherer Betrachtung finden wir dann auch Sulfide, vulkanische Gläser und Aschen in erheblichem Umfang im Schlamm eingeschlossen. Die steilen Abhänge und Zonen mit anstehenden Basalten bleiben uns auch nach der letzten Nacht eifrigen „Fieber“ Messens mit dieser Methode allerdings unzugänglich – eine kleine Delle am Fieberthermometer ist der Preis für den Versuch, die aktive Zone des Seeberges zu beproben.



Abb 7 Das Ozeanbodenseismometer zurück an Deck nach seiner ersten erfolgreichen Mission (Quelle: V. Schlindwein AWI)

Hydrothermale Aktivität, wie wir sie hier im Aurora Gebiet suchen, kann man nicht nur anhand ihres „Rauchs“ riechen, sondern man kann sie im Prinzip auch fühlen. Wenn Fluide durch Spalten in der Erdkruste in die Tiefe gelangen, dort aufgewärmt werden und sich ihren Weg wieder nach oben bahnen, dann zeichnen viele kleine Erdbeben ihren Weg nach. Auf die Suche nach solch kleinen Erdbeben haben wir uns seit der Ankunft

im Messgebiet begeben. Normalerweise stellt man dazu Ozeanbodenseismometer nahe um die vermutete Quelle auf. In dichtem Meereis hat dies aber noch nie jemand probiert. Dieses Wagnis haben wir nun das erste Mal unternommen und ein speziell modifiziertes Ozeanbodenseismometer auf dem Meeresboden abgesetzt. Den Rückweg durch 4 km Wassersäule ist es nun diese Woche angetreten. Nach spannenden 4 Stunden zwischen Auslösen und Aufspüren konnten wir das OBS schließlich in einem Bereich offenen Wassers bergen – direkt vor einer großen Eisscholle (Abb. 7).

Zeitgleich haben wir bis zu 6 größere Eisschollen mit Landseismometern bestückt und sie der oft launigen Drift des Meereises anvertraut (Abb. 8). Sechs Tage drifteten die Schollen mit den Seismometern über unser Messgebiet. An einem der seltenen sonnigen Tage versetzten wir die Seismometer, um sie ein weiteres Mal über das westliche Ende des Gakkel-Rückens reisen zu lassen. Bislang konnten wir ca. 70 Erdbeben in den Daten ausmachen, weniger als wir erwartet hatten, dafür aber stärkere Erdbeben als vermutet. Ihre Herkunft werden wir erst nach einigem Rechnen zuhause klären können.

Und auch der Roboter NUI brummt. Nach einigen Weiterentwicklungen von Software für Navigation, Ortung und Kommunikation versetzt uns NUI nun in die Lage, die Ansammlungen von Phyto- und Zooplankton im Schmelzwasser unter dem mehrjährigen Eis zu beobachten. Nach der Algenblüte folgten letzte Woche nacheinander innerhalb weniger Tage Blüten von Ruderfußkrebse, Rippenquallen und Manteltiere (Larvacea). Auch die Aufnahmen der Untereislandschaften sind spektakulär, da die Rückensysteme mehrere Meter ins Wasser hineinragen und in allen Tönen von Weiß bis Blau schimmern (Abb. 9). Zusätzlich zu den beeindruckenden Bildern überträgt das Glasfaserkabel Daten von über 10 verschiedenen Sensoren, mit denen wir den physikalischen und biogeochemischen Zustand des Wassers unter dem Eis erfassen. Die Profilierung der oberen 30 m zeigt zwei deutliche Schichtungen in Salzgehalt und Temperatur, die Algen versammeln sich inzwischen an der Sprungschicht bei 10m Wassertiefe, weil sie die Nährstoffe oberhalb aufgebraucht haben.

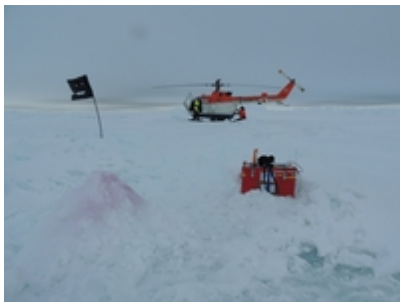


Abb 8 Seismische Station auf einer Eisscholle (Quelle: V. Schindwein AWI)



Abb 9 Eine Untereislandschaft mit Eisalgen, die sich von unten ins Eis einschmelzen und mehrere Zentimeter große Klumpen bilden. (Quelle: NUI, WHOI)



Abb 10 Wir verlassen das Ventfeld für einen Tag für eine Referenzmessung, wieder kommt eine Gruppe von Eisbären um uns zu verabschieden. (Quelle: F Schmid AWI)

Wir dagegen sind recht gut in Futter – der Grillabend bei nächtlicher Sonne auf dem Weg zur Referenzmessung (Abb. 10) außerhalb des Gakkel-Rückens ist allen sehr gut bekommen und wir bedanken uns bei Koch und Team für die tolle Bewirtung. Es grüßen von Bord der Polarstern die Fahrtteilnehmer der Expedition Aurora.

PS86 (ARK-XXVIII/3) - 4. Wochenbericht

Vierte Woche 28.07.-03.08.14

Die vierte Woche begann mit der frohen Botschaft aus der Seismologie, dass nicht nur das OBS vom Meeresboden aus vier Kilometer Wassertiefe zwischen Eisschollen wieder heil aufgetaucht und geborgen war, sondern auch noch all die über verschiedene Schollen verteilte Landseismometer per Helikopter wieder eingesammelt waren. Die zwei letzten ROV NUI Tauchgänge waren ebenfalls erfolgreich, Untereis-Kartierung mit dem Multibeam konnte durch Videomosaike von Eisalgen-Aufwuchs und physikochemische Profile der Schmelzwasserlinse unter dem mehrjährigen Eis ergänzt werden. Höhepunkt war eine parallele Eisstation zur Schneedickenmessung, die dann mit einem kurzen Spaziergang und Gruppenbild der Wissenschaftler auf dem Eis abgeschlossen werden konnte (Abb 1).



Abb. 1. Nach der Eisstation mit ROV Tauchgang ein kurzer Ausflug auf das Eis mit Schneeballschlacht (a) (Quelle: S. Arndt)



und offiziellem Gruppenfoto des Expeditionsteams PS86 (b) (Quelle: S. Arndt)

Die letzten drei Tage Stationszeit waren dem letzten großen Ziel der Reise gewidmet – die Lokalisierung der hydrothermalen Austritte am Aurora Seeberg. Über Wochen haben wir die Partikelfahne der vermuteten Schwarzen Raucher intensiv beprobt, die hydrothermale Aktivität ist also unumstritten, doch es macht einen Unterschied, die Quellen wirklich zu sehen; ihre Beschaffenheit, Anordnung, und Besiedlung zu verstehen. Noch einmal versuchten wir am 28.-29. Juli mit Wärmestromlanze, Schwerelot und TV- Multicorer so nah wie möglich an die Krater der südlichen Flanke des Seeberges zu kommen. Der Multicorer brachte ca. 60cm fein geschichtete, von verschiedenen Ablagerungen geprägte Sedimente zurück, für Schwerelot und Temperaturlanze war die Eindringtiefe über der Ozeankruste nicht genug. Wir entschieden uns daher nach Abschluss der geologischen Beprobung noch einmal die Fahne mit dem CTD-Wasserschöpfer zu lokalisieren und mit der in situ Pumpe ihre Partikel zu filtrieren (Abb. 2). Aufgrund der Datenlage konzentrierten wir uns weiter auf den Südwesten des Aurora Seeberges. Dort waren die Temperaturanomalien am stärksten, auch hohe Methangehalte und sehr niedrige Redoxpotentiale deuteten auf hydrothermale Aktivität hin. Ziel war es nun noch, Lücken in den Spinnennetz-ähnlichen Beobachtungstracks über den Seeberg zu schließen, und dabei besonders die Umgebung der zuletzt entdeckten alten, inaktiven Schlote zu kartieren. In der Nacht von Montag zu Dienstag - es blieben nur noch 24 Stunden Stationszeit - setzten wir alles auf eine Karte: Meeresbodenbetrachtung mit OFOS - non-stop! Die Eisdrift war dabei eine Herausforderung: sie schwankte zwischen Null und 0,5 Knoten in meist Südlicher Richtung, manchmal mit westlichem Drall, so dass viel Zeit in die Eisradarinterpretation und das Zielen für die Schleppwege der Tiefseekamera OFOS ging. Immer wieder glitten wir über die atemberaubende Tiefsee-Landschaft mit steilen Basaltklippen und exponierten Kissenlaven, die über und über von Schwämmen und Anemonen besiedelt waren (Abb. 3a) sowie die tiefen Krater der Südflanke (Abb 3b). Am 29. Juli entdeckten wir in der Nähe der erloschenen Schlote ein noch größeres Kraterfeld mit starken Temperaturanomalien, doch immer noch keine Spur von den schwarzen Rauchern am Meeresboden.

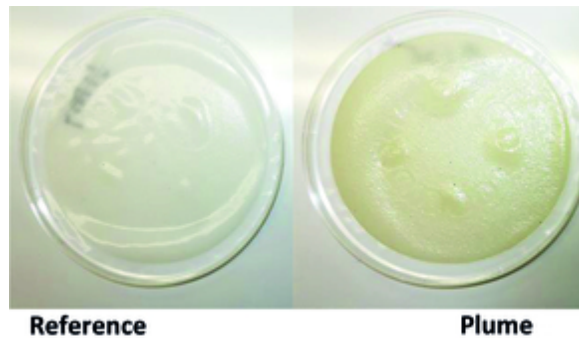


Abb. 2 Zwei Filter der in situ Pumpen im Vergleich: links eine Probe aus 3200m Wassertiefe außerhalb der hydrothermal beeinflussten Fahne, rechts von innerhalb der Fahne (Quelle: C. Borowski)

Nun aber tat sich ein größere eisfreie Fläche direkt über der südlichen Flanke des Aurora Seeberges auf, die es POLARSTERN erlaubte, das OFOS auf einem südwestlichen Kurs vom Aurora Seeberg über das Zielgebiet zu ziehen, welches zuvor nicht erreichbar war. Abermals überquerten wir die Klippen, und unsere Spannung stieg. Der allerletzte OFOS Einsatz kurz vor Ende der Stationsarbeit brachte dann die erhofften Bilder. Um 0:00 Uhr UTC, zwei Uhr morgens Schiffszeit, drifteten wir zunächst über schwarzen Meeresboden, dann orange-braune Krusten sowie knallgelbe Sulfidschlote (Abb. 3c) - und dann auch stark qualmende schwarze Raucher – 4000 Meter unter dem arktischen Eis! Im Gegensatz zu anderen hydrothermalen Quellen im Atlantik oder Pazifik sind die Schlote des Aurora Seeberges allerdings - bis auf Glasschwämme und winzige weiße Schnecken in gehörigem Abstand zu den Sulfidaustritten - nicht von Tieren besiedelt. Typische Ventbewohner wie Röhrenwürmer oder Muscheln waren nicht zu sehen. Die orangenen Matten über den Basalten deuten auf eisenoxidierende Bakterien hin. Der Grund für die Lebensfeindlichkeit unserer schwarzen Raucher ist noch unklar. Ein Grund könnte die Abgeschiedenheit des Gebiets sein. Auch ist es möglich, dass die Verbreitung von bekannten Vent-Tieren zwischen der Hitze an den Schlotten und dem eiskalten Umgebungswasser vom fast -1°C eine zu große Herausforderung für die Larven ist. Es könnte aber auch der chemische Energiegehalt der austretenden Fluide für chemosynthetische Organismen zu gering sein.

Der Blick auf die schwarzen Raucher war nur kurz, und so plötzlich wie sie im Videobild auftauchten, so schnell waren sie auch wieder verschwunden. Die Bücke setzte alle Hebel in Bewegung, um noch einmal durch Lücken im Eis zurück zu traversieren, aber die Eisdecke hatte sich bereits wieder geschlossen und eine Rückkehr über das Ventfeld war nicht möglich.

Mit der Beendigung des OFOS-Surveys in den frühen Morgenstunden endete auch schon unsere Schiffszeit im Arbeitsgebiet, und wir mussten den Rückweg nach Tromsø antreten. Nun sind wir gespannt auf die chemischen Analysen unserer Gas-, Wasser-, Sediment- und Gesteins-Proben, um die Zusammensetzung und den Energiegehalt der Vent-Fluide abzuschätzen. Zudem soll aus der Umwelt gewonnene DNA der Tiefsee-Mikroorganismen aufschlüsseln, welche Taxa im Arktischen Ozean vom Hydrothermalismus leben. An Bord haben wir bereits den Methangehalt der Fluide bestimmt und Experimente zur Kohlenstofffixierung durchgeführt. Unsere Daten zeigen, dass die Mikroorganismen in den hydrothermalen Fahren ein Mehrfaches aktiver sind als in normalem Meerwasser.



Impressionen vom aktiven Hydrothermalfeld des Aurora Seebergs a) Schwämme (Quelle: A Boetius, OFOS, AWI)

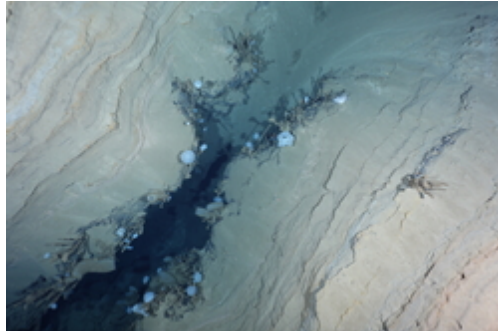


Abb. 3 Impressionen vom aktiven Hydrothermalfeld des Aurora Seebergs b) Krater (Quelle: A Boetius, OFOS, AWI)

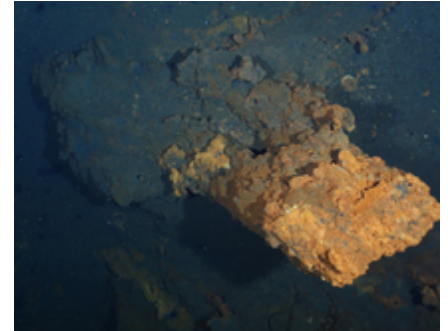


Abb. 3 Impressionen vom aktiven Hydrothermalfeld des Aurora Seebergs c) Sulfid-Schlote (Quelle: A Boetius, OFOS, AWI)



Abb. 4 Der Rettungshubschrauber „Syssemmannen“ aus Longyearbyen, Spitzbergen, übt das Abseilen von Rettern und einer Liege (Quelle: D. d'Hert)

Auf dem Rückweg ab 4:00 Morgens am 30.7.14 waren wir mit dem Packen unserer Ausrüstung und der Reinigung der Labore beschäftigt. Viel Zeit nahmen auch das Schreiben des Fahrtberichts und das Ausfüllen unzähliger Zolldokumente in Anspruch. Jeden Tag wurde es ein wenig wärmer, das Eis verschwand bei Verlassen der Grönland Polynya am 31.07 bei 79°N. Am Freitag passierten wir Spitzbergen in 30 Seemeilen Entfernung. Am Nachmittag besuchten uns Papageientaucher sowie ein Rettungshubschrauber aus Spitzbergen, der eine Übung auf dem Helikopter-Deck der Polarstern durchführte – eine Gelegenheit für spektakuläre Fotos!

! Die Aurora-Expedition ist nun mit dem Einlaufen am Sonntag Morgen 06:00 beendet, wir haben Tromsø wieder erreicht - etwas müde, aber gesund und froh über die Ergebnisse und vielen Proben. Jetzt ist es an der Zeit, „Auf Wiedersehen“ und „Danke schön“ für eine spannende und erfolgreiche Zeit auf der Polarstern zu sagen. Noch einmal Dank an Kapitän Stefan Schwarze und seine Mannschaft, die für uns so gut gesorgt haben - und danke an die 31-jährige Polarstern für 31 Tage treue Dienste während der Expedition PS86 AURORA.

The Expedition PS86 (ARK-XXVIII-3) Weekly Reports

[7 - 13 July 2014](#): The begin of an expedition

[14 - 20 July 2014](#): Working in and under the ice

[21 - 27 July 2014](#): Works at Aurora Seamount

[28 July - 3 August](#): Last weekly report

Summary

7 July - 3 August 2014 (Tromsø - Tromsø)

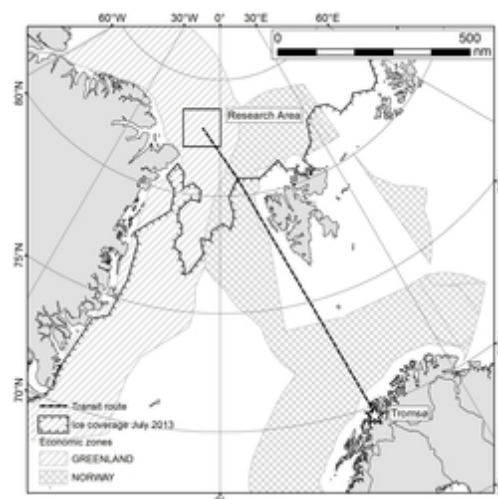


Fig. 1. Position of the survey area and planned itinerary. All station work will be conducted at the 'Aurora' vent site at 4,000 m water depth on the Western Gakkel Ridge near 82°53'N und 6°15'W.

The aim of research cruise PS 86 (ARK-XXVIII/3) is to study the geophysical, geological, geochemical and biological processes of hydrothermal vents at the Gakkel Ridge. Seismicity studies of ultraslow spreading ridges are rare because their main representatives, the Arctic ridge system and the Southwest Indian Ridge, lie in poorly accessible areas. Consequently, their active spreading processes are still not well understood. For a principal understanding of ultraslow spreading ridge processes and for improved knowledge of the structure of the Arctic Ocean basin we will deploy ocean bottom seismometers on ice and at the seafloor in this ice covered region to record seismicity data including earth quakes. The main target is the Aurora vent field, located at 4000 m water depth at 82°53'N and 6°15'W on the southern end of the Western Volcanic zone. In 2001, dredges in this area recovered sulphide chimneys and camera observations revealed shimmering water as well as abundant fauna, which suggests active hydrothermalism. Since then, this promising area has not been further studied. We would like to use one of the newly-developed WHOI Hybrid ROV/AUV systems for under-ice diving in combination with new chemical sensors as well as with traditional research methods to study the hydrothermal processes that control the production of new oceanic lithosphere at this ultraslow spreading system, and the niches for chemosynthetic vent fauna and associated communities. Another goal is to identify any unknown fauna and to study their ecology and phylogeny in comparison to vent fauna of the Atlantic and Pacific. During the cruise we will also be testing WHOI's new prototype ROV designed specifically for work beneath ocean ice cover: Nereid Under Ice (NUI). Although it is ultimately designed to operate to depths of up to 2000 m, and beneath glacial ice tongues too thick to access with an ice breaker, on this cruise the NUI vehicle will be used to

demonstrate its ability to conduct first-of-its kind investigations investigating through-ice photosynthesis under sea-ice using in situ sensors mounted on the upper side of the vehicle as it operates close beneath the ice-sea interface at the top of the oceanic water column.



Fig 2. The sun is shining as we are leaving the port of Tromso and the spectacular coastal landscape of Norway (Photo A. Boetius)

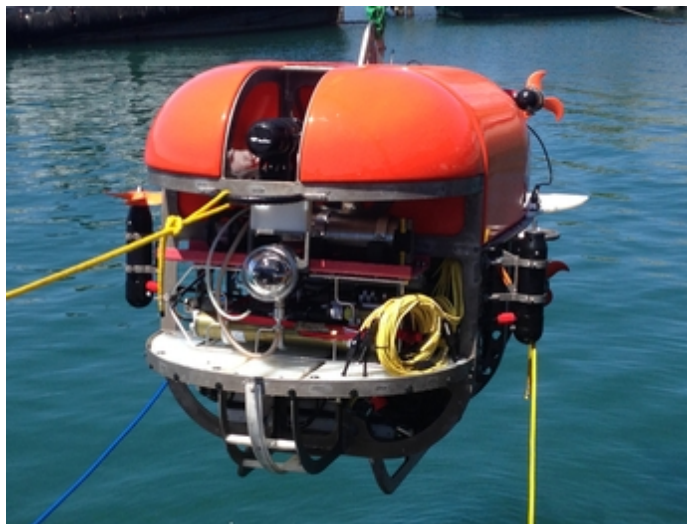


Fig. 3. WHOI's new prototype ROV: Nereid Under Ice (NUI). (Photo WHOI)

PS86 (ARK-XXVIII/3) - Weekly Report No. 1
July 7 - 13, 2014
The begin of an expedition

The aim of research cruise PS86 (ARK-XXVIII/3) is to study the geophysical, geological, geochemical and biological processes of hydrothermalism at Gakkel Ridge of the Central Arctic. Seismicity studies of ultraslow spreading ridges are rare because their main representatives, the Arctic ridge system and the Southwest Indian Ridge, lie in poorly accessible areas. Consequently, their active spreading processes are still not well understood. Our main target is the Aurora vent field, located at 4000 m water depth at 82°53'N and 6°15'W on the southern end of the Western Volcanic zone, off Greenland. In 2001, the two icebreakers RV Polarstern and USCGC Healy operated together for the first time in this area and were able to observe shimmering water as well as abundant fauna at the seafloor, which suggests active hydrothermalism. Since then, this promising area has not been further studied, and many questions are still looming about the morphology, seismic activity, biogeochemistry, geology and faunal composition of this remote, still fully ice-covered deep-sea area of the Arctic. We are a team of 47 scientists and technicians from eight different countries, working together to address these and other questions, including the state of the sea ice. During the cruise we will also be using WHOI's new prototype Hybrid - ROV designed specifically for work beneath ocean ice cover: the Nereid Under Ice (NUI) robot. It will conduct first-of-its kind investigations including under-ice measurements using in situ sensors mounted on the upper side of the vehicle as it operates close beneath the ice-sea interface at the top of the oceanic water column.



Fig. 1 Good-bye Tromsø and beautiful Norwegian coast – impressions under the midnight sun (©: A. Boetius)

We started the mission with some delay, but finally left the port of Tromsø and the Norwegian coast under the most beautiful midnight sun on Monday 7th July (Fig. 1). After two days of steaming we decided based on satellite images, the ice forecast of the sea ice physics group of AWI, and the good advice of Captain Schwarze to turn westwards into a large polynya system that opened up along the Greenland outer shelf. We reached the ice edge in good time in the night of the 9th-10th July and continued northwards along the Greenland shelf edge. While we were steaming, our two Belgian colleagues carried out monitoring of marine birds and mammals as part of a long-term study started in 1988 (PoIE, Laboratory for Polar Ecology, France). Dense fog and low hanging clouds followed us during almost the entire track from Tromsø and limited the number of birds and mammals observed. During the few short sunny spells 9 killer whales, 4 fin whales and 5 humpback whales were detected. A humpback whale surfacing out of the blue right in front of the Polarstern (Fig. 2) was the highlight of the mammal monitoring.

Bird-wise, only 19 species were observed (totaling 805 individuals) during almost 100 hours of observation. Half of them were Northern fulmars (Fig. 3), the most abundant marine bird in the area. This species occurs in 3 or 4 poorly defined color morphs. It is often called a tube-nose: special structures on its bill form a tube-like structure permitting the excretion of excess of salts, and thus allowing them to drink salt water. Despite the diligent efforts of the observers, no polar bears were sighted until we arrived at our target site on July 12th. Right on top of the big ice floe hovering above the Aurora mount, a polar bear

waited for us, but ran away when we started the first station (Fig. 4). As expected, the ice cover in this area is a challenge: with a 90% ice-cover of 2-3 m thickness with some fiercer ridges in between, we have to move around the target area mostly in the few openings between ice-floes, and take our chances to run instruments across the Aurora vent field, which is a relatively small structure with a dimension of 1x1.5 km and an elevation of ca. 400 m above the surrounding seafloor.



lumpback whale surfacing in front of arn. (©: D. D'Hardt)



Fig. 3 Northern fulmar. The lack of a complete white head makes this bird belonging to the 'intermediate morph' (or light dark morph), while the 'blue morph' (or double dark) has the head as dark as the body (which can even be darker than the bird on this picture). (©: D. D'Hardt)



Fig. 4 A polar bear, the top predator in the Arctic comes close to have a look at POLARSTER. (©: D. D'Hardt)

We started the hydrography program during the transit at between 80-83° N by deploying 16 XCTDs from the shelf edge Northwest of Greenland across the Lena Trough towards Gakkel Ridge. These free-falling probes sample salinity and temperature in the upper 1000 m while the ship is moving at full speed (Fig. 5). The acquired data will help our colleagues at AWI to get some valuable information about the upper ocean circulation in this rarely sampled area. The CTD work at the Aurora mount – as we call it unofficially - started with a single cast on July 12 shortly after we had reached our target area and continued in the early morning hours of July 13 with a tow-yo CTD. During tow-yos the instrument is moved up and down repeatedly in the lower 1000 m above the seafloor, while the ship drifts slowly with the ice. The CTD measures vertical profiles of temperature and salinity as well as turbidity that are used for mapping of the hydrothermal plume in the water column. A plume signal can be identified either by turbidity signals or, if close to the source, by anomalies in temperature and oxygen reduction (redox) potential. During the casts we took several water samples at different depths, which will be analyzed for concentrations of helium isotopes, methane and other chemical species. Since the helium isotopes are non-reactive, they are an ideal tracer for water in hydrothermal plumes that is detectable over long distances away from the source.

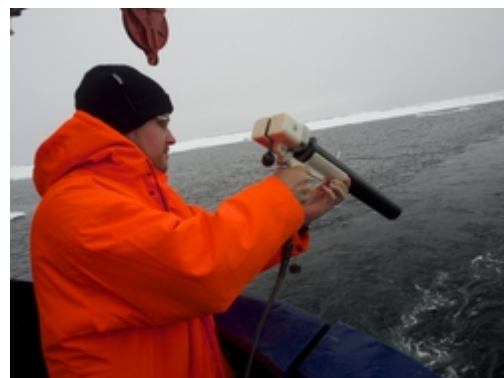


Fig. 5 XCTD cast in the Greenland Polynya (© J. Köhler)



Fig. 6 Polarstern in front of ice in Greenland (© S. Arndt)

Our first hydrographic measurements already brought some good indications that the Aurora hydrothermal vent field detected in 2001 is still active. We found a weak turbidity signal in the single cast west of the presumed vent location and an even stronger one during the tow-yo east of it, both centered at a depth of 3100 m. As a Sunday gift, we have just finished a cast right across the mount, and could confirm a rather substantial turbidity and redox anomaly apparently associated with the peak of the mount, which we can now precisely set to 3848m. The plume spreads from its apparent source at 3000-3200m water depth. We are now preparing for the OFOS dive and heat flux surveys across this area, it remains a challenge to estimate the ice drift so that we can really get close to the peak of the mount where we suspect the vents. A first short OFOS dive at the bottom of the Aurora mount detected lava pillows densely populated with beautiful glass sponges, and also the first heat flux probing indicated a thermally active site. We are looking forward to the weeks to come on board, weather and ice conditions are good (Fig. 6) - all participants are in good health and are sending greetings to families, friends and colleagues.

PS 86 (ARK-XXVIII/3) - Weekly Report No. 2
14 - 20 July 2014
Working in and under ice

The first week of sampling at the "Aurora - Seamount" went by really fast. We rotate deployments of the camera sled OFOS, the CTD water sampler - with and without in situ pumps - and the large temperature lance, to map the origin, composition and distribution of the hydrothermal venting at Aurora mount. To do this, we require a mission almost impossible for our research vessel POLARSTERN and the nautical officers: They have to bring the ship in place next to an ice floe or in a water lead between floes that we can drift for 6-8 hours across a small area of about 1x1 km, to sample the seabed and the water column at 3000-4000 m water depth within small target zones. In the best of all worlds, one would use a research vessel that can hold position in the ice – but that is a technical challenge, which has yet not been realized, mostly for reasons of cost. Now we are here with the 30-year-old icebreaker POLARSTERN – and yet, the impossible is possible!

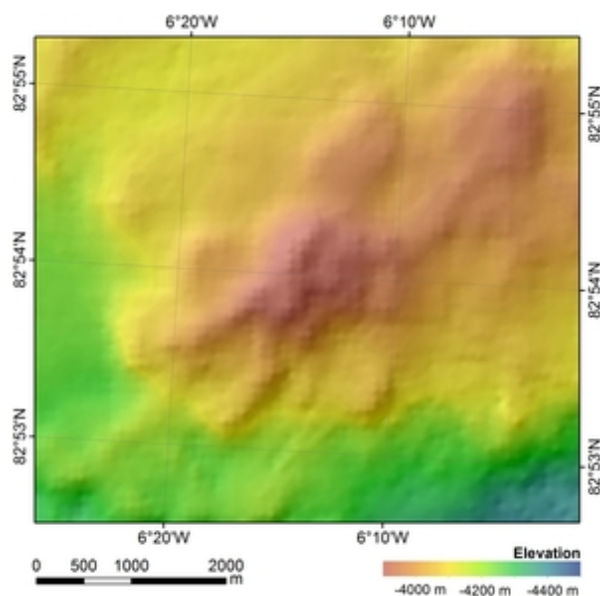


Figure 1 - The bathymetric map of Aurora mount (Source S. Albrecht, FIELAX)

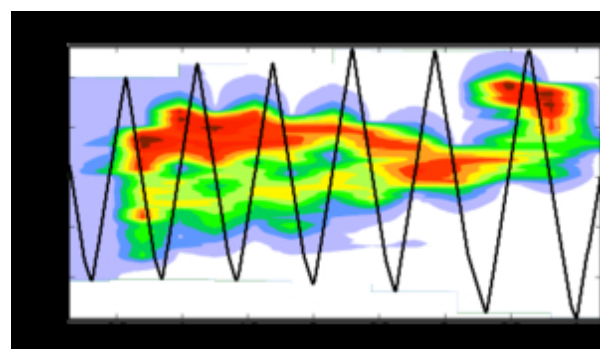


Figure 2 - The Vent - Plume above the Aurora mount (Source C. Mertens, IUP University of Bremen)

Current satellite images that are retrieved directly from the ship give us information about the sea ice concentration at high resolution, and thus support navigating through the thick sea ice floes. In addition, our three sea ice physicists on board analyze carefully the daily sea ice motion in order to find the optimal position for the ship in drift mode. Also the drift signals by the seismometer ice stations deployed by helicopter are evaluated and combined to model the drift direction and speed. In addition, for the first time, the data of the sea ice radar of POLARSTERN are recorded continuously and analyzed together with satellite data to describe the sea-ice conditions comprehensively. All of this – plus help by the experienced crew - allows a pretty good drift prediction. When an opening between the ice floes occurs in the right place, we can actually manage to sample those locations 4 km beneath us that we target previously on the bathymetric map of the Aurora mount (Fig. 1). By now we have narrowed down the area from which hot (hydrothermal) fluids leak from the underlying seabed to the water column and form a plume above Aurora Seamount (Fig. 2). The fluids from the vents mix quickly with the surrounding water, yet form distinct physicochemical signatures up to 1000 m above the seamount. The plume above the Aurora vent field shows increased turbidity and reduction potentials, 5-10 fold enhanced methane concentrations, and a lower pH. The filters with which we collect the bacteria of the vent plume also retain some black particles, probably manganese oxides. So it's all there, what is commonly assigned to venting of hydrothermal fluids by black smokers. The plume floats in 3000-3600 m water depth above the North West of the mount, sometimes it reached to the south or east. Accordingly, our oceanographers have identified rather high flow velocities in the deep sea, of up to 20 cm per second, with changing directions. At the

seafloor our deep-sea camera sledge OFOS records steep rocky cliffs of black basalt pillows and columns, most of which have some sediment cover. At the North West rise of the Aurora mount we also find orange precipitates that get trapped in deposits of sponge spicule debris. The gravity cores contain multicolored layers caused by mineral precipitation.

The deep sea life at the Aurora mount is also very interesting: in midst a desert-like deep sea floor, black basalt rises which is populated by dense accumulations of white glass sponges and sea anemones (Fig. 3) - these are typical filter feeder communities, which occur where the ocean currents transport nutritious particles. We also find small luminous jellyfish, which feed at the surface of the seafloor or are floating by in the bottom water layer. Only my favorite deep-sea animal – the sea cucumber - is completely absent. Its relative, the sediment-dwelling sea urchins, appear to occur frequently according to their feeding traces, but barely show enough to be able to document them by photography. In the last two days we visited another mount north of the Aurora field - here we find no evidence of vent plumes and accordingly, the basalt rocks are barren, only here and there we detect some tiny sea anemones. This suggests that the sponges may be fed directly by the hydrothermal fluids of Aurora, as both mounts are in the same productivity regime, but totally different in terms of biomass.

While we are at 4 kilometers depth in search of hydrothermal vents, the seismological research and the sea ice observation are in full swing, too. An ocean bottom seismometer (OBS) has been deposited on the seabed, and several seismometers are positioned on ice floes by helicopter, drifting in a safe distance to the ship to record earthquakes. Hourly observations from the bridge assess the current situation of the sea-ice. We are mostly encountering multi-year sea-ice with a thickness above two meters and a significant snow cover of about 15cm (Fig. 4). It is known that much of the remaining multi-year sea-ice leaves the Arctic through Fram Strait East of Greenland. But we are quite surprised by the comparatively low sea-ice concentrations of around 80% we have observed in the area.

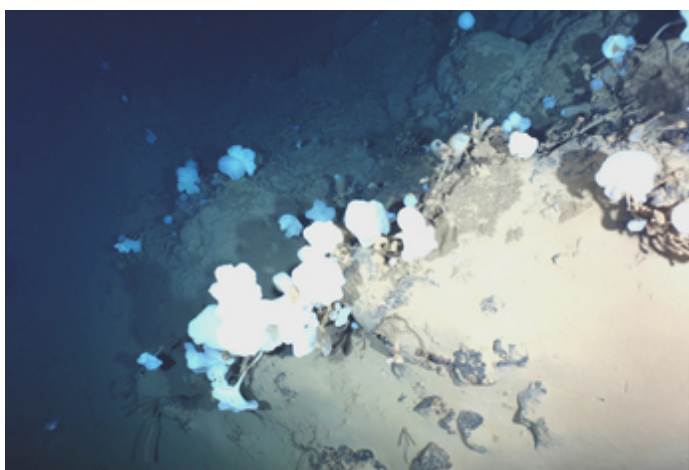


Figure 3 - Sponge gardens at the flanks of Aurora mount (Source A. Coetius, AWI)



Figure 4: Nereid Under Ice shortly after his first exposure in the Arctic Ocean (Source C. German WHOI)

Weather conditions and severe fog has limited our work with the helicopter, but last week we were finally able to use it to deploy an ice-mass-balance buoy, an autonomous device that will record ice thickness and temperature data, and send the results home via satellite during the next few months (Fig. 5). Earlier in the week, we were also dropped off on an ice floe close to the ship, by helicopter, to investigate the snow distribution and topography of the ice surface. In the remaining part of the cruise, we hope to gather new information on the availability of light in the water underneath the thick local ice cover during the ROV Nereid Under Ice (NUI) deployments. Light measurements under the ice help us to understand the energy fluxes in the climate and ecosystem, yet measurements are rare, especially during the early summer season.

NUI is the newest underwater vehicle from Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)'s Deep Submergence Laboratory, developed in collaboration with the Department of Mechanical Engineering at Johns Hopkins University (JHU) in the United States. Its use during this expedition is supported by NOAA and several U.S. foundations. On this cruise, our objectives are to develop the first at-sea experience working under sea-ice and then, once our engineering objectives have been met, to conduct NUI's first scientific investigations studying life that clusters at the under side of Arctic sea ice and the penetration of

light through that ice to sustain photosynthesis. A major milestone was met in the past week as we finally had completed preparation of all the complex components required to operate away from a ship in an ice covered ocean – electronics, software and acoustics. On Friday July 18th, NUI was lowered into the ocean near the Aurora vent-field at 83N 006W, the first time it had entered salty water away from a harbor wall (Fig. 6). During the first trial we kept the vehicle for several hours at a depth of 24.7m below the keel of Polarstern, to test a series of engineering systems on the vehicle and also its scientific payload.



Figure 5: Deployment of the ice-mass-balance buoy with the helicopter. Source S. Arndt AWI)



Figure 6: Polarstern between strongly deformed floes of sea ice (Source S. Arndt, AWI)

The objectives for the first mission were relatively modest, namely to conduct the first complete launch and recovery of the vehicle in polar ice, to test our acoustic navigation and communication systems, and to test the vehicle's core components: batteries, power control, lighting, propulsion & fiber-optic communications. But there was an added bonus: while testing the vehicle's scientific sensors, we had the opportunity to collect our first HD video imagery, both of the underside of Arctic sea-ice (Fig. 7) and of an abundance of copepods and phytoplankton particles in the melt water below the ice floes at our test site (Fig 8).

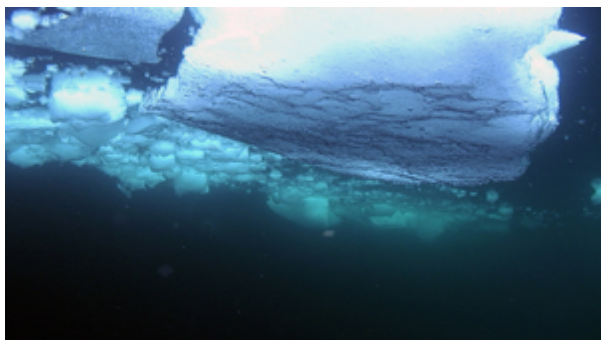


Figure 7: NUI's first look at Arctic sea ice (Source NUI)



Figure 8: The scientists on board are impressed by the variety of life below the water surface. (Source NUI)

Looking ahead, our next dive is planned for early next week when we will aim to complete our engineering test requirements: to break free from the depressor weight that is used to lower the vehicle safely into the water and let NUI swim free connected only by a single optical fiber; to confirm that the vehicle switches successfully into autonomous mode whenever that fiber is broken; and to successfully use our acoustic communications to navigate NUI in autonomous mode, back to the ship. When all these technical tests are completed, we are eagerly awaiting the first scientific dives under thick ice away from the ship (Fig. 9).

The scientific participants of the Aurora expedition are all very well and send their best regards to their families, friends and

colleagues.

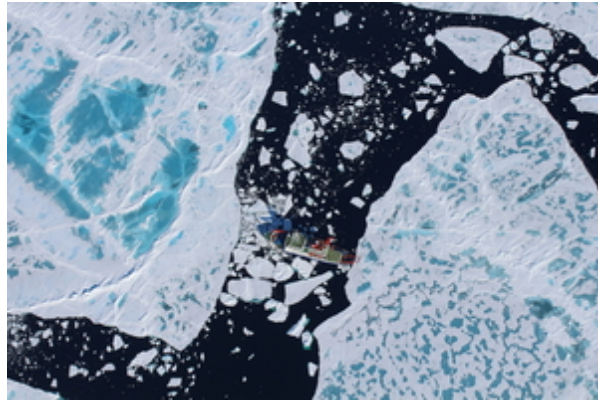


Figure 9 - Polarstern between large and small floes with melt ponds (source S. Arndt AWI)

PS86 (ARK-XXVIII/3) - Weekly Report No. 3
21 - 27 July 2014
Work at Aurora Seamount



It is half-time for the expedition Aurora, and we have finished the visit to two seamounts situated at 83 ° 00'N and 83 ° 05', North of the Aurora field.

There was no evidence of recent hydrothermal activity: the pictures of the seafloor with the OFOS photo sledge show barely any fauna on rocks or sediments (Fig. 1), unlike at the Aurora seamount. One highlight of the underwater observations in the North was clearly the "dance" of a dumbo octopus with a transparent petticoat (Fig. 2). The CTD water sampling surveys in this area detected the overall increased particle densities (turbidity) below 2000m within the water column of Gakkel Ridge. But the CTD's many chemical sensors did not show the characteristic signature of a hydrothermal plume in 3100-3600 m water depth (800-300m above the ground) as observed around the Aurora seamount.



Figure 1 Rocky shores without filter feeders: an impression of the inactive seamounts at 83 ° N (source: A. Boetius AWI)

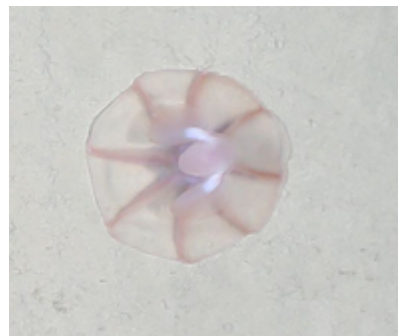


Figure 2 Traces on the deep-sea floor: The agent of the circular marks is discovered: A nice little octopus (Source: A. Boetius AWI)

Immediately after returning to our main working area we have decided to target mainly the southwestern edge of Aurora Seamount, where most of the temperature anomalies are observed in the water column and on the seabed. Switching between surveys in the water column and on the seafloor, we try to find the origin of the plume which clearly transports methane and hydrothermal particles from at least one source, probably several vents – which are likely black smokers. The afternoon science meetings serve to present new results of the previous day, to discuss them with all groups and to plan the strategy for exploration and measurements. The oceanography group has calculated substantial flow velocities at the seafloor of about 20 cm per second with predominantly southern direction. In 3900 m water depth, at the southern foot of the Aurora Seamount we see peculiar ripple fields, littered small basalt particles (Fig. 3). Directly above it, at the top of seamount we locate increased water temperatures – all reasons to focus on this area. If once considers the footprint of our camera surveys -

approximately 10m wide - it is clear that we need both luck and time to detect the vents. But we have made significant progress: with the two next OFOS dives we find special structures on the seabed, which must be due to fluid venting. Directly below the steep southern slope there is an area with lots of small craters of a few meters in diameter, cutting several meters deep into the sediments, showing an interesting stratigraphy (Fig. 4). These craters look exactly like features on land caused by gas eruptions – but here they come from the sediment-covered ocean crust at almost 4 km water depth. Some of the craters show significantly increased water temperatures directly above them. Likewise, we are very excited about the orange-brownish chimneys that rise from the steep cliffs (Fig. 5): They are just north of the crater area, and are densely covered by various species of sponges. Still it appears that these are currently inactive, as we cannot recognize shimmering waters or black smoke from hydrothermal venting above them. We certainly hope to track the active fluid source at the Aurora mount in the coming last week in the study area.

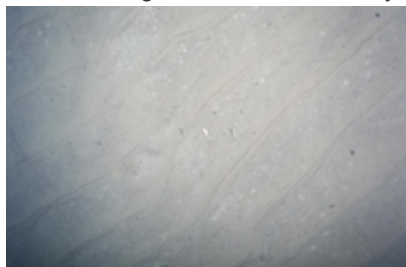


Figure 3 Ripple fields at the foot of Aurora Seamount (AWI)

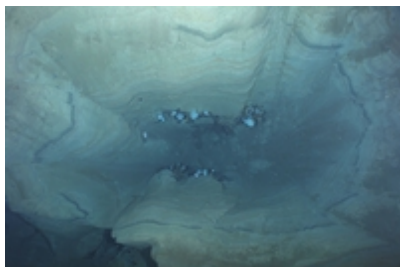


Figure 4 A crater cuts deep into the sediment layers above basalt (AWI)

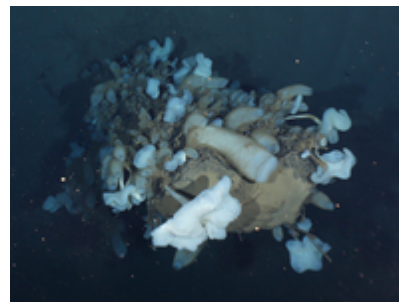


Figure 5 A vent chimney overgrown with sponges (AWI)

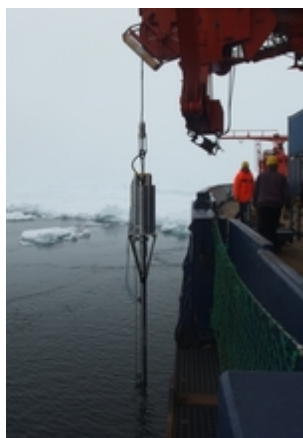


Figure 6 The temperature lance in use on board the Polarstern (Source: M. Doll MARUM)

Another useful device to search for hot spots in the Aurora Vent Field is a heat flow probe. In simple terms, this works like a gigantic thermometer, a robust one for deep-sea research in uncharted terrains, but also a high-precision tool (Fig. 6). An old volcano like the Aurora seamount might be a good source of temperature anomalies in the seabed as well as in the water column. After 25 successful launches we are able to characterize the temperature field around and on top of this seamount. It is interesting to note that highest heat flow values do not occur on the top, but around the foot of the Aurora mount. Hence, our first assumption that the highest elevation should show the highest temperatures might not be correct. Heat flow determinations in the surroundings of this hill result in values between 400 and 2000 mW/m² which is well above our expectation. We now think about a correlation with NNE-SSW striking ridges, possibly faults zones.



Figure 7 The ocean bottom SICEmometer back on deck after a first successful mission (Source: V. Schindwein AWI)

But it is not an easy task to determine the amount of heat rising from the mount. The probe must be inserted into the seabed to measure for 10-15 minutes; during that time, the vessel must hold the position between the drifting ice floes – if it works, the heat flow can be read off directly on board. The closer we are to the presumed hotspots, the craters and chimneys, there is less and lesser sediment to stick the probe into. The steep cliffs and basalt rocks cannot be tackled, but our "fever thermometer" - as the crew calls it - has no camera for orientation. Last night we were a bit too eager to measure the mount's "fever" - a small dent in the instrument is the price for trying to sample the active zone of the Aurora mount. In addition to the heat flow, we can also measure thermal conductivity of the sediment, as a typical material property. We are surprised to find increased values by about 30% compared to other deep-sea sediments. For a better understanding of this physical measurement, sediments are sampled by gravity corer and analyzed. On closer inspection we find sulfides, volcanic glass and ash trapped in the mud.

Hydrothermal activity can in principle not only be "smelled" by the various physicochemical sensors we are using, but it can also be "felt" by the seismometers. When fluids penetrate through cracks and faults in the rocks deep into the oceanic crust, they get heated up and force their way upward, producing many tiny earthquakes along their way. Since our arrival at the Aurora vent field, we started „to feel“ for such earthquakes. Normally, one places ocean bottom seismometers closely around any suspected vent field location, but no one has ever deployed and recovered ocean bottom seismometers in dense sea-ice. We faced this challenge for the first time and positioned a specially modified ocean bottom

seismometer on the sea floor (Fig. 7). This week, we called it back from 4 km water depth, and were able to successfully recover after a most exciting 4 hours of wait and search.

At the same time, we instrumented up to six large ice floes with conventional land seismic stations (Fig. 8) and exposed them to the often whimsy drift of the sea-ice. For six days, the ice floes carried our seismometers all across the survey area. On one of the very few sunny days, we moved the seismometers by helicopter to new ice floes and let them take a second journey across the western end of Gakkel Ridge. Up to now, we detected about 70 earthquakes in our data set, which is less than expected, but of much stronger activity than we thought. It will take us some processing at home until we can unravel the origin of these earthquakes.

And also the robot NUI is buzzing under the ice. After some onsite revisions of software for navigation, for positioning and communication, NUI now allows us to observe the accumulations of phyto-and zooplankton in the melt water under the multi-year ice. Not only did we observe a significant under-ice algal bloom in the first week, but also how it was followed up successively by flourishing copepods, ctenophores and tunicates (Larvacea). The recordings of the under ice landscapes are spectacular, as the ice ridges extend several meters into the water, shimmering in all shades from white to blue (Fig. 9). In addition to the impressive video footage, the hair-thick fiber optic cable transmits data from over 10 different sensors, with which we record the physical and biogeochemical state of the water directly under the ice. The profiling of the upper 30 m of water column shows two distinct layers in salinity and temperature. The algae now gather around the pycnocline at 10m water depth, apparently because they have depleted the nutrients above, but grazing must also be very strong given the amounts of hungry jellies in the water.

In contrast, we are very satisfied with the food – especially from last night when we had a barbecue on deck, in the polar midnight sun, on the way to our reference measurement outside the Gakkel Ridge (Fig. 10). It is high time to thank our ship's cook and his team for the great hospitality on board.



Figure 8 Seismic station on an ice floe
(Source: V. Schindwein AWI)



Figure 9 An under ice landscape with ice algae, aggregating in pouches below the melting ice. (Source: NUI, WHOI)



Fig 10 A group of polar bears say goodbye to us when we leave the Aurora field for a day of reference measurements. (Source: F Schmid AWI)

All cruise participants of the expedition Aurora are sending their best regards to their friends, families and colleagues from 83°N.