

Die Expedition ARK-XXVI/3

Wochenberichte

- [15. August 2011](#): Zwischen Kisten und Containern
- [22. August 2011](#): Vor - und Nachteile von mürbem Eis
- [29. August 2011](#): Am Nordpol und umzu
- [5. September 2011](#): Von Pol zu Pol
- [12. September 2011](#): Gas- und Edelsteinfunde im Eis
- [19. September 2011](#): Stoffumsätze der Meereisorganismen
- [26. September 2011](#): Ein selten gewordener Anblick
- [3. Oktober 2011](#): Schlussakt und Heimreise

Zusammenfassung und Fahrtverlauf

Tromsø - Bremerhaven (5. August – 7. Oktober 2011)

Die Expedition ARK-XXVI/3 "TransArc" (Trans-Arctic survey of the Arctic Ocean in transition) dient der Erfassung der physikalischen, biologischen und chemischen Veränderungen im Arktischen Ozean. Während der fortschreitende Rückgang der Eisausdehnung vom Satelliten aus beobachtet werden kann, müssen alle weiteren Veränderungen, wie die der Dicke und Beschaffenheit des Meereises, der Wassermasseneigenschaften und ihrer Zirkulation, sowie veränderte chemische und biologische Größen auf wiederholten Schiffsexpeditionen gemessen werden. Die Reduzierung des Meereises und die Änderungen in der Ozeanzirkulation und im Wärme- und Süßwasserhaushalt sind eng verknüpft mit Änderungen im Gasaustausch sowie mit biogeochemischen Stoffumsätzen und Prozessen im Ökosystem im Eis und in der gesamten Wassersäule.

Während „TransArc“ werden diese Zusammenhänge durch Beprobung aller Parameter an gemeinsamen Stationen entlang von Gradienten von den Eurasischen Schelfmeeren bis ins Kanadische Becken und vom offenen Ozean bis ins Packeis untersucht. Ergänzt werden die Messungen vom Schiff aus durch Messungen von autonomen Systemen, die auf dem Eis und am Boden ausgesetzt werden und die ermöglichen den zeitlichen und räumlichen Radius der Beobachtungen erheblich zu erweitern.

Vier Jahre nach dem Internationalen Polarjahr IPY 2007/2008 wird mit „TransArc“ die erste Wiederholungsaufnahme des komplexen Systems durchgeführt. Ergänzt werden die Aufnahmen durch geologische und mikrobiologische Probenahme von Sediment an dem schwer zugänglichen Alpha-Mendelejew-Rücken, bzw. am Gakkelrücken.

Das Arbeitsprogramm beginnt nördlich von Franz-Joseph-Land. Von dort aus geht es nach Norden über den Nordpol je nach Eissituation ins westliche Kanadische Becken. Ein weiterer langer Schnitt führt zurück in den Eurasischen Teil bis in die flache Laptewsee, von wo wir die Rückreise nach Bremerhaven antreten.

ARK-XXVI/3, Wochenbericht Nr. 1

5. August - 13. August 2011

Am Freitag, den 5. August liefen wir pünktlich um 18 Uhr aus dem sonnigen Tromsø aus. Die schöne Fjordlandschaft lenkte von der Sorge ab, ob wohl wirklich alle nachträglich nach Tromsø gelieferten Expeditionsgüter angekommen waren, – aber natürlich war durch Ladeoffizier und Mannschaft bereits alles an Bord und verstaut.

Der Sommer begleitete uns noch eine kleine Weile auf unserem Weg in die Arktis, aber davon haben wir wenig mitbekommen, da zunächst das Auspacken auf Hochtouren lief. Der Beginn jedes Fahrtabschnittes wird typischerweise von einem milden Chaos beherrscht: Labore werden zugeteilt, und dann wieder umgetauscht, der Platz reicht hinten und vorne nicht, die Container werden ausgestaut. Kisten werden nicht gefunden, tauchen dann aber doch dort auf, wo sie eigentlich sein sollten, Geräte funktionieren überhaupt nicht, aber nach etwas Ruhe gehen sie wunderbarer Weise doch. Nach ein paar Tagen legte sich die Hektik deutlich, unterstützt von einem kleinen Tiefausläufer, der die See von spiegelglatt in etwas gewellt wandelte. Am Sonntag lief bereits eine erste Probestation für die CTD und zwei Planktonnetze und wir konnten beruhigt sein, dass die schon mal gut funktionierten.

Die Expedition wird uns in den kommenden zwei Monaten in den zentralen Arktischen Ozean führen. Dieser Ozean gehört zu den am wenigsten erforschten Gebieten der Erde; noch erlaubt es das Meereis rund um den Nordpol nur Eisbrechern, überhaupt in diese Region zu gelangen, so dass das Netz von Beobachtungen dünn ist. Gleichzeitig finden sich hier die stärksten Signale der Klimaveränderung: der Temperaturanstieg ist doppelt so hoch wie der globale Mittelwert und die Meereisbedeckung geht rapide zurück.

Unter dem Motto "TransArc - Trans-Arctic survey of the Arctic Ocean in transition" (Transarktische Studie des Arktischen Ozeans im Wandel) wollen wir mit den unterschiedlichsten Forschungsdisziplinen daran gehen, das komplexe System gemeinsam zu entschlüsseln. "Wir", das ist ein 50-köpfiges Team von Wissenschaftlern und Technikern aus Deutschland, Russland, Frankreich, Finnland, Schweden und den USA. Unterstützt werden wir bei unserer Arbeit von den 43 erfahrenen Besatzungsmitgliedern der *Polarstern* und einem Hubschrauberteam.

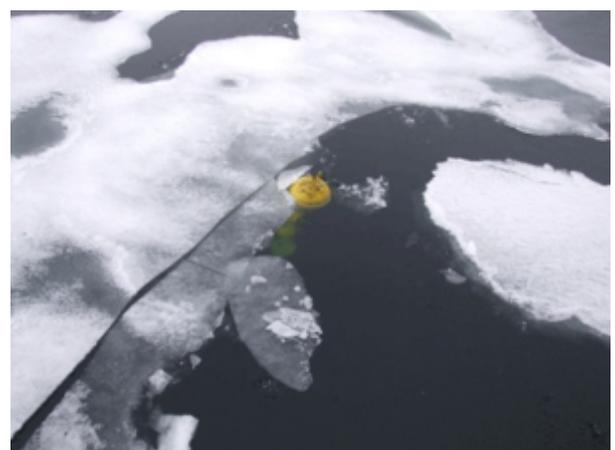
Im Fokus stehen die physikalischen, biologischen und chemischen Veränderungen im Arktischen Ozean. Die abnehmende Meereisbedeckung, die Erwärmung des Ozeanwassers und eine veränderte Wasserzirkulation wirken sich auf Wärme- und Gasaustausch zwischen Ozean, Meereis und Atmosphäre aus. Diese Vorgänge sind eng verknüpft mit Änderungen des



Kaum erreichten wir das Eis, da wurde der erste Eisbär gesichtet. (Foto: E. Kilias)



EisarbeiterInnen auf dem Weg zur ersten Teststation. (Foto: E. Kilias)



Sehnsüchtig erwartet: Der Topauftrieb der Verankerung taucht zwischen den Eisschollen auf. (Foto: I. Waddington)

Ökosystems im Eis und in der Wassersäule von der Oberfläche bis hin zum Meeresboden. Vier Jahre nach dem Internationalen Polarjahr 2007/08 (IPY 2007/08) wollen wir eine großräumige synoptische Aufnahme des physikalischen, chemischen und biologischen Zustands des Arktischen Ozeans wiederholen und dabei Wasser- und Eisproben von den flachen sibirischen Schelfmeeren bis ins tiefe Kanadische Becken und vom offenen Ozean bis ins Packeis nehmen. Zusätzlich wollen wir Sedimentkerne in der Nähe des Nordpols ziehen, die Aufschluss über die längere Klimageschichte der Arktis geben.

Der erste Abschnitt unseres Programms begann nördlich von Franz-Josef-Land. Dort fällt der Meeresboden schroff von 100 m Tiefe auf 3500 m ab. An diesem steilen Hang entlang fließt in einem schmalen Stromband warmes atlantisches Wasser, von Norwegen her kommend (ursprünglich sogar aus dem Golfstrom) durch den Arktischen Ozean. „Warm“ ist natürlich sehr relativ – die Temperaturen liegen bei 2°C; aber das ist immerhin deutlich wärmer als das Oberflächenwasser mit -1°C. Dieser letzte schwache Ausläufer des Golfstroms ist also eine wichtige Wärmequelle für die Arktis. Wir wollen wissen, wie stark und wie warm diese Strömung ist, und wie sie sich im Verlauf eines Jahres oder gar über mehrere Jahre ändert. Dazu hat ein Team von russischen und amerikanischen Kollegen vor zwei Jahren nördlich von Franz-Josef-Land eine sogenannte Verankerung ausgelegt. Internationale Kooperation ist in der Arktis ein Muss, und so sind wir selbstverständlich der Bitte der Kollegen nachgekommen, auf unserer Expedition ihre Verankerung wieder zu bergen.

Eine Verankerung bietet die Möglichkeit, Messungen an einem festen Ort im Ozean über einen langen Zeitraum zu betreiben. Dazu werden Instrumente, die z.B. die Strömung, Temperatur und Leitfähigkeit (für die Salzgehaltsbestimmung) messen und intern aufzeichnen, an einer Leine eingehängt. Die Leine wird durch ein Grundgewicht am Meeresboden festgehalten und steht durch Auftriebskörper senkrecht in der Wassersäule. Um Verankerungen zu bergen, gibt man ein akustisches Kommando an einen Auslöser, der das Grundgewicht freigibt, so dass der Auftrieb die Verankerung an die Oberfläche bringt.

Ein solches Signal haben wir zwar gegeben, aber leider erschien die Verankerung nicht an der Oberfläche. Durch eine Überfahrt mit dem Echolot konnten wir feststellen, dass die Verankerung tatsächlich gar nicht ausgelöst hat und noch am Boden festsaß! Nun kam die große Stunde der Besatzung: Durch ein sorgfältig ausgetüfteltes Manöver und filigrane nautische Arbeit konnte sie die Verankerung mit einer Leine, vom Schiff und einem Beiboot durchs Wasser gezogen, einfangen und wohlbehalten Instrumente und zwei Jahre Datenausbeute an Bord bringen.

Bei 82°N haben wir die Eisgrenze passiert und innerhalb der nächsten Stunden gleich den ersten Eisbären nahe beim Schiff gesehen. Das war ein feiner warnender Hinweis für die erste Test-Eisstation am Donnerstag, bei der die erfahrenen Eisforscher die zahlreichen DoktorandInnen und StudentInnen darin einwiesen, wie man einen Eiskern erbohrt, und was bei der Probenahme auf, im und unter dem Eis zu beachten ist. Nämlich, dass bei aller Sorgfalt bei der Probenahme die Sorge für die Probennehmer und damit eine aufmerksame Eisbärenwache noch wichtiger ist.

Freitagabend war der letzte Abgabetermin für unsere Eiswette: Wie gering wird in diesem Jahr das saisonale Eisminimum ausfallen? 2007 gab es im September mit 4.14 Millionen Quadratkilometer das absolute Minimum, seit Satelliten die Messung der Eisausdehnung überhaupt ermöglichen – um 40 % hat sie seit 1979 abgenommen. Wird die Eisdecke dieses Jahr noch weiter schrumpfen? Die Bandbreite unserer abgegebenen Tipps ist groß. Wetten Sie zuhause mit!

Ich grüße alle ganz herzlich im Namen unserer ganzen Truppe, der es gut geht!
Ursula Schauer

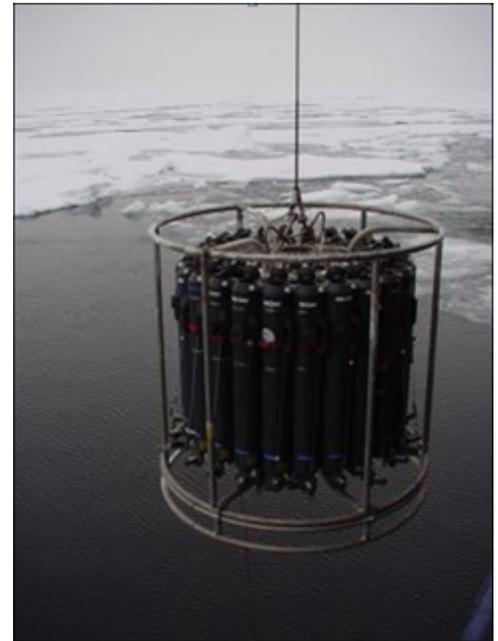
ARK-XXVI/3, Wochenbericht Nr. 2

14. – 21. August 2011

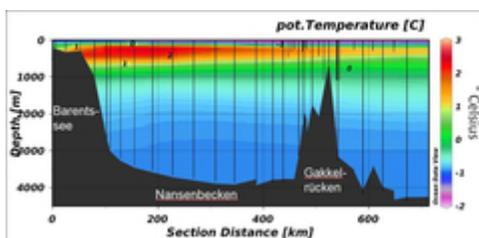
Vor- und Nachteile von mürbem Eis

Das Ziel unserer Expedition ist es, die Veränderungen in der Arktis zu erfassen. Aber wie in jedem Ozean sind auch in der Arktis die räumlichen Unterschiede groß, weit größer als die zu erwartenden zeitlichen Schwankungen. Alleine die Werte der Meereisdicke reichen von offenem Wasser in den südlichen Schelfmeeren bis zu 4 bis 5 m vor Grönland, wo der Wind Eis, das schon viele Jahre durch die Arktis treibt, zusammenschiebt. Das Ozeanwasser ist sehr salzarm im pazifischen Sektor und in den Schelfmeeren, wo die großen sibirischen und nordamerikanischen Flüsse münden, und es ist salzreich im atlantischen Einstrombereich. Ähnlich starke Gradienten gibt es in den geochemischen und biologischen Parametern. Da wir nicht die gesamte Arktis vermessen können, fahren wir wenige Strecken entlang solcher Gradienten ab und vergleichen unsere Aufnahmen mit denen früherer Expeditionen.

In der vergangenen Woche haben wir uns entlang von 60°E weit nach Norden vorgearbeitet, wobei uns die nicht sehr kompakte Eisdecke gut vorankommen ließ. Wir querten das Nansenbecken und den Gakkelerücken – das ist die Verlängerung des Mittelatlantischen Rückens in der Arktis - und dann das nächste, das Amundsenbecken. Dabei kreuzten wir mehrfach das Stromband atlantischen Wassers, das sich entgegen dem Uhrzeigersinn an den topographischen Strukturen (Kontinentalhänge und Rücken) entlang in Richtung Framstraße zwischen Grönland und Spitzbergen bewegt, wo es die Arktis wieder verlässt. Auf diesem Weg kühlt sich das Wasser ab, vermischt sich mit salzarmem Wasser und sinkt teilweise in tiefere Schichten ab. Es gibt auch nicht nur einen Stromarm atlantischen Wassers, sondern zwei, die in der Arktis ein sehr unterschiedliches Schicksal erfahren und daher anhand ihres Salzgehalts, ihrer Temperatur und vieler anderer Parameter gut zu unterscheiden sind. Gleichzeitig geben diese Parameter Auskunft darüber, welchen Umwandlungsprozessen das Wasser unterworfen war.



CTD-Sonde mit Wasserschöpfern. Foto: Benjamin Rabe, Alfred-Wegener-Institut



Verteilung der Temperatur auf einem Schnitt durch den Arktischen Ozean entlang von 60°E.

Für die Lage des Schnittes siehe

up.physik.uni-bremen.de/amsr/Polarstern_visual.png

Graphik: Benjamin Rabe, Alfred-Wegener-Institut

Um uns ein „Bild“ von diesen Entwicklungen und ihren möglichen Veränderungen zu machen, haben wir im Abstand von ca. 30 km das Wasser von der Oberfläche bis zum Boden beprobt. Zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Wassers messen wir vom Schiff aus mit elektronischen Sensoren in einem so genannten CTD-System (Conductivity, Temperature, Depth) ein Vertikalprofil von Temperatur, Druck, elektrischer Leitfähigkeit (daraus wird der Salzgehalt abgeleitet), Sauerstoff, Fluoreszenz und Trübung etwa im Zentimeterabstand. Die CTD-Sonde ist durch ein Einleiterkabel direkt mit dem Rechner im Labor verbunden, so dass wir dort am Bildschirm das Profil bis in drei- oder viertausend Meter Tiefe unmittelbar verfolgen und uns ein erstes Bild von der Schichtung der Wassermassen machen können. Die aktuelle

Vertikalverteilung etwa der Temperatur und der Fluoreszenz vor Augen, können Chemiker und Planktologen entscheiden, aus welcher Tiefe sie Wasserproben haben wollen. Denn die CTD-Sonde ist mit einem Kranz von Wasserschöpfern kombiniert, die gezielt geschlossen werden können. Aus diesen Wasserproben wird in den Bordlaboren eine Fülle von weiteren Parametern bestimmt. Eine Serie solcher Profile im Abstand von wenigen Kilometern gibt die Verteilung der gemessenen Parameter auf einem Querschnitt durch den Ozean. Unser Schnitt entlang 60°E zeigt ein erstes Ergebnis: Der atlantische Einstrom ist seit 2007 etwas kälter geworden!

Ein bisschen Kummer macht uns das Wetter. Seit wir im Eis sind, schaufeln Tiefdruckgebiete feuchte warme Luft in die hohe Arktis und so haben wir die Sonne nur noch halbstundenweise gesehen. Stattdessen gibt es Nebel und tiefliegende Wolken und damit ist die Sicht so schlecht, dass unsere Hubschrauber nicht fliegen können. Und so kommt ein wichtiger Teil unseres Programms, die Eisdickenmessungen mit dem so genannten EM-Bird, nicht so recht zum Zuge. Die Eisdicke kann man am einfachsten ermitteln, indem man ein Loch ins Eis bohrt. Auf diese Weise erhält man natürlich nur Punktmessungen, die bei der stark strukturierten Eisdicke (die Bandbreite geht auf einer einzelnen Scholle über mehrere Meter) kaum aussagekräftig für größere Gebiete. Das andere Extrem sind Satellitenbeobachtungen, die aber bezüglich der Eisdickenmessung z.B. durch die Mission Cryosat, noch mit sehr großen Unsicherheiten behaftet ist. Desto wichtiger ist die Zwischenstufe, die wir hier an Bord betreiben, indem wir das gleiche Messprinzip verwenden wie der Satellit, aber die Eisphysiker an Bord betreiben es von einem Hubschrauber aus oder gar von einem Kanu direkt auf einer Eisscholle.

Derzeit ist es allerdings nicht so einfach, überhaupt eine geeignete Scholle für Eisarbeiten zu finden. Das Eis ist übersät mit Teichen, die zwar hübsch aussehen, aber die Schollen mehr und mehr porös gestalten. Das Teichwasser ist geschmolzenes Meereis. Das meterdicke Meereis taut im Sommer an der Oberfläche auf. Selbst ein sehr flacher Schmelztümpel reflektiert die Sonneneinstrahlung (auch die durch Wolken) schon nicht mehr so stark wie die verwitterte weiße Eisoberfläche, sondern er absorbiert die Energie, was das Schmelzen noch verstärkt.

Solche durchlöchernten Schollen sind viel instabiler als durchgehend gefrorene und beim Versuch mit dem Schiff an einer mit Schmelztümpeln übersäten Scholle anzulegen, bricht sie natürlich schneller entzwei. Für die zweite große Eisstation am Freitag haben wir 5 Stunden nach einer geeigneten Scholle gesucht ... Schlussendlich erfüllte eine Scholle dann alle Anforderungen: stabile Kante zum Anlegen des Schiffs mit der Backbordseite, Wind von der richtigen Seite um das Schiff stabil zu halten, hinreichend offenes Wasser auf der Steuerbordseite um parallel CTD-System und Netzen fahren zu können – und vor allem die diversen Anforderungen für die umfangreichen physikalischen, biologischen und chemischen Untersuchungen. Davon ausführlicher im nächsten Bericht; jetzt fahren wir erst einmal zum Nordpol.



Nebel und Schmelztümpel, Schmelztümpel und Nebel. Foto: Gruppe Meereisphysik, Alfred-Wegener-Institut

Beste Grüße von allen an Bord,
Ursula Schauer

ARK-XXVI/3 Wochenbericht Nr. 3

22. – 28. August 2011

Am Nordpol und umzu

Am 22. August 2011 erreichte Polarstern den geographischen Nordpol. Die Steuerfrau fuhr durch ein dichtes Schollenfeld langsam die Position 90°N an und um 9h 42 stoppte sie auf, als sich das Schiff genau auf dem Pol befand. Die Kompassanzeige drehte sich ordnungsgemäß wild im Kreis, und viele andere Displays konnten nun zeigen, ob ihre Software 90°N im Repertoire hat oder nicht. Auf dem Peildeck über der Brücke herrschte großer Auftrieb, es gab Sekt, glückliche Gesichter und gefühlte fünfhundert Fotos.

Da einige Besatzungsmitglieder schon drei- oder doch wenigstens zweimal mit Polarstern am Nordpol gewesen waren, gab aber auch gelassenerer Gesichter unter den Partygästen. Im Zehnjahresabstand war Polarstern hier: 1991 in Begleitung des schwedischen Eisbrechers Oden und 2001 zusammen mit dem amerikanischen Eisbrecher Healy.

Unmittelbar am Nordpol gab es keine passende Eisscholle für unsere Eisarbeiten und so mussten wir ca. eine Meile entfernt unsere Arbeit aufnehmen. Dort gab es natürlich auch Feierlichkeiten, die Vorbereitungen dazu liefen schon seit Tagen: ein Wegweiser mit Schildern und der Entfernung zu allen Heimatorten wurde gebastelt, Fahnen wurden gebügelt, der Koch hatte ein Ferkel aufgetaut. Selbstverständlich schien nach zwei Wochen Fahrt im Nebel die Sonne über der schönen Eislandschaft, als wir uns am Nordpol aufhielten.



Nordpolanzeige Foto: Daniel Scholz, Alfred-Wegener-Institut



Polarstern am Nordpol. Foto: Sergey Pisarev / Alfred-Wegener-Institut

Die Scholle mit ihren Arbeitsgruppen auf der Backbordseite, die Arbeiten im Wasser auf der Steuerbordseite des Schiffs, mit dieser zeitökonomischen Aufteilung arbeiten wir den gesamten Schnitt entlang und so auch am Nordpol. Neben der CTD kamen auch die Netze der Zooplanktonforscher zum Einsatz. Die Zooplanktologen freuten sich auch über die Station am Nordpol, die ihren langen Schnitt quer durch die Arktis ergänzte in einer Region, in der bisher keine Daten gesammelt wurden. Um zu sehen, wie weit sich die Zooplankter in den einzelnen arktischen Becken unterscheiden, werden auf jeder Station Bilder bestimmter Arten von Ruderfußkrebse gemacht, an denen die Ölsackgröße gemessen wird. Weibchen werden in speziellen Behältern inkubiert, um zu sehen, ob sie genügend Futter gefunden haben, um Eier zu produzieren.

Inzwischen wurden über 100 verschiedene Arten gefunden. Dabei half besonders die Möglichkeit, mit unserem größten Netz bis dicht über den Boden Proben zu nehmen. Von jeder Art werden Organismen konserviert zur genetischen Analyse und Vervollständigung einer seit einigen Jahren laufenden Dokumentation der arktischen Biodiversität. Gleichzeitig werden Photos lebender Tiere gemacht, die von der Vielfalt der Lebensformen im Meer zeugen, und die eingehen in eine visuelle Bibliothek des arktischen Zooplanktons, die allgemein zugänglich sein soll.

Unsere Fahrtroute ging nach der Station am Nordpol fast geradeaus weiter: entlang 60°E waren wir gekommen, entlang 115°W fuhren wir noch einige Meilen. Bei 89°N wurde das Eis dann aber so dicht und dick, dass sich unsere Durchschnittsgeschwindigkeit am Donnerstag auf 1 kn reduzierte - selbst zu



Xenia Kosobokova beim Sortieren von Ruderfußkrebse. Foto: Ursula Schauer, Alfred-Wegener-Institut

Fuß wäre man schneller. Also wichen wir nach Westen aus - und in der Tat, nach wenigen Meilen wurde das Eis wieder passierbarer und wir können unsere Planung wieder aufnehmen, ein beträchtliches Stück in den kanadischen Teil der Arktis vorzustoßen. Wie weit wir wohl kommen werden? Wir werden in der nächsten Woche berichten.

Mit den besten Grüßen im Namen aller,
Ursula Schauer

ARK-XXVI/3 Wochenbericht Nr. 4

29. August – 4. September 2011

Von Pol zu Pol

Vorige Woche berichteten wir von unserem Besuch am geographischen Nordpol; diese Woche passierten wir den magnetischen Südpol, der zurzeit nördlich von Kanada bei 84°N liegt. Während der erstere mit Sekt, einem Festmahl und einer sonnigen Eisstation gefeiert wurde, passierten wir den letzteren ohne Aufheben still bei Nacht, aber dennoch führt er seither zu allerhand Kopfzerbrechen und genervten Mienen. Denn der magnetische Südpol stört viele unserer Messungen - alle diejenigen, die auf eine Kompassangabe angewiesen sind. Das sind Strömungsmessungen, die neben dem Betrag die Richtung der Geschwindigkeit brauchen, und das ist zurzeit vor allem der Betrieb des kabelgesteuerten Unterwasserfahrzeugs „Alfred“, mit dem wir auf den Eisstationen messen, wie es unter dem Eis aussieht.

Von oben betrachtet stellt sich das Packeis des Arktischen Ozeans als eine große weiße Fläche dar, die durch Rinnen offenen Wassers und durch Eisrücken an zusammengepressten Schollenrändern gegliedert ist. Allgemein reflektiert diese Fläche ca. 90% der einfallenden Sonneneinstrahlung. Meereis hat also eine hohe Albedo, anders als das offene Wasser, welches nur ca. 7% reflektiert und den Großteil der Energie absorbiert.

Doch was passiert mit dem Anteil der Sonneneinstrahlung, der nicht von der Eisoberfläche reflektiert wird? Wie viel davon wird z. B. zur Erwärmung von Schnee und Eis und schließlich zum Schmelzen verbraucht? Wie viel Licht, und damit Energie, erreicht die untersten Schichten des Meereises und die oberste Schicht des Ozeans und steht dort als Energiequelle für Organismen, z.B. deren Photosynthese, zur Verfügung? Wie verändert sich neben der Menge des Lichtes seine Farbe (das Spektrum) auf dem Weg von der Atmosphäre in den Ozean?

Die Menge des Lichtes unter dem Eis hängt vor allem von der Menge und den physikalischen Eigenschaften des Schnees auf dem Meereis ab, aber auch von den Eigenschaften des Meereises selber. Natürlich spielt auch die Dicke des Meereises eine Rolle - besonders jetzt im Sommer, wenn der Schnee geschmolzen ist. So können mit den Eis- und Schneeparametern die Menge und Farbe des Lichtes unter dem Eis innerhalb weniger Meter stark variieren. Schmelztümpel und offenes Wasser fungieren geradezu als „Fenster zum Ozean“.

Obwohl Strahlungsmessungen im eisbedeckten Ozean die Grundlage für die Behandlung der physikalischen und biologischen Fragestellungen sind, gibt es bislang nur sehr wenige Untersuchungen. Ein wesentlicher Grund ist, dass solche Messungen unter Schnee und Meereis wesentlich aufwändiger und schwieriger sind als an der Oberfläche. Flächenhafte Messungen unter dem Eis, die für die Quantifizierung der geschilderten Phänomene notwendig sind, fehlen völlig.

Die Meereisphysiker wollen mit ihrer Arbeit während TransArc dieser Lücke zu Leibe rücken. Während jeder Eisstation zieht die Gruppe über die Scholle, um großräumig Sonnenlicht (kurzwellige Strahlung) über und unter dem Meereis zu messen.



Das ROV wird vom Rand eines Schmelztümpels zu Wasser gelassen. Im Hintergrund sind das Kontrollzelt und der Referenzsensor auf dem Stativ zu sehen. (Foto: S. Hendricks)



Zwei ROV-Piloten während einer Messfahrt. Christian (vorne) steuert das ROV, Priska (hinten) kontrolliert die Sensoren und protokolliert das Profil. (Foto: M. Nicolaus)



Das ROV Alfred vor dem Tauchgang am Nordpol. Voraus liegen ein zugefrorener Schmelztümpel und mehrjähriges Meereis. (Foto: M. Nicolaus)

Unter dem Eis setzen sie „Alfred“ ein, ein kabelgesteuertes Unterwasserfahrzeug (engl. Remotely Operated Vehicle, ROV). Alfred ist mit Lichtsensoren für verschiedene Farben (Spektralradiometern) ausgestattet und wird über eine Schollenkante oder durch ein Loch im Eis betrieben.

Als besonders praktisch haben sich hierbei durchgeschmolzene Schmelztümpel in möglichst ebenem Eis herausgestellt. Zwei Piloten bedienen das ROV von einem Zelt auf dem Eis aus. Sie navigieren Alfred anhand von Videobildern und Sonarreflektionen und überwachen die Lichtsensoren. Zwei weitere Personen führen das 300 m lange Kabel auf dem Eis nach und halten nach Eisbären Ausschau. Neben den eigentlichen Lichtmessungen werden vor und nach den Tauchgängen des ROVs auch vielfältige Messungen und Beprobungen des Meereises durchgeführt. Die Analyse dieser Daten erlaubt dann eine direkte Verknüpfung von Eiseigenschaften und Lichtmessungen.

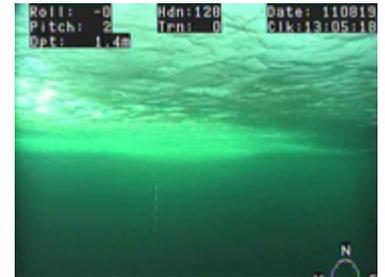
Bis einschließlich der Station am geographischen Nordpol haben die Messungen mit dem ROV- die ersten ihrer Art in der Arktis - hervorragend geklappt und die Eisphysiker haben Profile unter verschiedensten Eistypen aufgezeichnet. Zumeist fahren sie das ROV direkt unter dem Eis in 1,5 bis 5 m Tiefe, manchmal schicken sie es allerdings auch bis zu 50 m tief, um zu sehen, welches Lichtes dort noch ankommt. Dabei hat Alfred einige Presseisrücken unterquert und vor allem die Lichtunterschiede unter Eis mit und ohne Schmelztümpel registriert. Mit der Videokamera wurden neben der Navigation auch interessante Eindrücke von der Welt unter dem Meereis gewonnen - und nebenbei die an anderen Stellen der Scholle eingesetzten Geräte der Kolleginnen und Kollegen aus der ungewöhnlichen Unterwasserperspektive beobachtet.

Mit zunehmender Annäherung an den magnetischen Südpol wurde die Navigation jedoch schwieriger, denn sie beruht natürlich auch auf Alfreds Magnetkompass. Der ist auf horizontale magnetische Feldstärke angewiesen, aber in der Nähe des magnetischen Südpols verlaufen die Magnetfeldlinien mehr und mehr senkrecht. Wenn Alfred aber keine eindeutige Richtung mehr findet, fängt er zunehmend an zu torkeln; man könnte sagen, Alfred ist es regelrecht schwindelig - und dann kann er wie jeder andere natürlich nicht mehr vernünftig arbeiten.

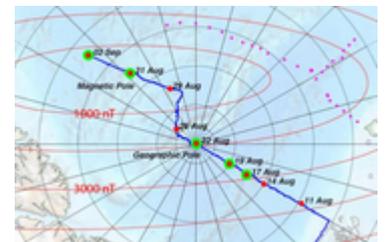
Aber die Meereisgruppe arbeitet unverdrossen daran, alternative Strategien zu entwickeln, um weiter Daten vom Licht unter dem Eis zu sammeln. Erste Erfolge der Bemühungen gab es am Freitag auf unserer südöstlichsten Station im Kanadischen Becken. Nun kehren wir um und dampfen zu einer russischen Driftstation, um dort Material abzuholen und die russischen Kollegen zu besuchen. Auf dem Wege dorthin werden wir den dritten Pol unserer Reise passieren, den „Pol der Unerreichbarkeit“, den am weitesten von allen Küsten entfernten Punkt der Arktis.

Beste Grüße von allen an Bord,

Ursula Schauer und Marcel Nicolaus (Beschreibung der ROV-Messungen)



Unterwasseraufnahme des ROV während einer Messfahrt unter ebenem Meereis. Im Hintergrund dringt mehr Licht durch das Eis, da dort ein Schmelztümpel liegt. Der Marker ist 1 m lang, die Streifen sind 10 cm lang. (Foto: AWI Meereisphysik)



Karte des Erdmagnetfelds (Horizontale Intensität des Hauptfelds, Quelle: NOAA/NGDC & CIRES, www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM) mit den bisherigen Eisstationen (rote Punkte) während TransArc. Grüne Kreise: Stationen mit ROV-Einsatz, rosa Punkte: geplante weitere Stationen, blaue Linie: bisherige Route von Polarstern. Die rote Linie ist die horizontale magnetische Feldstärke. (Graphik: M. Nicolaus)

ARK-XXVI/3, 5. Wochenbericht

5. – 11. September 2011

Gas- und Edelsteinfunde im Eis

Das Highlight der letzten Woche gab es bereits am Dienstag mit dem Besuch der russischen Driftstation NP38. Seit 1937 betreibt die Sowjetunion und betreibt heute Russland kontinuierlich bemannte Messstationen auf dem driftenden Meereis. Auf der jetzigen Station leben und arbeiten 16 Personen, zum Teil seit letztem September, einige „erst“ seit April. Hier ist auch ein Kollege aus dem AWI-Potsdam eine Zeitlang mitgefahren und sein Material lagerte noch auf der Station. Da die Station auf unserer Route lag, bot sich ein Besuch an, um das Material abzuholen. Nach einer nächtlichen Eisstation (nächtlich für uns, da unsere Bordzeit MEZ ist; also ist bei 160° Ost nachts der höchste Sonnenstand) startete am Morgen ein reger Hubschrauberverkehr, um jeweilige Besucher zwischen Polarstern und NP38 hin- und her zu fliegen.

Mit Stolz wurden uns die sehr einfachen, aber vortrefflich praktischen Einrichtungen für das umfangreiche Beobachtungsprogramm vorgeführt, das in vielem unserer eigenen Arbeit entspricht – tägliche Temperatur-, Salzgehaltsmessungen, kontinuierliche Strömungsregistrierung, aber auch Analysen von im Wasser gelösten Stoffen; dazu Eisuntersuchungen, Strahlungsmessungen und natürlich meteorologische Beobachtungen. Es stimmt umso trauriger, dass die Datenpolitik des verantwortlichen russischen Instituts den sonst überall freien Datenaustausch nach wie vor unterbindet und die mit so viel Einsatz und Sorgfalt gewonnenen Messdaten, die ein wertvoller Beitrag zur internationalen Arktisforschung wären, nun lediglich in unzugänglichen russischen Berichten abgeheftet werden.

Nach dem Besuch ging es auch für uns weiter durch die weiße „Wüste“ Meereis, die jedoch aus der Nähe oder gar durch ein Mikroskop betrachtet, eine komplexe und vielfältig strukturierte Matrix offenbart, die einen besonderen Lebensraum darstellt, mit dem sich an Bord u.a. die Biogeochemiker beschäftigen.

Meereis entsteht im Herbst und Winter, wenn die Temperatur des Meerwassers durch atmosphärische Abkühlung etwa $-1,89^{\circ}\text{C}$ erreicht. Als erstes bilden sich winzige Eiskristalle, die aus reinem Süßwasser bestehen. Das Salz bleibt im Wasser zurück. Die Kristalle sind leichter als das Meerwasser und treiben an die Oberfläche, wo sie mit der Zeit zu einer festen Eisdecke zusammenfrieren. Das umgebende Wasser wird immer salziger und dadurch spezifisch schwerer. Ein Teil bleibt zwischen den Kristallen gefangen, ein anderer Teil des schwereren Wassers sinkt in die Tiefe, wo es sich als kaltes Tiefenwasser im gesamten Arktischen Ozean ausbreitet und letztendlich auch in andere Ozeane vordringt. Bei anhaltend niedrigen



Abb. 1: Angeregtes Gespräch vor den Wohn- und Arbeits-hütten der Driftstation (Foto: Ollie Zenk).



Abb. 2: Gastlichkeit in der NP38-Messe (Foto: Laura Wischniewski)



Lufttemperaturen wird die Eisdecke dicker – in einem typischen Winter um ca. einen Meter. Einiges Salzwasser sammelt sich dabei zwischen den Kristallen in Laugenkanälen und –taschen an, in denen es mit sinkender Temperatur immer salzreicher wird, dabei aber nie gefriert.

Bis vor kurzem glaubte man, das Meereis würde wie ein Deckel auf dem Ozean liegen und die Atmosphäre von dem darunter liegenden Wasser abschotten. Heute wissen wir, dass dies nicht der Fall ist und dass sowohl physikalische als auch chemische Wechselwirkungen zwischen Eis, Ozean und Atmosphäre stattfinden. Im Meereis selbst, in den Laugenkanälen und -taschen, wird im Laufe des Jahres eine regelrechte kleine Gasfabrik aufgebaut. Insbesondere im Frühjahr entwickelt sich eine „endemische“, an die eisigen Bedingungen besonders gut angepasste Lebensgemeinschaft, die hauptsächlich aus Mikroalgen und Bakterien besteht und die durch ihren Stoffwechsel neben direkten Veränderungen an ihrem Lebensraum auch einen Gasaustausch zwischen Atmosphäre und Ozean bewirkt.

Viele der Produkte aus den Gefrier- und Stoffwechselprozessen, z. B. die Gase Sauerstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Dimethylsulfat und Methan haben direkt oder indirekt Auswirkungen auf unser Klima. Im Sommer wird das Meereis durch erhöhte Sonneneinstrahlung und steigende Wassertemperaturen wärmer; ein Teil schmilzt – noch beschleunigt durch das konzentrierte Salzwasser in den Kanälen – und das Eis wird dadurch dünner. Das Salzwasser sickert aus dem Meereis und mit ihm die Produkte der Stoffwechselprozesse seiner Bewohner. Das geschmolzene „süße“ Meereis bildet direkt unter dem verbleibenden Eis eine Wasserschicht, die leichter ist als das darunter liegende Meerwasser. Den Übergang zum „normalen“ Meerwasser bildet eine relativ stabile Schicht in einer Tiefe von etwa 25 bis 30 Metern. Diese stabile Schicht isoliert die Untereis-Wasserschicht und das Eis vom darunter liegenden Ozean und verhindert damit, dass sich die Stoffwechselprodukte aus ihrer Untereis- Wasserschicht heraus nach unten „verdünnen“.

Zunächst vermessen wir also mit einer CTD-Sonde die durch den unterschiedlichen Salzgehalt entstandene Schichtung, um dann in ausgesuchten Wassertiefen Proben für weitere Analysen zu entnehmen. Zur Probennahme wird eine so genannte „Niskin“-Flasche offen in die Zieltiefe gelassen und dann wird ihr Verschluss mit einem herunterfallenden Gewicht ausgelöst. Die Wasserproben werden anschließend in den Bordlaboren auf die verschiedenen Gase sowie den Gehalt an gelösten anorganischen und organischen Substanzen und ihre bakterielle Aktivität hin untersucht oder für weitere Analysen in den Heimplaboren konserviert.

Auch das Meereis selbst wird mittels Eiskernbohrern beprobt. Die Eiskerne werden geschmolzen und dann ähnlich wie das Wasser aufbereitet um auch darin die verschiedenen chemischen Produkte zu bestimmen.

In den letzten Tagen ist es drastisch kälter geworden und bei Lufttemperaturen um minus acht Grad bildete sich das erste Neueis. Bei der Bildung von Meereis kommt es unter bestimmten Voraussetzungen zur Fällung von Ikait, einer besonderen Kalziumkarbonat-Kristallform ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Dabei wird das Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt. Ikait wurde mittlerweile in großen Mengen im antarktischen Meereis gefunden. Werden diese Kristalle auch in der Arktis produziert und sehen wir damit einen grundsätzlichen Vorgang bei der Eisbildung oder bedarf es dazu spezieller nur in der Antarktis gegebener Verhältnisse? Die Antwort ist da: wir haben im 5 Zentimeter dicken Neueis die ersten Ikaitkristalle gefunden. Um den Prozess nun besser zu verstehen und die produzierte Menge an CO_2 abzuschätzen, werden CaCO_3 -Kristalle aus geschmolzenen Eisproben unter dem Binokular dokumentiert, bevor sie für weitere Analysen im Heimatlabor konserviert werden.



Abb. 4: Die Arbeitsgruppe Biogeochemie beprobt mit einer „Niskinflasche“ das Wasser direkt unter dem Eis. Von links: Nicolas Cassar, Ellen Damm, Gerhard Dieckmann, Laura Wischniewski, Eva Kirschenmann, Cristophe Boissard, Claudia Burau (Foto: Daniel Scholz).



Abb. 5: Ikaitkristall unter dem Binokular (Foto: Erika Allhusen).

Beste Grüße von allen an Bord,
Ursula Schauer, Gerhard Dieckmann und Ellen Damm (für die Biogeochemie)

ARK-XXVI/3, Wochenbericht Nr. 6

12. September – 18. September 2011

Während uns von daheim die aufgeregten Meldungen erreichen, dass die Meereisausdehnung in diesem Sommer nach 2007 das nächste Rekordminimum erreicht hat; oder vielleicht erreichen wird; oder auch, dass nur am Tag x 2011 die Ausdehnung geringer war als am Tag y 2007; währenddessen also arbeiten wir uns durch den noch verbliebenen stattlichen Rest nach Süden und nehmen die olympische Rekordjagd nicht ganz ernst. Die sommerliche Meereisdecke nimmt ab - dieser langfristige Trend ist ganz offenbar ungebrochen, egal ob die dritte Nachkommastelle zu einem Medienhype taugt oder nicht.

Die Gruppe der Meereisbiologen widmet ihre Arbeit den Stoffumsätzen der Organismen, die im Eis leben. Diese Kleinstlebewesen sind Spezialisten in der Anpassung an extreme Veränderungen ihres Lebensraumes, der durch starke Schwankungen des Salzgehalts und der Temperatur sowie durch sehr geringes Licht gekennzeichnet ist. Zu dem Verband gehören auch die Ökosysteme unter dem Eis, die von dem Nahrungsangebot aus dem Eis leben.

Schon immer müssen die Eisorganismen mit zwei Typen von Eis klar kommen: mit mehrjährigem, also jenem, das den Sommer überdauert und ihnen damit eine dauerhafte Bleibe bietet, und mit einjährigem Eis, das erst im letzten Winter gefror und dann neu besiedelt werden konnte. Was geschieht mit den Ökosystemen, wenn ihnen ihr Lebensraum über mehrere Monate abhandenkommt? Und woher und wie entwickelt sich in jedem Herbst das Ökosystem in den riesigen Flächen neu entstehenden Eises? Diese Frage nimmt an Brisanz zu, je weiter das mehrjährige Eis, das wir jetzt in der Zeit des Jahresminimums finden, abnimmt. Die Unterschiede in den Ökosystemen von mehrjährigem und einjährigem Eis und dem von offenem Wasser stehen auch für Unterschiede in der Kohlenstoffspeicherung im Ozean und die Abnahme der Eisbedeckung hat möglicherweise auch aus diesem Grund Auswirkungen auf das Klima.

Neben der Untersuchung der Organismen und ihrer Stoffumsätze selber, gibt es eine ganz andere Methode, um das Algenwachstum und das Absinken der Überreste mit dem darin gebundenen Kohlenstoff in den verschiedenen Lebensräumen zu ermitteln: nämlich, die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration im Verhältnis zur Argonkonzentration. Denn durch die Photosynthese der Algen wird Sauerstoff freigesetzt, der durch andere Organismen wieder verbraucht wird. Sinken aber Organismen in die Tiefe, dann bleibt im Eis und im oberflächennahen Wasser ein Sauerstoffüberschuss, der irgendwann auch an die Atmosphäre abgegeben wird (und damit auch uns zum Atmen zu Gute kommt!). Eine Sauerstoffübersättigung in Oberflächennähe weist also auf Netto-Algenwachstum hin. Der Sauerstoffgehalt wird aber auch durch Abgabe an die Atmosphäre bestimmt, d.h. durch Temperatur, Wind und Wellen. Um nun die beiden Effekte, biologischen Auf- und Abbau und die Lösung aus der Atmosphäre zu trennen, wird der Sauerstoffgehalt mit dem Gehalt an Argon verglichen, ein Edelgas, das ein ähnliches Lösungsverhalten hat wie Sauerstoff, mit dem die Organismen aber nichts anfangen können.

Aber um daraus auch eine Exportrate zu ermitteln, die das Algenwachstum und das Absinken der Überreste beschreibt, muss noch eine zeitliche Komponente ins Spiel kommen. Dafür sorgt die Gruppe der



Im Eis macht sich Plankton farblich bemerkbar. (Foto: O. Serdeczny)



Verarbeitung der Eiskernproben auf dem Eis. (Foto: C. Boissard)



Wasserproben für die Thoriumanalyse werden unter dem Eis hervorgepumpt. (Foto: G. Dieckmann)



Mikroskopische Aufnahme von Algenansammlungen in einem Schmelztümpel. Im Zentrum der Abbildung sieht man die beiden Schalenhälften einer großen Kieselalge. (Foto: I. Peeken)

Geochemiker, die dafür die Radioaktivität von Uran und Thorium nutzen. Beide sind natürliche Elemente der Umwelt. Sie sind radioaktiv und erzeugen bei ihrem Zerfall Isotope, die auch radioaktiv sind. Uran ist im Meerwasser relativ gut löslich und ist sogar eine Komponente des Meersalzes. Deshalb sind auch alle Zerfallsprodukte von Uran, die sogenannten Tochternuklide, im Meerwasser vorhanden. Eine Tochter von Uran ist Thorium-234, das ebenfalls zerfällt. Im ungestörten Fall wäre die Aktivität der beiden gleich. Allerdings bindet sich Thorium im Gegensatz zu Uran schnell an vorhandene Schwebstoffe jeglicher Art, und wenn diese absinken, sinkt auch das Thorium ab. Wir sehen dann eine Abreicherung von Thorium im Vergleich zu der Konzentration, die wir aus dem Urangehalt erwarten. Diese Abreicherung von Thorium machen sich die Geochemiker zunutze, um den Export von Stoffen aus der Deckschicht in die Tiefen des Ozeans zu ermitteln.

Aus einer Expedition im Jahr 2007 wissen wir, dass überall in den Schelfgebieten, wie in der Barentssee und in der Laptewsee, erheblicher Stoffexport stattfindet, dass die Exportrate in der eisbedeckten zentralen Arktis aber extrem niedrig ist. Die Geochemiker wollen nun gemeinsam mit der biologischen Gruppe untersuchen, ob es lokal, vielleicht in eisfreien Gebieten, zu höheren Wachstums- und Exportraten kommt.

Um die gemeinsamen Fragestellungen nach den Organismen, den Ökosystemen und der damit verbundenen biologischen Kohlenstoffspeicherung in den unterschiedlichen Lebensräumen von mehreren Seiten her anzugehen, nehmen also die Biologen und die Geochemiker Proben aus dem Wasser unter dem Eis, bohren Kerne aus dem Eis, und untersuchen die Verhältnisse in Schmelztümpeln.

Ende der Woche wurde der Tatendrang leider ausgebremst, da wir innerhalb der russischen Wirtschaftszone (200 Meilen vor der Küste) auf dieser Reise keinerlei Proben nehmen dürfen. Daran ändert leider auch die Tatsache nichts, dass dieses Jahr mit allerhand Pomp als deutsch-russisches Wissenschaftsjahr ausgelobt wurde. Aber nächste Woche haben wir noch einmal einige Stationen in internationalen Gewässern - in dem großen in diesem Jahr eisfreien Gebiet nördlich der Laptewsee.

Beste Grüße von allen an Bord,

Ursula Schauer (mit Ilka Peecken, Nicolas Cassar und Michiel Rutgers van der Loeff für die Biologie und Isotopenmessungen)

ARK-XXVI/3, Wochenbericht Nr. 7

19. September - 25. September 2011

Am Anfang dieser Woche ließen wir das Eis der Arktis endgültig hinter uns und begannen den letzten Teil des Stationsprogramms in der gänzlich eisfreien Laptewsee. Nach Wochen der heftigen Stöße, wenn dickere Schollen gegen den Bug von *Polarstern* bollerten, herrschte wieder Ruhe und eine sanfte Dünung begrüßte uns. Auf unserer Expedition 2007 hatten wir uns hier noch im September durch dünnes neugebildetes Eis bewegt - diesmal zeigte die im Kiel in 10 m Tiefe kontinuierlich gemessene Wassertemperatur über 3°C an – fast 5 Grad über der Temperatur, die wir in den letzten sieben Wochen gemessen haben: die Einstrahlung hatte die eisfreien Wasseroberflächen stark erwärmt und von Eisbildung ist weit und breit nichts zu ahnen.

Ist nun das Meereis stärker abgeschmolzen und damit auch *dünnere* als in den vergangenen Jahren? Diese Frage stellt sich vor allem der Arbeitsgruppe Meereisphysik an Bord. Seit mehreren Jahrzehnten kann die von Eis bedeckte Fläche in der Arktis mit Satelliten zuverlässig gemessen werden. Diese Daten zeigen einen Rückgang der eisbedeckten Fläche in der Arktis in den letzten Jahren; sie zeigen aber nicht, wie dick das verbleibende Meereis im Sommer war und ist.



Start eines Flugs zur Messung der Meereisdicke mit dem EM-Bird (rechts unten). Am Flug nehmen ein EM-Bird-Operator und ein Meereisbeobachter teil. Priska und Robert helfen beim Start des EM-Birds aus seiner Wiege. (Foto: A. Ulfsbo)



Bild des EM-Birds im Flug. Das Messinstrument wird vom Helikopter an einem 20 m langen Kabel in einer Höhe von etwa 10-15 Meter über die Meereisoberfläche geschleppt. (Foto: S. Hendricks)

Zahlreiche Anstrengungen wurden in letzter Zeit unternommen, um diese Lücke zu füllen und die Dicke des Meereises arktisweit zu bestimmen. So können etwa die Satelliten ICESat und CryoSat-2 die Höhe der Meereisoberfläche über dem Wasser messen, mit der die mittlere Dicke von Schollen berechnet werden kann. Allerdings verhindern die zahlreichen Schmelztümpel auf dem Meereis gerade im Sommer zum Höhepunkt der Eisschmelze die Messungen. Fahrten der *Polarstern* bieten daher den Meereisphysikern die seltenen Gelegenheiten die Meereisdicke im Sommer vor Ort zu untersuchen.

Dazu verwenden sie einen EM-Bird, ein 4 Meter langes Messinstrument, welches mit den bordeigenen Helikoptern über das Meereis geflogen wird. Das Kürzel „EM“ steht für Elektromagnetisches Induktionsverfahren, eine Methode aus der Geophysik, mit der die Schichtung der elektrischen Leitfähigkeit im

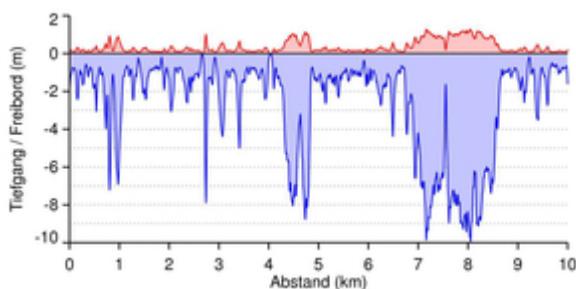
Untergrund bestimmt werden kann. Salziges Meerwasser leitet elektrischen Strom viel besser als das Meereis. Dieser Kontrast wird beim elektromagnetischen Induktionsverfahren ausgenutzt um die Dicke des Meereises schnell und zuverlässig aus der Luft zu bestimmen. Weil das Metall des Helikopters die Messungen stören würde, hängt das Instrument an einem 20 Meter langen Schleppkabel unter dem Helikopter. Während der Messungen befindet sich der EM-Bird in einer Höhe von 10 bis 15 Metern über dem Meereis. Typische Messflüge dauern etwa 2 Stunden und erstrecken sich über eine Länge von bis zu 200 km. Zwei Wissenschaftler bedienen den EM-Bird und dokumentieren die Meereissituation mit Luftbildern.

Da sich der Helikopter für diese Flüge weit vom Schiff entfernt und für lange Strecken im Tiefflug befindet, müssen die Wetterbedingungen entsprechend gut und stabil sein. Vor jedem Flug wird daher die Bordwetterwarte um Rat gefragt. Die Wetterbedingungen für einen EM-Bird-Flug sind klar definiert: Die Sicht muss mindestens 5 km betragen und die Wolken dürfen nicht tiefer als 300 m hängen. Leider traten diese Bedingungen nur selten auf, so dass an vielen Tagen kein Flugbetrieb mit dem EM-Bird stattfinden konnte.



Der seltene Anblick aus Sicht des Meereisbeobachters im Helikopter: Dickses, mehrjähriges Meereis unter blauem Himmel. Das alte und dicke Meereis ist gut zu erkennen durch die zerklüftete Oberfläche, welche sich über mehrere Sommer gebildet hat. (Foto: Sektion Meereisphysik)

An den wenigen Tagen mit gutem Flugwetter konnten die Meereisphysiker jedoch mit insgesamt 16 Flügen und über 2500 geflogenen Kilometern die Eisdicke in vielen Regionen der Arktis messen. Nach dem Flug werten die Wissenschaftler die Häufigkeit aller gemessenen Eisdicken aus. Besonders junges, einjähriges Meereis und älteres, mehrjähriges Meereis lassen sich gut in ihrer Dicke unterscheiden. Mehrjähriges Eis hat schon den vorherigen Sommer überdauert und ist daher deutlich dicker als das Eis, das sich erst im letzten Winter gebildet hat. In den vergangenen Jahrzehnten bestand das Meereis im Zentrum der Arktis im Sommer hauptsächlich aus alten dickeren Eisschollen.



Beispiel von Eisdickenmessung des EM-Birds von dünnem, einjährigem Meereis (Dicke: 1 - 2 m) mit eingefassten mehrjährigen Eisschollen (Dicke: 4 - 10 m). Freibord ist die Höhe des Eises über der Wasseroberfläche. (Abbildung: S. Hendricks)

Satellitendaten zufolge wurden sie dort in den letzten Jahren weitestgehend durch einjähriges Eis ersetzt. Tatsächlich fanden die Meereisphysiker bei den EM-Bird-Flügen am häufigsten einjähriges Eis vor und konnten nun dessen Dicke genau bestimmen. Lediglich auf unserem Ausflug ins Kanadische Becken und nahe den Nordsibirischen Inseln konnten nennenswerte Mengen von dickerem mehrjährigem Meereis beobachtet und vermessen werden.

Durch den Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit denen vorheriger Polarsternfahrten können wir nun erste Schlüsse über die Entwicklung der Meereisdicke ziehen. Die letzten Messungen mit dem EM-Bird von *Polarstern* aus fanden im Sommer 2007 während des Rekordminimums statt. Im Vergleich zu diesen Daten zeigt sich keine

Veränderung in der Häufigkeit verschiedener Eisdicken. Das Eis scheint nicht stärker abgeschmolzen zu sein - wie wir es etwa aus Meldungen von anderen Institutionen hören - sondern es ist so wie in den letzten Jahren sehr dünn, aber eben nicht dünner.

Dennoch finden die Meereisphysiker, dass auf dieser Fahrt der Anblick von altem mehrjährigem Meereis, insbesondere bei Sonnenschein, allzu selten war!

Mit herzlichem Gruß,
Ursula Schauer und Stefan Hendricks (für die Meereismessungen)



Route der Polarstern durch das Eis (graue Linie) und Flüge des EM-Birds (rote Dreiecke). Entlang großer Abschnitte waren aufgrund des Wetters keine Messungen mit dem EM-Bird möglich. Die weiße Fläche markiert die mittlere Meereisbedeckung während der Fahrt. (Abbildung: S. Hendricks)

ARK-XXVI/3, Wochenbericht Nr. 8

26. September - 2. Oktober 2011

Unsere Expedition geht zu Ende. Anfang der Woche erlebten wir ein Déjà-vu mit der Bergung zweier weiterer Verankerungen, die ähnlich wie die am Beginn der Reise nach Betätigung der Auslöser nicht von alleine an die Oberfläche kamen und daher per Bootsmanöver mit einer Schleppleine eingefangen werden mussten.

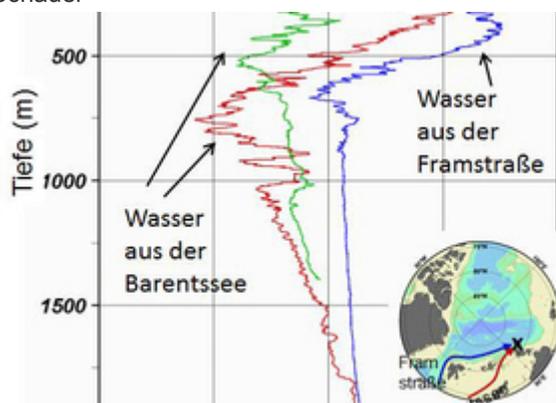
Auch diesmal mit Erfolg - und man darf behaupten, dass diese Verankerungen von keinem anderen Schiff als *Polarstern* und seiner Besatzung hätten geborgen werden können. Die erste Datensicht ergab, dass teilweise Zeitreihen über vier Jahre aufgezeichnet wurden. Damit stellte die Bergung dieser Verankerungen einen bisher einmaligen Schatz an Langzeitbeobachtungen im zentralen Arktischen Ozean sicher.

Spannende Messungen gab es noch zum Schluss in der Laptewsee, wo wir die eindrucksvollen Temperatur- und Salzgehaltskontraste beobachten konnten, die sich durch den Zusammenfluss zweier Stromarme entwickeln. Beide Stromarme stammen aus dem Atlantik, aber während der eine seinen Weg durch die Framstraße nimmt und seine hohe Temperatur und seinen Salzgehalt halbwegs beibehält, fließt der andere durch die flache Barentssee, wo er sich erheblich abkühlt und mit salzarmem Wasser aus den kontinentalen Abflüssen vermischt.

Wir haben durch unser großräumiges Beobachtungsnetz auf dieser Reise ausmachen können, dass sie sich weiter östlich wieder trennen und - anders als bisher angenommen - auf unterschiedlichen Pfaden den gesamten Arktischen Ozean durchströmen, um dann erst in der Framstraße wieder aufeinander zu treffen.

Anschließend traten wir die lange Heimreise an – verschönt durch einige wenige Nächte mit klarem Himmel und Nordlichtern. Mittlerweile aber kämpfen wir uns durch die zeitgemäßen herbstlichen Sturmtiefs im Nordatlantik und wir freuen uns, Mitte dieser Woche in Bremerhaven einzutreffen.

Mit einem letzten herzlichem Gruß von *Polarstern*,
Ursula Schauer



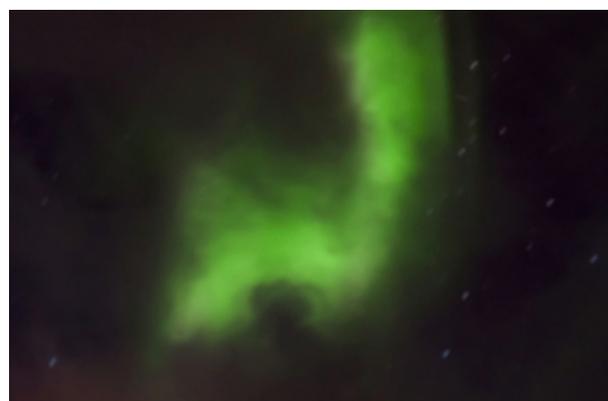
Salzgehaltsprofile in 20 km Abstand am Zusammenfluss von salzhaltigem Atlantikwasser, das durch die Framstraße einströmt, und stark ausgesüßtem Atlantikwasser, das durch die Barentssee einströmt. (Grafik: B. Rudels)



Zwei Besatzungsmitglieder kehren von einem zweistündigen Schlauchbootmanöver zurück, mit dem sie die Verankerungsbergung eingeleitet haben. (Foto: M. Hoppmann)



Ein profilierendes Messgerät wird nach der Aufnahme mit Süßwasser abgespült. Es hat vier Jahre lang Temperatur-, Salzgehalts- und Geschwindigkeitsprofile aufgezeichnet. (Foto: I. Waddington)



Nordlicht über Polarstern (Foto: M. Hoppmann)

The Expedition ARK-XXVI/3

Weekly Reports

[15 August 2011](#): Between boxes and containers

[22 August 2011](#): Pros and cons of mushy ice

[29 August 2011](#): At the North Pole

[5 September 2011](#): From pole to pole

[12 September 2011](#): Gas and gems in sea ice

[19 September 2011](#): The cycle of sea ice organisms

[26 September 2011](#): A sight getting rarer

[3 October 2011](#): Finish and sailing home

Summary and Itinerary

Tromsø - Bremerhaven (5 August – 7 October 2011)

The expedition ARK-XXVI/3 "TransArc" (Trans-Arctic survey of the Arctic Ocean in transition) serves to capture the physical, biological and chemical variations in the Arctic Ocean. While the retreat of the summer sea ice cover can be monitored from satellites, all other changes such as those of the thickness and properties of the sea ice, the water mass properties and the ocean circulation, as well as changed chemical and biological systems, have to be measured in-situ through repeated ice-breaker expeditions. Reduction of sea ice and ocean temperature, fresh water and circulation changes have significant impact on biogeochemical fluxes and ecosystem processes in the sea ice and in the entire water column.

During "TransArc" these interactions will be studied through measuring the respective parameters jointly on stations along gradients from the Eurasian Shelf Seas into the Canadian Basin and from the open ocean into the pack ice. Ship-borne observations will be comprehended by measurements with autonomous measurements obtained with ice-tethered and bottom moored instruments. This will greatly enhance the spatial and temporal coverage.

Four years after the International Polar Year 2007/08 "TranArc" constitutes the first repeat survey of the complex Arctic marine system. The repeat study will be complemented by sampling of sediment for geological and microbiological studies at the difficult to access Alpha-Mendeleyev-Ridge and the Gakkel Ridge.

The working program starts north of Franz Joseph Land. From there we will head north across the North Pole into western Canadian Basin. A long section will bring us back to the Eurasian Basin and into the shallow Laptev Sea from where we will return to Bremerhaven.

ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 1

5 August - 13 August 2011

On Friday, August 5, at 18:00 we left sunny Tromsø. The beautiful fjord landscape distracted us from the worry if all last minute freight sent to Tromsø really had made its way onboard - but of course everything was already safely stored by the cargo officer and the crew.

The summer accompanied us for a little while on our way to the Arctic, but we did not see much of it because unpacking had become the main priority. The start of every cruise is typically governed by mild chaos: labs are distributed and then traded again, as there is never enough space for everyone's needs. The containers are unloaded, and boxes are missing - just to be later found where they were supposed to be. Instruments are set up and usually do not function on first tests until after some minutes of calm troubleshooting. One day later, the chaos all over the working deck and labs has eased considerably, our comfort supported by a small low-pressure system that turned the sea surface from a mirror into smooth waves. Soon we conducted a test station for the CTD system and two plankton nets: everything went well.

The expedition "TransArc" (Transarctic survey of an ocean in transition) will take us for the next two months to the central Arctic Ocean. This ocean is one of the least explored regions on earth; still the heavy sea ice around the North Pole allows only ice-breaking vessels to get to the region, thus the grid of observations is still very sparse. At the same time, the Arctic hosts the strongest signals of climate change: its warming is twice as large as the global mean, and the sea ice cover is reducing rapidly.

With this expedition, 50 scientists, students and technicians intend to tackle the complex system jointly in an interdisciplinary approach. Participants come from Germany, Russia, France, Finland, Sweden and the USA. We are supported by 43 experienced crew members and an equally experienced helicopter team.

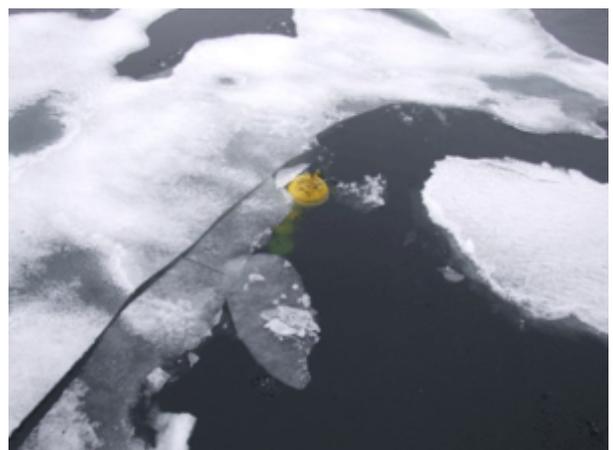
The focus of our work is the physical, biological and chemical changes of the Arctic Ocean. The decreasing ice cover, the warming of the ocean water and the shifting ocean circulation affect the heat and gas exchange between water, ice and atmosphere. These processes drive changes of the ecosystem of the sea ice and in the water column, from the surface to the sea floor. Four years after the International Polar Year 2007/08 (IPY 2007/08) we are repeating a large scale synoptic survey of the state of the Arctic Ocean. We will sample water, ice and sea floor from the shallow Siberian shelf seas up to the Canadian Basin, and from the open ocean into the pack ice. Additionally, we want to take sediment cores in the vicinity of the North Pole to provide insight to the long-term climate history of the Arctic.



The first polar bear was sighted. (Photo: E. Kilias)



Ice researchers on the way to the first test station. (Photo: E. Kilias)



Finally the top buoyancy appears between the ice flows. (Photo: I. Waddington)

The first oceanographic section started north of Franz-Josef-Land. Here the sea floor slopes steeply from 100 m to 3500 m depth. Along the steep slope flows a narrow band of warm Atlantic Water, coming from the Nordic Seas, through the Arctic Ocean. This very final weak extension of The North Atlantic current system that began in the Gulf Stream is an important heat source for the Arctic Ocean. We want to know how strong - and how warm - this current is, and how it changes with time. Therefore a team of Russian and American colleagues deployed a mooring north of Franz Josef Land two years ago. We have responded to the request of our colleagues to recover their mooring during our cruise, as international co-operation is essential in the Arctic.

Moorings such as the one we recovered record the variability of velocity and water properties at a fixed location over an extended period. The instruments are attached to a rope that is anchored at the bottom with a heavy ground weight, stretched tight upright by floats on the top. To recover the mooring an acoustic signal is sent to a trigger which releases the ground weight so that the mooring can rise to the surface. Although we transmitted the release signal several times, no mooring appeared at the surface. Through an echo sounder survey we finally determined that the mooring was still sitting on the ground and obviously the release had not worked! This was the big moment for the crew: with a sophisticated manoeuvre using a line, towed between *Polarstern* and a small boat, the mooring was snagged, all instruments were recovered and two years of measurements were safely brought on board

At 82°N we passed the ice edge and within the next hours we saw the first Polar Bear; an iconic reminder of the need for being cautious at the ice station work which started on Thursday.

Friday was the last day for submitting a proposal to our ice bet: What will be the value of the 2011 minimum of the sea ice extent? In September 2007 it has been only 4.14 Millions of square kilometres – the lowest ever observed value. Will it be even smaller this year? About half of the scientists are betting it will be!

Best regards by the whole team!
Ursula Schauer

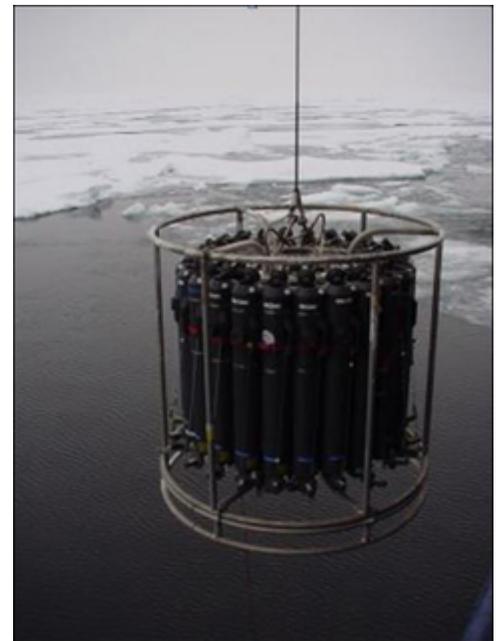
ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 2

14. – 21. August 2011

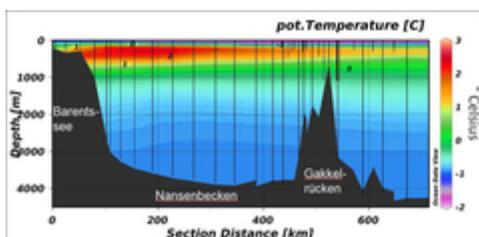
Pros and cons of mushy ice

The aim of our expedition is to document changes in the Arctic. However, as in every ocean the spatial gradients are large, much larger than any expected temporal changes. For example the sea ice thickness reaches from zero in open waters of the southern shelf seas to as much as 4 to 5 m off Greenland where the wind has piled the ice after it has drifted through the Arctic for many years. The ocean water has low salinity in the Arctic's Pacific sector, and in the shelf seas where the large Siberian and North American rivers drain. It is saline in the Atlantic inflow region. The geochemical and the biological parameters show similarly strong gradients. Since we cannot survey the whole Arctic Ocean, we conduct a few representative lines along such gradients, then compare these observations to those of earlier expeditions.

During the past week we made our way northward along 60°E. The loose ice allowed us to proceed at a relatively fast pace. We crossed the Nansen Basin and the Amundsen Basin, along with the Gakkel Ridge a prolongation of the Mid Atlantic Ridge into the Arctic that divides these two basins. We crossed several times the pathways of the Atlantic Water which flow in a counterclockwise loop along topographic structures such as the continental slopes and the ridges, ultimately toward the Fram Strait. In the Fram Strait between Greenland and Spitsbergen the Atlantic water finally leaves the Arctic Ocean. Along its travels the water cools, mixes with less saline water, and partly sinks to deeper layers. There are actually two Atlantic water branches that experience very different fates in the Arctic and therefore differ in salinity, temperature and many other properties. These parameters can tell us which modification processes the water has undergone.



CTD system with water sampler rosette Foto: Benjamin Rabe, Alfred Wegener Institute



Temperature distribution along 60°E in the Arctic Ocean. For the position see

iup.physik.uni-bremen.de/amsr/Polarstern_visual.png

Graphics: Benjamin Rabe, Alfred Wegener Institute

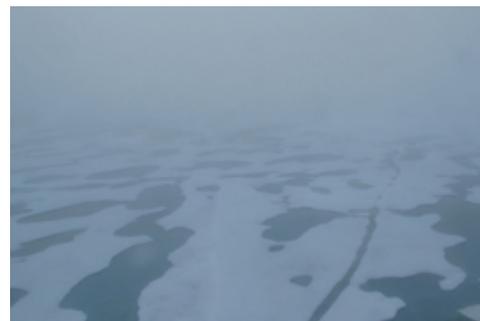
In order to get a "picture" of these spatial developments and their potential changes we sample water at about 30 km distance along our line, from the surface to the sea floor. To determine the water properties we use a CTD system to measure the vertical profile of electrical Conductivity (to derive salinity), Temperature and Depth, plus oxygen, fluorescence and turbidity. The steel cable carrying the CTD system has electrical wires inside so that data are available instantly on the computer in the lab, thus get an immediate picture of the layering of the water masses. Connected to the CTD system is a rosette of 24 water samplers which can be closed electronically at any depth. Looking at the current vertical distribution of the temperature and the fluorescence, chemists and planktologists can decide from which depth they want to take water samples.

From these samples a huge number of different parameters can be analyzed in the Polarstern labs. A series of such profiles gives us the distribution of the measured parameters on a section through the ocean. Our section along 60°E shows a first result: The Atlantic inflow became slightly colder since 2007!

Above the water, we remain a bit worried about the weather. Since the beginning of our research program, low pressure systems have brought moist warm air to the central Arctic and we have rarely seen the sun. Fog and low clouds prevail, and the visibility is so poor that our helicopters cannot fly. This hampers an important part of our programme – the measurement of ice thickness with a so called EM Bird. Ice thickness can be determined by drilling a hole through the ice – but this method is laborious and we obtain only point measurements that are not usually representative for larger areas. At the other extreme,

satellite observations cover huge areas telling us the extent of the ice, are but they are not yet very accurate for ice thickness. The gap is filled by intermediate range observations that are conducted during our cruise. The ice physicists apply the same principle as the satellites but operate from a helicopter, or even from a canoe which they pull over the ice.

This cruise, however it has not been easy to find a suitable ice flow to work at. The ice is covered by melt ponds - they look beautifully but make the flows very porous. Melt ponds are darker and thus absorb the sun's heat stronger than the surrounding whitish ice, setting up a positive feedback loop that allows melting of even more ice. The ponds make the flows fragile, so when Polarstern tries to go alongside such a flow, it simply breaks in pieces. For a large ice station on Friday we had to spend 5 hours searching for a suitable flow ... Finally we found one fulfilling the multitude of requirements: a stable border allowing us to park it along the portside of the ship, the wind blowing from the right direction, a pool of open water on the starboard side for CTD and nets. It must also be large enough to fulfill all needs for the comprehensive physical, biological and chemical measurements and sampling. We will report about our ice-flow successes in more detail in the next report; now we are heading for North Pole.



Fog and melt ponds, melt ponds and fog. Photo: Sea ice group of the Alfred Wegener Institute

Best regards from all of us,
Ursula Schauer

ARK-XXVI/3 Weekly Report No 3

22 – 28 August 2011

At the North Pole

On August 22nd, 2011 Polarstern reached the geographic North Pole. At slow speed our bridge officer steered her vessel through a dense ice-flow field, and stopped it exactly at the pole. As expected, the compass showed directions changing wildly, and many other instrument screens displaying the position had a chance to demonstrate whether their respective software bears 90°N in its repertoire or not. Almost everybody met on the “Peildeck” above the bridge. There were happy faces all around, champagne bottles were opened, and it seemed like hundreds of photos were taken in just a few minutes.

However, since some crew members had visited the North Pole with Polarstern now for the third time, or at least for the second time, one could find some more relaxed faces as well among the party’s participants. It seems that Polarstern has found a ten year periodicity for visiting the North Pole: in 1991 it was here for the first time together with the Swedish ice breaker Oden, and again in 2001 accompanied by the American ice breaker Healy.



Display showing the Northpole station. Foto: Daniel Scholz, Alfred Wegener Institute



Polarstern at the North Pole. Photo: Sergey Pisarev / Alfred Wegener Institute

The ice cover precisely at the North Pole was not suitable for our work, so we had to move about a mile to the south. Besides the research on this ice flow, we also had celebrations for which some had been preparing for days: a post with signs for distances to all hometowns, freshly-pressed flags, and an excellent feast including whole-roasted suckling pigs. As added bonus, after having sailed two weeks through fog, finally the sun was shining on the beautiful ice landscape while we were at the North Pole.

The flow with the ice researchers rested on the port side, and the “water programme” ran in a patch of the open-water created on the starboard side by the ship’s thrusters – this economic sharing of ship’s time had occurred on all major stations as well as the North Pole. Besides the CTD described last report, the nets of zooplankton researchers came into play.

The Zooplanktologists relished their station at the North Pole which completed a long section across the Arctic in a region that has not been fully sampled before. A large part of their work involved sending a sophisticated plankton net system to near the seafloor, that opens and closes as it is raised, slicing the several kilometers of ocean depth into 9 layers of different community types. These samples are preserved, and will take more than a year to analyze back at labs after the cruise is completed. These should reveal how productivity varies across the basin as different water masses and circulation pathways are crossed. In order to find out how the health of the zooplankton differs between the different parts of the Arctic Ocean basins, pictures of copepods are being taken at each station to measure the size of the oil sacks needed to carry them through the long Arctic winter. Female copepods are also being incubated in special containers to see whether they have found enough food to produce eggs. Scouring through the “live nets” used for such experiments, more than 100 different zooplankton species have been found so far. This represents more than half of the known diversity for the Arctic basins – an accomplishment made possible by sending nets to near the sea bottom, and having



Xenia Kosobokova sorting copepods. Photo: Ursula Schauer, Alfred Wegener Institute

taxonomically-skilled zooplankton researcher on board. Individuals of all the species identified are being stored for later genetic analysis to build a molecular library of Arctic biodiversity. Images taken of these living animals showing the richness Arctic zooplankton life forms will contribute to internet resources already available to the public.

Thus far, our cruise track had continued almost straight: we were coming along 60°E, and moving along 115°W. However, only a few miles south of 89°N the ice became thick and dense, slowing down our speed to an average of 1 knot – painfully less than a slow walking pace. On Thursday, we made a turn towards west and indeed, after a few miles, progress became easier and we recaptured our plan to try and reach the Canadian basin. How far will we get? We will have answered this question by next week.

Best regards from all of us,
Ursula Schauer

ARK-XXVI/3, Weekly report no 4
29 August – 4 September 2011

From Pole to Pole

Last week we visited the geographical North Pole; this week we passed the magnetic South Pole that is currently situated north of Canada at about 84°N. While the first one was celebrated with champagne, a feast and a sunny ice station, the latter was passed quietly during night without much consideration. Nonetheless, this second pole causes considerable headaches and frowning because it disturbs several of our measurements – namely those that depend on compass reading. This includes any kind of velocity measurement that uses direction, such as our remotely operated underwater vehicle “Alfred” with which we observe the underside of the sea ice.

Looking from above, the Arctic packice appears as a large white area that is secondarily structured with leads of open water and ridges of compressed ice. Generally, this white area reflects about 90% of the incoming solar radiation (i.e., sea ice has a fairly high albedo). In contrast, open water reflects only 7% and absorbs most of the sun’s incoming energy.

So what happens with that small part of the insolation that is not reflected by sea ice? How much of it is used to warm or melt snow and ice? How much light reaches the lowest ice layers and the uppermost water levels to be used by organisms as the energy source for photosynthesis? How is the color spectrum of light changing in addition to its total quantity as it moves from the atmosphere to the ocean?

The intensity of light below the ice depends foremost of the amount and properties of the snow, but also from the properties of the sea ice itself. Of course the ice thickness plays a role – particularly now in summer when much of the snow is melted. Consequently, the magnitude and color of the under ice light can vary considerably with the ice’s properties within as little as several meters. Melt ponds and leads act almost as “skylights into the ocean” through the roof of sea-ice.

Although radiation measurements are the backbone for addressing these physical and biological questions about light and ice, so far very few field studies have been conducted. The main reason for this void is that even single point measurements below the ice are much more sophisticated and laborious than surface or open ocean radiometry. Observations covering a significant spatial range are completely absent.

The sea ice physics group wants to fill this gap with their work on board. During each ice station, the group establishes a camp to measure short wave radiation above and below a representative part of the ice flow. Below the ice they use “Alfred” a tethered Remotely Operated Vehicle (ROV). Equipped with light sensors for different colors (spectral radiometers), Alfred is operated through a hole in the ice, often through an open-bottomed melt pond. Two pilots operate the ROV from a nearby tent. They navigate Alfred using video cameras and sonar reflections as they survey the light climate. Two other scientists manage the 300 m long cable entering the melt-pond, and watch out for polar bears. Before and after the dives, numerous additional parameters are measured and samples are



The ROV is lowered into a melt pond. In the background the „operation center“ tent is visible, as well as the tripod holding the reference sensor (Photo: S. Hendricks)



ROV pilots during a mission. Christian (foreground) maneuvers the ROV, Priska (background) controls the sensors and takes notes of the profile. (Photo: M. Nicolaus)



ROV Alfred prior to a dive at the North Pole in front of a refrozen melt pond and multiyear sea ice. (Photo: M. Nicolaus)

taken. Their analysis will finally allow derivation of the relations between ice properties and light transmission.

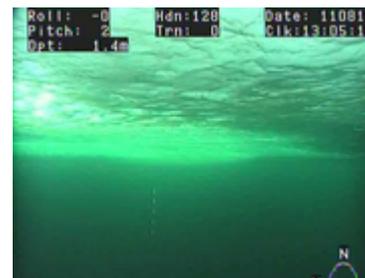
Up until the North Pole, everything was working fine and the first-ever missions in the Arctic brought observations under a multitude of ice types. Normally, the ice physicists operate the ROV at 1.5 to 5 m below the ice, but occasionally they send it down to 50 m depth to find out how fast the light disappears. Alfred has dove below deep pressure ridges, and registered the light conditions below many melt ponds. In addition, the video camera has captured many interesting features of the under-ice world, among them taking an unusual view of the instrumentation lowered by colleagues from other sites of the flow.

Getting closer to the magnetic South Pole, navigation became more and more difficult because it relies on Alfred's magnetic compass. Compasses use the horizontal component of the magnetic field, but near the pole the field lines are oriented more vertically. Alfred, losing more and more its orientation, started swaggering; one could say Alfred became dizzy and in such condition nobody can work properly.

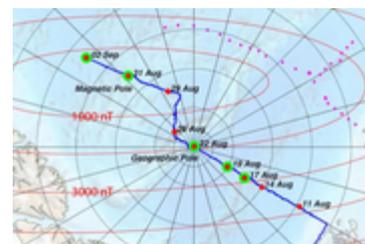
Our sea ice physicists are trying hard to develop alternative strategies to continue sampling light below sea ice close to the pole. Better results emerged on Friday at the southeastern most station in the Canada Basin. There we made a sharp turn, and we are now heading for the Russian drifting station NP38. We plan to visit the Russian station take over material and our polar research colleagues. On our way, we will pass the third pole of our cruise, the "pole of inaccessibility" which is furthest away from any coast.

Best regards from all of us,

Ursula Schauer and Marcel Nicolaus (describing the ROV observations)



Under-water view of the ROV traveling under level sea ice. The light patch in the background indicates a melt pond. The marker is 1 m long, the stripes are 10 cm long. (Photo: AWI Sea ice physics group)



Horizontal intensity of the magnetic field strength (red lines, source: NOAA/NGDC & CIRES, www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM). Red dots: ice stations during TransArc; green circles: ROV missions; pink dots: planned stations; blue line: cruise track of Polarstern. (Graphics: M. Nicolaus)

ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 5

5 – 11 September 2011

Gas and gems in sea ice

The highlight of last week happened on Tuesday when we visited the Russian drifting station “NP(North Pole) 38”. Almost continuously since 1937, Russia has manned observation stations on drifting sea ice. Currently, 16 people are living and working on the station, most of them since last September, but some of them “only” since April. A technician from AWI Potsdam had joined them for a while, and picking up his equipment provided the occasion for a visit. After conducting an ice station during the ‘night’ (as referenced to MESZ, but during daylight at 160°E), our morning started with helicopter shuttles of visitors back and forth between *Polarstern* and NP38.

Tours of the simple but very efficient installations for the comprehensive observation program were lead proudly by our Russian hosts. Their overall program was very similar to our work: daily water casts to capture ocean temperature and salinity, sampling of water for analysis of various substances, radiation observations and continuous velocity registration; ice measurements, plankton samples, and of course meteorological observations. All these data would be of enormous value for the Arctic researchers, but due to the data policy of the Russian institutes, most data will be hidden in reports inaccessible to the international science community. Knowing from our own work how much careful effort and endless enthusiasm was afforded by the young Russian scientists to collect the data, we think this is very unfortunate.

After the visit we turned attention back to our own research. Seen from above sea ice looks like a white “desert” – a closer look, especially one through a microscope, reveals a complex matrix. This matrix is a special habitat which the biogeochemists on board have as their focus. When sea ice forms in autumn and winter at water temperatures below -1.89°C , tiny ice crystals develop that consist of pure fresh water. The sea-salt remains dissolved in the water. The ice crystals, being lighter than water, rise to the surface where they eventually congeal into a solid sheet. The surrounding water becomes more and more saline, and thus heavier. Part of this brine stays between the crystals, but another part sinks to great depths and spreads through the deep Arctic Ocean then finally exits to the global deep ocean (through Fram Strait).



Fig. 1: Lively chat in front of the plywood huts of the drifting station (Foto: Ollie Zenk).



Fig. 2: Hospitality at NP38 Foto: Laura Wischnewski).



Over the winter, the ice thickens by about one meter. The brine that is trapped between the crystals in channels and pockets becomes more and more saline, but it never freezes. Until recently, it was believed that the ice cover effectively isolates the atmosphere from the ocean. Today we know this is not the case; there are physical as well as chemical fluxes between atmosphere, ice and ocean. In the brine channels and pockets a kind of gas factory establishes over the year. In spring an endemic ecosystem develops, perfectly adapted to the cold conditions. It consists mainly of micro-algae and bacteria that change their small habitat through their metabolism and also cause gas exchange between atmosphere and ocean. Many of the substances and gases produced by the freezing and metabolic processes (like oxygen, carbon monoxide, carbon dioxide, dimethylsulfate and methane) are directly or indirectly relevant for our climate.

In summer the sea ice warms through solar radiation and rising water temperature. Part of it melts, a process supported by the brine in the channels, and the ice gets thinner. The saltwater escapes from the ice – and with it the substances produced by its inhabitants. The melt-water layer, being much lighter than the saline seawater, remains as melt ponds and directly below the ice. The transition to “normal” sea water at about 25 to 30 m is thus a very stable barrier that prevents the ice-substances from being mixed further downwards. Hence, we measure the stratification caused by the large salinity contrast with a small CTD probe right below the ice and thereafter we collect water samples at dedicated depths using a so-called “Niskin bottle”. This bottle is lowered open to the designated depth where closing is triggered by a messenger weight. These water samples are then analyzed either onboard or at home for the various gases, organic and inorganic substances, as well as for bacterial activity. The ice itself is sampled by drilling ice cores, that are melted and then analyzed.

During the last days it became considerably colder, and temperatures around -8°C signal that the freezing season started. Under certain circumstances the formation of sea ice is accompanied by precipitation of Ikait, a special form of calcium carbonate ($\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). This process leads to a release of the greenhouse gas CO_2 . Ikait has been found previously in large quantities within Antarctic sea ice. Are these crystals also formed in the Arctic Ocean, demonstrating that this is a regular process occurring during ice formation, or are special conditions only inherent in Antarctica required? Finally, we learned the answer: within the 5 cm thick new ice we found the first Ikait crystals. In order to better understand this process, and to estimate the amount of released CO_2 , CaCO_3 crystals are isolated from the ice samples and conserved for analysis at the home lab.

For now all the best,

Ursula Schauer, Gerhard Dieckmann and Ellen Damm (presenting the biogeochemistry)



Fig.4: The biogeochemistry group samples water from below the sea ice (Foto: Daniel Scholz).



Fig. 5: Ikait crystals seen through a microscope (Foto: Erika Allhusen).

ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 6

12 September - 18 September 2011

These days we receive lots of excited (but somewhat confusing) news from home: 2011 represents the lowest summer sea ice extent after 2007! No wait, there *may be* a new record low in summer sea ice extent this year! Hold on..., on day x of 2011 the summer sea ice extent was lower than on day y of 2007 ... Confused yet? In the meantime we are steaming through the last ice-covered portion of our journey and smile at the gargantuan effort to report the most spectacular news. The summer sea ice is decreasing – this long-term trend obviously continues, regardless of media hype about differences within the error limit.

One of the reasons we are here is to study sea ice plankton and its influence on the carbon cycle. This is especially interesting to the sea ice biologists and the biogeochemists. The microscopic organisms living in or close to the ice are specialized in adapting to extreme conditions and extreme variability in their habitat (for example, strong changes in salinity, temperature, and limited light availability). The ice community also includes the ecosystem below the ice that benefits from the biological activity in the ice.

The ice cover has a strong seasonality, potentially representing two distinct habitats: multiyear ice which survives the summer, and first-year ice which is only available since last winter and has to be colonized. What happens to an ecosystem that has no habitat for several months? What kind of organisms are adapted to the vast areas of open water during summer months but that refreezes in the winter? And are they different from the organisms that are adapted to live year-round in the multiyear ice? These questions become more and more urgent as the multiyear ice (the ice which remains at the end of summer) is disappearing. The ecosystems of multiyear and first-year ice, and of open water are likely to have a different influence on carbon cycling. In this indirect way, the decrease in sea ice cover might also impact climate.

Alongside the biologists studying the organisms, chemists apply a completely different method to estimate plankton growth in the different habitats as well as how much of their remnants (along with the biological carbon) are sinking to greater depths: they determine the oxygen concentration in relation to that of the inert gas argon. When growing and fixing carbon, algae release oxygen to their environment through photosynthesis. Part of the oxygen is consumed by other organisms through respiration. When these organisms are removed and sink to greater depth, an oxygen surplus is built, which – on an average equilibrium case - will be released to the atmosphere (so that we can breathe it as well!). Hence, near surface oxygen oversaturation indicates net production of biomass. But the oxygen content in the water (*and in the ice*) is also influenced by physical processes, such as temperature changes, wind and wave action. In order to separate the two effects, the biological and physical processes, the oxygen content is compared with that of argon which has very similar solubility properties as oxygen but which is not affected by biota.

In order to estimate *rates* of algal growth and sinking of biological particles a time component is required. This component is provided by the radioactive decay of uranium to thorium which is analyzed by the geochemists. Both elements are radioactive natural substances and their decay also produces radioactive isotopes (aka



Brownish coloured sea ice indicates plankton. (Photo: O. Serdeczny)



Processing sea ice samples. (Photo: C. Boissard)



Water samples for Thorium-234 are taken from under the ice. (Photo: G. Dieckmann)



Algae assemblages, taken from a melt pond, below the microscope. The centre shows the two frustules of a large diatom. (Photo: I. Peeken)

daughter isotopes). Uranium has a high solubility; in fact, it is a component of sea salt. The suite of radio products of uranium, among them radioactive thorium-234, is naturally present in sea water. In equilibrium the activities of uranium and thorium-234 are identical. However, thorium-234 is particle reactive, it sticks to all kinds of particles and is entrained with particles as they sink. The thorium depletion relative to the concentration predicted from uranium decay is used to determine the export of particles (and carbon) from the upper layers to the deep ocean.

Using different methods, biologists, biogeochemists and geochemists work in concert, taking samples of ice, sub-ice water and melt ponds from identical sites in order to jointly tackle the questions pertaining to organisms and their carbon sequestration abilities. From observations on an expedition in 2007, we know that there is a moderate downward transfer of matter in shelf seas like the Barents and the Laptev seas while here in the central ice-covered Arctic the export is very low. But how about the central Arctic open waters?

At the end of the week our enthusiasm was somewhat cut back as we were entering the Russian Exclusive Economic Zone (200 miles off the coast) where we do not have clearance for sample collection. It is unclear why this is, especially considering that our cruise is an official contribution to the German-Russian Science Year 2011, initiated by politicians and rather cheerfully celebrated. But beginning next week we get back once more into international waters – in the currently mostly-ice-free waters north of the Laptev Sea.

With best regards,

Ursula Schauer (and Ilka Peeken, Nicolas Cassar and Michiel Rutgers van der Loeff for biology, biogeochemistry and isotope measurements)

ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 7

19 September - 25 September 2011

At the beginning of last week, we left the ice-covered portion of our journey and started the last part of our station program in the entirely ice-free Laptev Sea. After weeks of irregular noises from thick ice floes banging against the hull of the ship, it became quiet and we were welcomed by the smooth rolling of waves. Last time we were here during an expedition in September 2007, new ice formation had just started. This year the water temperature, measured regularly at the keel, was above 3°C, i.e. 5 degrees above the temperature which we had encountered in the central Arctic. Here in the Laptev Sea, insolation has heated the ice-free water surface over the summer and there is no sign of ice formation occurring anytime soon.

Now the question is – was there stronger melting this summer? In addition to a reduction in sea ice extent, did sea ice also become thinner? This important question is tackled by the group of sea ice physicists. The volume of sea ice loss is a function of area and thickness. The area of the sea ice cover has been determined very reliably from satellites observation for several decades. These observations show a significant shrinking of the summer sea ice, but do not provide any insight into ice thickness.



Take off of the helicopter for measurements of sea ice thickness with the EM-Bird (right). The operation requires an EM-Bird-operator and a person to observe the state of the sea ice. Priska and Robert (lower right) are getting the bird ready for its flight. (Photo: A. Ulfso)



The EM Bird is carried on a 20 m long rope and flown at a height of ca. 15 m above the sea ice. (Photo: S. Hendricks)

Much effort has been made recently to fill this gap. So far, the satellites ICESat and CryoSat-2 can measure the freeboard, i.e. the height of the floes above the sea surface from which the mean thickness can be calculated. But this measurement also includes the water of the meltponds which contribute significantly to the measurement, most particularly now at the end of summer. Therefore *Polarstern* cruises provide a unique possibility to measure the ice thickness *in situ*.

The tool for such measurements is called EM-Bird, a 4 metre long device which is flown with a helicopter over the ice. “EM” stands for “electromagnetic induction”, a method developed in geophysics to determine the stratification of electrical conductivity in the ground. Saline sea water conducts electric current much better than sea ice and this contrast is used to determine the thickness of the ice fast and

reliably from above. Since the metal of the helicopter disturbs the measurements, the instrument hangs on a 20 m long cable below the helicopter. During the measurement the EM bird is flown at a height of ca. 15 m above the sea ice.

A flight takes about 2 hours and captures a distance of 200 km. Two scientists operate the instrument and at the same time document the ice cover with photos.

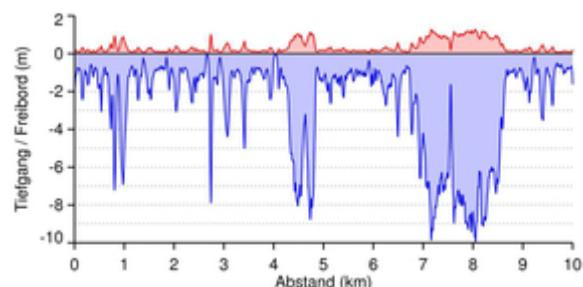
Since the helicopter has to fly far away from the ship and fly long distances at very low height, the weather conditions must be favorable. Before each flight we rely on the *Polarstern* meteorological office for accurate weather predictions. For an EM-bird flight the visibility must be at least 5 km and the clouds must not be lower than 300 m. Unfortunately, these conditions were only rarely met which meant that we had several days without EM-bird flight.

In total, we had 16 days where the weather was suitable for the sea ice physicists to carry their observations from the helicopter.

Measurements were performed in various regions over a total distance of 2500 km. After each a flight, the scientists perform a statistical analysis of their most recent observations. First-year ice, which has formed last winter, and multiyear ice, which has survived the last summer and thus is much thicker, are easy to distinguish. In the past decades, the central Arctic was mostly covered by older, hence thicker ice. Satellite observations which allow to tell old and new ice apart based on sea ice roughness indicate a recent trend towards younger ice. In fact, the scientists found mostly first-year ice during our cruise and could now determine its thickness. Only in the Canadian Basin and close to Severnaya Zemlya notable amounts of thick multiyear ice were found.



A rare view during our expedition: Thick multiyear ice under blue sky. The old and thick ice is easy to determine from the rough surface which has formed over several summers. (Photo: AWI Meereisphysik)



Thickness distribution of thin first year ice (1-2 m) with multi-year ice flows included (4 – 10 m). Freibord (freeboard) is the height of the ice above the water. (Graphic: S. Hendricks)

Comparing the current results with those of earlier cruises we can draw preliminary conclusions on the evolution of sea ice thickness.

The last measurements have been taken in the summer of 2007, during the last sea ice extent minimum.

Our observations show no change in the thickness distribution.

Contrary to announcements by some institutes the ice does not seem to have shrunk further this year - it just reached another very low point.

Our sea ice physicists would have loved to see much more old thick ice, especially under a bright sunshine!

With best regards,

Ursula Schauer and Stefan Hendricks (for the sea ice measurements)



Track of the Polarstern cruise (grey line) and EM-Bird flights (red triangles). Over long periods, weather did not allow for EM Bird flights. The white area shows the sea ice cover during the cruise. (Graphic: S. Hendricks)

ARK-XXVI/3, Weekly Report No. 8

26 September - 2 October 2011

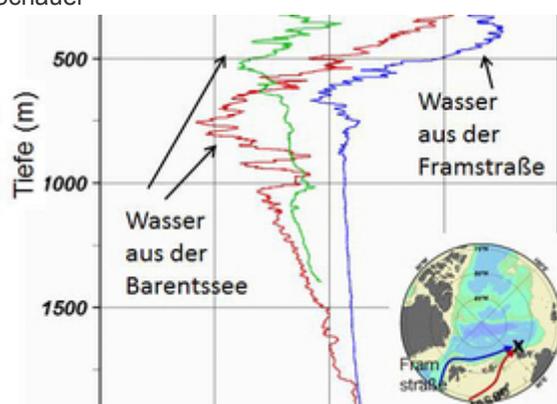
Our expedition comes to an end. At the beginning of last week, we had a feeling of déjà-vu when recovering two more moorings which, as was the case with other moorings recovered many weeks ago at the beginning of the cruise, had malfunctioning releasers and did not surface. Once more a boat maneuver for capturing the moorings with a rope was our only chance and once more it was a full success. I daresay that no other ship and no other crew would have been able to save these moorings – which have been attached to the seafloor in this harsh and remote region for four years. A first glance at the data revealed that some instruments, although designed to collect data for one or two years, have been operating over the entire time and provide time series of four years. Thus the recovery saved a unique treasure of long-term observations in the central Arctic Ocean.

Exciting measurements were obtained at the finish in the Laptev Sea where we observed the impressive contrasts in temperature and salinity at the confluence of two current branches. Both branches originate from the same current in the North Atlantic but when entering the Arctic one branch flows through Fram Strait thereby mostly keeping its high temperature and salinity and the other flows through the shallow Barents Sea where it is getting colder and less saline through mixing with continental runoff. With the large-scale survey of our cruise we found that after the confluence the branches separate once more and spread throughout the entire Arctic Ocean, but contrary to what was assumed before, follow different circulation pathways before they join again in Fram Strait.

Finally we turned homewards – brightened up by a few clear nights with northern lights. It's autumn here, which explains the succession of North Atlantic low pressure systems crossing our way irrespective of our efforts to avoid them. We are looking forward to being back in Bremerhaven soon!

Before concluding I want to thank Russ Hopcroft and Nicolas Cassar for helping with the English version of the reports.

For the last time best wishes from *Polarstern*,
Ursula Schauer



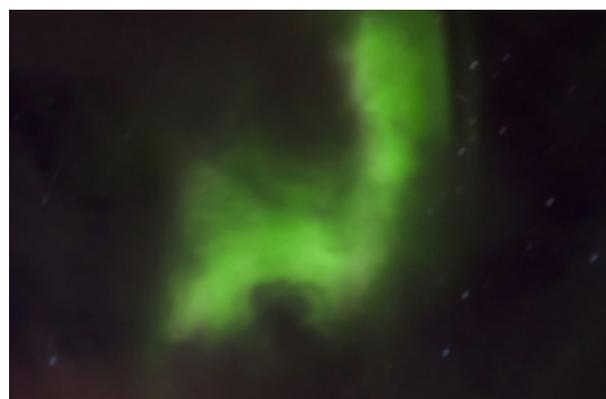
Salinity profiles 20 km apart at the confluence of saline Atlantic water approaching from Fram Strait and low Atlantic water that flows through the Barents Sea and has been freshened there. (Graphics: B. Rudels)



Two crew members return from a two hour rubber boat maneuver for catching the mooring with a rope. (Photo: M. Hoppmann)



An instrument being rinsed after recovery. It harbors four years data of vertical temperature, salinity and velocity profiles. (Photo: I. Waddington)



Polar lights over Polarstern. (Photo: M. Hoppmann)

