

Die Expedition ARK-XXVII/3

Wochenberichte

[13. August 2012](#): Expedition "IceArc" (Sea ice - Ocean - Seafloor Interactions in the Changing Arctic)

[20. August 2012](#): Erste Eisstation

[27. August 2012](#): Eisalgen & Verankerungen

[3. September 2012](#): Rückgang des Meereises und physikalische Messungen

[10. September 2012](#): Weiter nordwärts...

[17. September 2012](#): Eisstationen, Freifallgeräte und Sedimentkerne

[24. September 2012](#): Unter dem Eis...

[1. Oktober 2012](#): Profile und ein neugieriger Eisbär...

[8. Oktober 2012](#): Auf dem Weg nach Hause...

Zusammenfassung und Fahrtverlauf

2. August 2012 - 7. Oktober 2012, Tromsø - Bremerhaven

Die Expedition ARK-XXVII/3 „IceArc“ (Sea ice - ocean - seafloor interactions in the changing Arctic) startet am 2. August 2012 in Tromsø, Norwegen. 54 internationale Wissenschaftler und technische Teams werden für über 2 Monate die Biologie, Chemie und Physik des Meereises zu erkunden und die Auswirkungen seines Rückgangs auf das gesamte Ozeansystem zu erforschen.

Mittels interdisziplinärer Prozessstudien soll dazu die Wechselwirkung zwischen Hydrographie, Eisphysik, Biogeochemie und Biodiversität des arktischen Systems vom Meereis bis zum Tiefseeboden erforscht werden. Es werden vergleichende Untersuchungen an Lokationen der zentralen Arktis ohne Eisbedeckung, in der Eisrandzone und mit mehrjähriger Eisbedeckung durchgeführt. Zudem werden kurz- und langfristige Verankerungen und Eis-Observatorien ausgetauscht, die ganzjährig die Dicke des Meereises, die Zirkulation des Atlantikwassers und die damit verknüpften Partikelflüsse messen.

Die Expedition soll entscheidend dazu beitragen, die Auswirkungen von Änderungen in der Meereisbedeckung auf den Arktischen Ozean und seine Ökosysteme zu quantifizieren.

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 1

2. August - 9. August 2012

Die Expedition „IceArc - Sea ice - Ocean - Seafloor Interactions in the Changing Arctic“ begann am Vormittag des 2. August mit Auslaufen aus Tromsø, Norwegen, in Richtung Spitzbergen. Wir sind 54 Wissenschaftler aus 12 Ländern an Bord, die für die nächsten 9 Wochen zusammenarbeiten werden. Die Expedition IceArc hat zum Ziel die Biologie, Chemie und Physik des Meereises zu erkunden und die Auswirkungen des schnellen Eisrückgangs auf das gesamte Ozeansystem zu erforschen. Sicher verändert das Schrumpfen des Meereises und die zunehmende Erwärmung des Arktischen Ozeans nicht nur die Hydrographie, sondern auch in vielfältiger Weise auch biogeochemische und biologische Prozesse – doch wie genau? Ziel der Expedition ist die Wechselwirkung zwischen Hydrographie, Eisphysik, Biogeochemie und Biodiversität des zentralen arktischen Systems vom Meereis bis zum Tiefseeboden erforschen. Dazu wollen wir Untersuchungen in vergleichbaren Regionen ohne Eisbedeckung, in der Eisrandzone und mit mehrjähriger Eisbedeckung in der zentralen Arktis durchführen, verschiedene Langzeitreihen fortführen und Verankerungen bergen sowie neue Observatorien ausbringen.

Die Dampfstrecke von 3 Tagen bis nördlich von Spitzbergen zu ersten Station wird genutzt zu jeder Menge Aufbau und Organisationsarbeit und um die unglaublich vielen Kisten und Geräte über die Labore des Forschungsschiffs zu verteilen (Noch nie schien Polarstern so klein!). Doch begegnen wir auch einigen optischen Highlights: Zunächst der Weg aus den Schären vor Tromsø, dann hier und da ein schmelzender Eisberg für die Seevögel, ein paar Wale und der Höhepunkt: wir fahren an der mysteriösen, stets umwölkten Bäreninsel vorbei und können einen Blick auf die Kargheit dieses nunmehr eisfreien Ortes werfen, auf dem einige norwegische Meteorologen hausen sollen. Weiter geht es nordöstlich um Spitzbergen herum.

Wir nutzen die aktuellen Eiskarten der Fernerkundung der Universität Bremen sowie die Erfahrungen der Eisphysiker und Ozeanographen des AWI, um das erste Ziel festzulegen: für die Dauer der Reise wollen wir eine Messstation auf einer großen Eisscholle nördlich von Spitzbergen errichten mit Instrumenten, die wir dann auf dem Rückweg wieder einsammeln können. Es zeigt sich, dass das arktische Eis schon jetzt im August ein neues Minimum aufweist und wir wohl bis mindestens 84 oder 85°N dampfen müssen, um eine schöne große Scholle mit über einem Meter Eisdicke zu finden, die bis Oktober hält. Die Anreise ins Eis verbinden wir mit dem ersten Ozeanographie Schnitt – am Sonntag den 5. August erreichen wir morgens um 08:00 die erste Probennahme-Station bei 81°N und 30°O, von wo aus wir vom Barentssee-Schelf bei Wassertiefen um 200 m bis in das tiefe Nansenbecken bei 4500 m alle halbe Breitengrad die hydrographischen



Polarstern in Tromsø - strahlender als die Mitternachtssonne (© J. P. Balmonte)



Das erste Eis auf dem Weg in den Norden - Rastplatz für Seevögel (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)



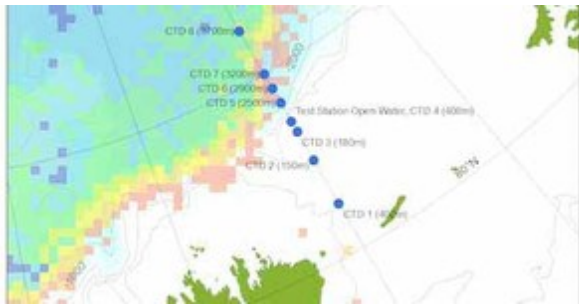
Die Buckelwale grüßen aus sicherem Abstand. (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)



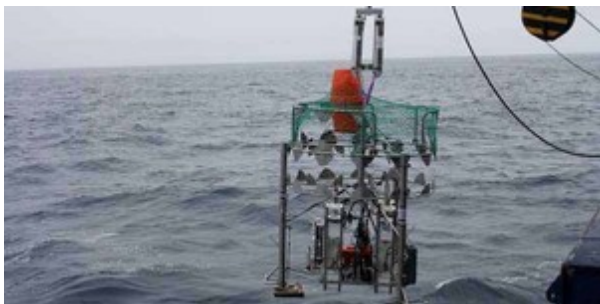
Ein Blick auf die Bäreninsel, die schon von vielen Polarforschern und Walfängern besucht wurde - entdeckt wurde sie im 16. Jahrhundert von Willem Barents (© B. Rabe)

Bedingungen sowie die Primärproduktion und Zusammensetzung des Planktons vermessen wollen.

Schon für die CTD-Wasserschöpfer-Probennahme sind einige Besprechungen nötig, bevor eine Routine gefunden ist – 16 verschiedene Wissenschaftler an Bord teilen die Proben aus dem Wasserschöpfer für die verschiedensten Messungen für Physik, Chemie, Biologie und Geologie des Ozeans. An der Schelfkante bei ca. 400-700 m beginnt auch das Plankton und Benthos Programm. Das Trawl „SUIT“ zum Fang von Untereis-Zooplankton wird getestet wie auch die benthischen Respirationskammern und die videogeführten Geräte zur Beprobung und Fotografie der Tiefseelebewesen. Zunächst sind wir erstaunt, dass genau auf der ausgewählten Station im leeren grauen Raum der nördlichen Barentssee ein Fischtrawler liegt, in Tiefen von über 400 m trawlt – wir weichen also einige Meilen aus, um ihm nicht in die Quere zu kommen. Der Testeinsatz des Unterwasser-Photoschlitten OFOS zeigt uns, dass der Fischer sicher nicht der einzige in der Region ist – die Schelfkante ist stark durchpflügt. Interessant, wenn man bedenkt dass hier noch vor wenigen Jahren auch im Sommer noch eine starke Eisbedeckung vorherrschte und 400-700m schon recht tief ist für die Bodenfischerei.



Unser erster Probennahme-Schnitt auf 30° Ost - schon morgen sollten wir an die Eisgrenze gelangen. (© S. Albrecht)



Die benthische Respirationskammer - ein autonomes Messgerät zur Erfassung biogeochemischer Aktivität des Meeresbodens und der Atmung von Bodentieren (© F. Wenzhöfer)



Alle warten gespannt auf die ersten Bilder vom Meeresboden im Windenleitstand. (© M. Schiller)

Am Meeresboden sehen wir neben einigen Fischen Schwärme von Krebsen und Pfeilschwänzen (Chaetognathen) sowie grünbraune Algen-Ablagerungen. Auch der Test der autonom arbeitenden benthischen Kammer ist erfolgreich, wie auch alle anderen folgenden Teststationen am Sonntag, der erst in den frühen Morgenstunden endet. Nun geht es weiter Richtung Eiskante, die wir am frühen Morgen des 7.8. bei 82°30'N und 30°O erreichen. Man sieht schon von weitem das veränderte Licht über dem Eisrand, als einmal kurz die Abendsonne scheint und der Nebel sich lichtet. Das Eis ist sehr dünn und angetaut, Polarstern braucht noch keine Kraft zum brechen sondern dampft mit 8 Knoten hindurch.

Bis 84° N nehmen wir weiter CTD Proben auf dem 30°O Schnitt, dann verändert sich das Eis in guter Übereinstimmung mit den Eiskarten der Bremer Universität und wir sehen mehrjähriges Eis mit aufgeschobenen Schollen und so gar einige kleinere Eisberge. Es ist Zeit die erste Scholle anzusteuern, an der wir die mehrtägige Eisstation planen. Wir haben Glück, und am Morgen des 8.8. ist ein kleines Fenster im Nebel - der Helikopter kann fliegen. Die Eisphysiker melden Scholle voraus – bei 84° 0.4'N und 30° 20'O wird unsere Arbeitsscholle mit Radarreflektoren markiert. Als nächstes bringen wir die Bodenobservatorien aus, die während der kommenden Eisstation Informationen über das Leben in der Tiefsee und seinen Energiebedarf sammeln. Unter dem Eis wurden solche Geräte noch nicht ausgesetzt, wir haben uns ein neues System ausgedacht, wie wir sie nach 3 Tagen wieder zurück holen wollen und sind sehr gespannt, ob Theorie und Praxis übereinstimmen werden – keine Technikentwicklung ohne Risiko.

In der Nacht wird noch ein Agassiz Trawl gefahren und heute morgen, am 9.8. um 10 Uhr geht es endlich aufs Eis – es sind diesmal mehr als zwei Drittel der Fahrteilnehmer, die für die nächsten drei Tage auf

dem Eis Messungen durchführen werden. Die Wissenschaftler sammeln sich gerade warm eingepackt um ihre Eisschlitten und Eisbohrgeräte und das Schiff leert sich in wenigen Minuten.

Viele Grüße von Bord bei derzeit 84° N und 31°O mit ein bisschen arktischer Sonne

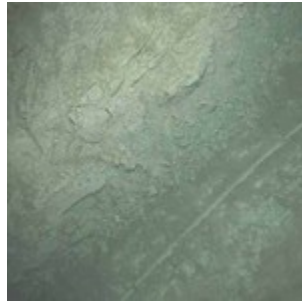
Antje Boetius
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen:

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>



Erstes Bild: ein Fisch am Meeresboden - die neue Tiefseekamera OFOS der Tiefseegruppe des AWI bringt hohe Auflösung zur Zählung von großen Bodenlebewesen. (© J. P. Meyer, an OFOS)



Spuren von Bodentrawls - der Schelfrand der Barentssee ist stark durchpflügt. (Foto: OFOS)



Schwärme von hungrigen Shrimps interessieren sich für den Fotoschlitten. (Foto: OFOS)



Die Eisstation beginnt (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 2

10. August - 17. August 2012

Vom 09. bis 11. August haben wir die erste Eisstation der Expedition IceArc durchgeführt. Die Eisscholle dafür wurde mit Bedacht ausgewählt, da wir ja Instrumente für die Dauer der Expedition aufstellen wollten, die wir dann auf der Rückreise wieder einsammeln werden. Dazu sollte die Scholle groß genug und möglichst mit Eisdicken über 1.20 m sein – sowie produktive Schmelztümpel aufweisen. Schon Fridtjof Nansen bemerkte bei seinen Expeditionen in die Arktis, das durch das Abschmelzen der Oberfläche des Eises im arktischen Sommer sich Süßwasser in Tümpeln von mehreren Metern Durchmesser ansammeln kann (Abb. 0). Während der Expedition TransArc (ARK26/3) im letzten Sommer fanden die Wissenschaftler eine durch die warmen Lufttemperaturen erhöhte Fläche an Schmelztümpeln sowie dichte



Abb. 0: Das arktische Eis ist im Sommer von Schmelztümpeln übersät - in 2012 mehr denn je. Das Schmelzwasser ist salzfrei, in den Tümpeln bilden sich starke Gradienten und Hotspots der Primärproduktion aus. (© St. Hendricks)

Algenansammlungen an ihrem Boden, die auf dieser Reise genauer untersucht werden sollen. All die obigen Randbedingungen konnte eine der Schollen aufweisen, die schon beim ersten Helikopterflug am frühen Morgen des 9. August entdeckt und markiert wurde (Abb 1). Gegen 11 Uhr konnten dann nach Anlegen des Schiffes (Abb. 2) die verschiedenen Messprogramme auf dem Eis starten.

Neben verschiedenen physikalischen Messgeräten verfügt die Meereis-Gruppe auch über ein kleines ROV (Remotely Operating Vehicle), für das in der Eisscholle ein Loch gebohrt wird (Abb. 3a), damit es uns - mit einer HD Kamera und Lichtsensoren ausgestattet - Bilder von der Eisunterfläche übermittelt. Eine andere Forschergruppe ist unterwegs um Eiskerne zu bohren – zunächst für Spurenstoffe wie zum Beispiel Eisen, das ein wichtiger Nährstoff für Algenwachstum sein kann, aber schwierig zu beproben ist. Da fast alle Instrumente eisenhaltig sind und das Eis schon mit winzigen Konzentrationen an Spurenstoffe zum Beispiel aus Haaren, Kleidung und Schuhen kontaminiert werden kann, herrscht höchste Sauberkeit an diesem Ende der Scholle. Die „Metallarbeiter“ haben einen Titanium-Eisbohrer, sind ganz in Weiß gekleidet und gut von den „orange-roten“ Eisforschern zu unterscheiden (Abb. 3b). Die dritte Gruppe zieht los um die Schmelztümpel zu begutachten, wo ist die meiste Biomasse in Form von Algenklumpen ist hier die Frage (Abb. 4).

Von einer weiteren Gruppe Eisforscher werden währenddessen eine Reihe von „in situ“ Messinstrumenten ausgebracht – dazu müssen einige große Löcher ins Eis gebohrt werden, für viele verschiedene Sensoren und Messgeräte. Von Temperaturketten bis zu Turbulenz- und Strömungsmessern ist alles dabei (Abb. 5). Auf unserer Forschungsfahrt arbeiten fast 40 Leute auf dem Meereis, nur einige wenige sind an Bord geblieben, um parallel zur Eisstation vom Schiff aus die Tiefseeforschungsgeräte einzusetzen wie den Fotoschlitten und den Multicorer. Das Schiff driftet nämlich mit der Scholle durchs Wasser, mit ca. 0.2-0.6 Knoten, eine ideale Geschwindigkeit, um Fotos vom Meeresboden zu machen.

Nach einem zweitägigen Transit erreichen wir am 14.8. die zweite Eisstation – immer noch bei 84° N, aber schon viel weiter östlich bei 78° O. Die Eisbiologen sind zufrieden, denn sie haben eine recht große Vielfalt von Algen im Eis und in den Tümpeln entdeckt (Abb. 6). Auch aus dem Eis lösen sich die Algenklumpen und treiben um das Schiff herum. Daher werden zusätzliche Mittel eingesetzt, um auch diese wertvollen Proben zu erhalten (Abb. 7). Warum sind die Algenklumpen so spannend? Eine der wichtigen Fragen zur Zukunft des Arktischen Ozeans ist die Rolle des Meereises für die Primärproduktion und das Nahrungsnetz. Man könnte vermuten, dass der Rückgang des Eises für mehr Sonnenlicht im Wasser sorgt und daher eine höhere Algenproduktion begünstigt. Doch in der Arktis ist das Oberflächenwasser stark geschichtet und die Nährstoffkonzentrationen knapp, da sie schon auf dem Weg durch den Atlantik und Pazifik in die Arktis gezehrt und dann nicht mehr nachgemischt werden. So ist auf dem ersten Teil der Anfahrt ins Eis kaum mehr Nitrat und Phosphat im Oberflächenwasser vorhanden, wie uns der Chemiker Karel Bakker vom NIOZ mitteilt, der für alle an Bord diese wichtigen Daten bereitstellt. Unter der geschlossenen Eisdecke sind dagegen noch ein paar Mikromol Nährstoffe zu finden.

Doch bleibt bisher unklar, wie aktiv das Algenwachstum im und unter dem arktischen Eis ist, und woher die Eisalgen-Klumpen ihre Nährstoffe beziehen, um zu solchen Biomassen heranzuwachsen.



Abb. 1: Mit dem Helikopter wird eine Eisscholle für die folgenden Forschungsarbeiten sorgfältig ausgewählt und mit Radarreflektoren markiert. (© St. Hendricks)

Sie werden ja sogar stark abgefressen - jedenfalls beobachten wir einiges Leben in und unter dem Eis. Das Eisphysiker-ROV filmt viel gelatinöses Zooplankton wie die Rippenqualle (Abb. 8). Mit dem Untereis-Trawl SUIT (Surface and Under-Ice Trawl von IMARES; Abb. 9) kann Hauke Flores vom AWI ebenfalls zeigen, dass Zooplankton und der Polardorsch eng ans Meereis assoziiert sind. Der Polardorsch (Abb. 10) ist wiederum Nahrung für Seevögel, Robben und Eisbären – wir beobachten also ein eng mit dem Eis verknüpftes Nahrungsnetz. Was mit der Produktivität und Verteilung dieser Lebewesen geschieht, wenn das Eis noch weiter zurückgeht, ist eine wichtige Fragestellung.

Auch wir Tiefseeforscher sind glücklich mit der ersten und vor allem der zweiten Eisstation, denn hier finden wir direkte Beweise einer engen Kopplung zwischen Eisalgen-Produktion und dem Tiefseeleben. 3500 Meter unter der Eisscholle zeigen die Bilder vom Fotoschlitten alle 4-5 Meter einen Algenklumpen auf dem Meeresboden. Die Algen sind noch grasgrün und vermutlich erst kürzlich aus dem Eis abgesunken – wir beobachten Seegurken und Haarsterne, die sich darüber her machen (Abb. 11). Im Vergleich zu anderen Tiefseeregionen so niedriger Produktivität scheint hier in der Tiefsee sogar recht viel los zu sein – das deutet ebenfalls auf eine wichtige Rolle des Meereises als Nahrungsquelle für das arktische Leben hin. Wir sind nun sehr gespannt auf die Messungen der Stoffflüsse in der Tiefsee wie auch auf die Proben von der Tiefseefauna, die in der kommenden Nacht geborgen werden sollen. Insgesamt haben wir spannende Ergebnisse in der zweiten Woche der Expedition IceArc erhalten – und freuen uns auf mehr.

Alle sind gesund und munter und grüßen von Bord, bei derzeit 84° N und 78° O.

Antje Boetius
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen:

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Abb. 2: FS Polarstern hat an der Eisscholle der Wahl angelegt. (© St. Hendricks)



Abb. 3a: Die Arbeit beginnt - das Untereis-ROV wird ausgebracht, die Steuerzentrale ist im Zelt. (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)



Abb. 3b: Auf der anderen Seite der Scholle werden chemische Proben unter absoluten Reinheitsvorkehrungen beprobt. (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)



Abb. 4: Wissenschaftler begutachten die Schmelztümpel für Messungen. (© M. Fernandez)



Abb. 5: Messung der in situ Primärproduktion und Respiration in der Eis-Wasser Grenzschicht - werden die feinen Mikrosensoren brechen? (© M. Fernandez)

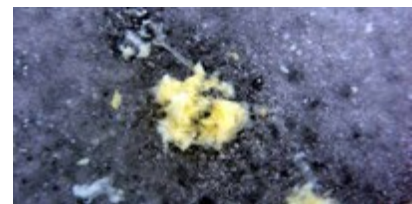


Abb. 6: Aggregate von Algen im Eis - von kleinen Flocken bis hin zu Faust großen Klumpen und langen Fäden (© M. Fernandez)



Abb. 7: Manche der Klumpen treiben aus dem Eis heraus und sinken. Hier werden sie unter Einsatz von Schlauchboot und Suppenkelle beprobt (Foto: Brückenkamera FS Polarstern)

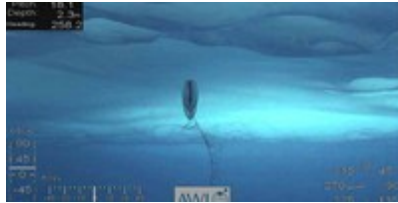


Abb. 8: Unter dem Eis wimmelt es von Quallen und anderem Zooplankton... (Foto: ROV, C. Katlein und M. Nicolaus)

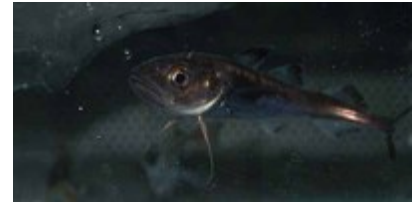


Abb. 9: ...und davon lebt der Polardorsch... (© C. David)



Abb. 10: ...den wir mit dem SUIT Trawl unter dem Eis fangen. (© B. Rabe)



Abb. 11a: Auch in der Tiefsee profitieren Seegurken und ...



Abb. 11b: ... Haarsterne vom Export von Eisalgen - 3.500 m unter der Scholle liegen viele Algenklumpen am Meeresboden und dienen der Megafauna als Nahrung. (beide © AWI, aufgenommen mit OFOS)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 3

18. August - 25. August 2012

Letzte Woche berichteten wir von den interessanten Beobachtungen an der zweiten Eisstation (14.-16.8. bei 84°N und 78°O), von aggregierten Kieselalgen im Eis, erhöhten Dichten von Zooplankton und Polardorsch unter dem Eis, sowie von Eisalgen-Klumpen und Megafauna am Tiefseeboden. Inzwischen haben wir auch die dritte Eisstation abgeschlossen (20.-23.8. 82.5°N, 109°O), bei der sich ein noch extremeres Bild der Eisalgen-Sedimentation bot. Wir fanden mit dem Fotoschlitten (OFOS) erhebliche Ansammlungen von Phytodetritus, bis zu 5 großen Klumpen pro Quadratmeter, von denen sich in 3600 Meter Wassertiefe dichte Populationen von Seegurken und Haarsterne ernähren (Abb. 1 + 2). Während die Eisbiologen dabei waren, die Vielfalt und Produktivität der Diatomeen im Eis zu bestimmen, hofften die Tiefseeforscher, mit dem bildgeführten Multicorer (Abb. 3) ein paar der Algenklumpen am Meeresboden zu austustechen.

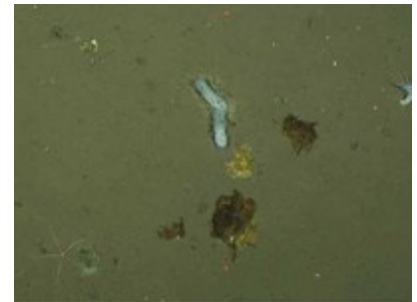


Abb. 1: Eisalgen-Klumpen am Meeresboden. Die häufigste Megafauna sind Seegurken, Haarsterne und Seeanemonen. (Foto: OFOS AWI)

Wir wollten überprüfen, ob es sich wirklich um abgesunkene Meereisalgen handelt, und nicht etwa um andere Einschlüsse, wie zum Beispiel Braunalgen, die mit dem Schelfeis herantransportiert werden könnten. Nach mehreren vergeblichen Versuchen mit dem Multicorer in einen Algenklumpen zu stechen, kam uns eine andere Idee: Warum nicht mal im Darm der „Tiefseestaubsauger“ – also der Seegurken – nachschauen. Dieser erreichen hier Dichten von einem Exemplar pro Quadratmeter und ihr halb-durchsichtiger Körper zeigt einen gutgefüllten Darm. Die Nacht vom 20. auf 21.8. brachte uns ein Agassiztrawl jede Menge Seegurken der Art *Kolga hyalina* zurück (Abb. 4). Ich erinnerte mich an mein Zoologie-Praktikum und entleerte einigen die Därme. Zusammen mit der Eisbiologie-Gruppe konnten wir dann schnell feststellen, dass sich die Seegurken von Klumpen von typischer Eisalgen wie *Melosira*, *Pseudonitzschia*, *Thalassiosira* und *Fragilariopsis* ernährt hatten – einige der Algen sahen trotz Darmpassage noch gesund und munter aus (Abb. 5).



Abb. 2: Eine Seegurke frisst von den Algenklumpen. (Foto: OFOS AWI)

Das ist schon sehr interessant – dicke Klumpen von Meereisalgen scheinen eine wichtige Rolle in der Ernährung der Tiefseefauna zu spielen, die von ihrer Biomasse her so gar nicht zu der Idee eines extrem oligotrophen, unproduktiven zentralen arktischen Becken passen. Da die Megafauna nach unserem Kenntnisstand auch nicht so schnell wächst, haben wir vermutlich auch kein einmaliges Ereignis beobachtet. Die Frage ist nun, führt der zunehmende Eisrückgang und die Eisschmelze zu mehr Produktivität und Aussinken von Meereisalgen oder nicht? Hat bisher nur die mobile Megafauna profitiert, oder finden wir Beweise für eine langfristig und großflächig unterschätzte Produktivität?

Ein weiterer Höhepunkt der dritten Woche der Expedition IceArc war die Bergung der Verankerungen, die vor einem Jahr während der vorherigen Expedition TransArc (August/September 2011) ausgebracht wurden. Die ersten zwei waren im Nansen-Becken, nahe des Gakkel-Rückens verankert, bei 82,5°N und 108,5°O (3600 m) – die anderen drei im Amundsen Becken (83.3°N, 125.2° E) bei über 4000 Meter. Der Gakkel-Rücken ist eine mittelozeanische Spreizungszone und teilt das Nansen und Amundsen-Becken (Abb. 6). Verankerungen sind ein besonderes Werkzeug der Meereskunde – sie machen an einem festen Standort autonome Beobachtungen über einen längeren Zeitraum, ohne dass das Schiff in der Nähe sein muss – so lange wie die Batterien reichen, die die Instrumente betreiben (Abb. 7). Eine Verankerung besteht aus einem Gewicht und einem Verankerungsseil, an dem verschiedene Instrumente angebracht werden, die mit Datenspeichern und Batterien ausgestattet sind. Zudem gibt es Auftriebskörper, die das Seil senkrecht halten, und nach Abwurf des Bodengewichtes auf

Kommando auch Seil und Instrumente an die Wasseroberfläche befördern. Die verschiedenen Messinstrumente können vom Tiefseeboden – in unserem Fall bei 3600 m – bis zu ca. 100 m unter die Wasseroberfläche angebracht werden, um Umweltbedingungen in verschiedenen Wassertiefen aufzuzeichnen. Da Eisberge oder Schiffsverkehr die empfindlichen Instrumente zerstören könnten, ist die für Biologen so interessante, produktive Oberflächenschicht bisher von autonomen Dauermessungen ausgenommen.



Abb. 3: Der videogesteuerte Multicorer kommt mit Proben vom Tiefseeboden zurück. (© R. Degen)

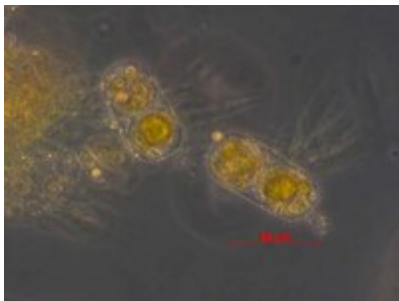


Abb. 4: Die Seegurke Kolga hyalina. (© A. Rogacheva)

Überhaupt ist es sehr aufregend, nach einem Jahr zur Aussetzstelle im Eis zurück zu kehren und sich nie so ganz sicher sein zu können, ob die teuren Forschungsgeräte aus Neptuns Reich zurück in unsere Welt gelassen werden (Besonders bei dem hohen Anteil an Neptun vorbeigeschmuggelten, ungetauften Polarforschern an Bord ist der Ausgang ungewiss, heißt es). Die Verankerungen werden zunächst mittels eines akustischen Transponders gerufen und geortet. Dann kann mittels eines akustischen Signals das Bodengewicht ausgelöst werden – die Auftriebskörper tragen Seil und Instrumente an die Wasseroberfläche, wo zunächst nach der knallorangenen Kopfboje Aussicht gehalten wird (Abb. 8).

Das hört sich alles einfach an, doch im Eis ist es ein Problem – was, wenn die Kopfboje unter einer Eisscholle steckt? So bricht Polarstern zunächst eine gewisse Fläche über der Ortungsstelle frei, bevor ausgelöst wird, in der Hoffnung, dass die Auftriebskörper am Rand der kleingebrochenen Eisschollen auftauchen. Soweit hat das auch gut geklappt. Die erste Verankerung kam sehr schnell zum Vorschein. Doch bei der zweiten Verankerung wurde es schwerer – das akustische Signal war nicht zu empfangen und Polarstern musste auf einer großen Fläche von 1 km Radius im dichten Eis mehrere Stunden suchen, bevor die Boje in den frühen Morgenstunden auftauchte.

Die zwei Tiefsee-Verankerungen im Nansen Becken und drei gerade eben geborgenen im Amundsen Becken bilden eine Gruppe, die vor allem der Beobachtung des Transportes von Wassermassen westlich und östlich des Gakkel-Rückens gewidmet sind. Zum einen geben die Verankerungen Aufschluss über die tiefen Wassermassen – zum anderen sollen sie auch einige Fragen zum Oberflächentransport beantworten. Besonders der Weg des warmen Atlantischen Wassers einige hundert Meter unter der Meeresoberfläche der zentralen östlichen Arktis ist noch nicht gut bekannt. Das warme Wasser fließt durch die Framstraße und Barentssee in die Arktis. Was aus der Barentssee kommt, umfließt die Arktischen Becken. Doch ein Teil der Wassermassen aus der Framstraße scheint auch über das Nansen und Amundsen Becken in die Framstraße zurückzuzießen. Besonders spannend für einige von uns sind zudem die Ergebnisse einer Verankerung im Amundsen Becken, mit deren Bergung wir gerade zur Zeit beschäftigt sind – sie hat eine Winde, die einmal am Tag ein Messinstrument für Druck, Temperatur und Salzgehalt – die drei goldenen Variablen der physikalischen Ozeanographie – durch die oberen 100 m Wassersäule befördert und dann wieder in sicherer Wassertiefe parkt. Morgen werden wir wissen, ob diese technische Innovation funktioniert hat.

Spannende Ergebnisse zeichnen sich auch aus der Bergung der Sinkstofffallen an zweien der Verankerungen ab. Es sind je zwei Fallen in 200 und 3500 Meter Wassertiefe verankert, die den Transport von Sinkstoffen wie abgestorbenem Plankton aus der Oberflächenschicht bis zum Meeresboden messen. Sinkstofffallen sind riesige Trichter, in die sinkenden Partikel hinein fallen und dann in wechselnden Probengefäßen an einem rotierenden Karussell fixiert werden (Abb. 9). Die Sinkstoffe bestehen aus toten Phyto- und Zooplankton sowie deren Ausscheidungen. Sie bilden sich in den produktiven Oberflächenschichten und exportieren Kohlenstoff und andere Nährstoffe in die Tiefsee. Die zwei Sinkstofffallen, die diese Woche im Nansen Becken geborgen wurden, hatten ein Karussell an dem alle 2 Wochen eine Probenflasche geöffnet und geschlossen wurde. Seit September 2011 haben sich hier Partikel angesammelt anhand derer wir ablesen können, wie viel Kohlenstoff vom Plankton in die Tiefsee befördert wird – dieser Prozess, den man „biologische Pumpe“ nennt, spielt eine wichtige Rolle für den Kohlenstoffkreislauf der Erde. Die Proben zeigen wie erwartet einen großen Unterschied zwischen dem dauer-dunklen Winter der Arktis und den kurzen produktiven Sommermonaten (Abb. 10).

Besonders interessant sind die hohen Mengen an Algenfilamenten, die sich ab Mitte Juli angesammelt haben – sie ähneln den Algenklumpen, die wir auch im Eis und am Tiefseeboden beobachtet haben. Anscheinend sind sie ebenfalls von Eisalgen

produziert, die durch die Eisschmelze freigesetzt werden und in die Tiefsee sinken. Nun warten wir auf die nächsten Fallen, die gerade geborgen werden. Die Untersuchungen zum Phytoplankton-Export werden durch kurzfristige Fallenmessungen an den Eisstationen ergänzt mit denen wir aktuelle tägliche Sedimentationsraten ermitteln. Zusammen werden uns diese Messungen helfen, den Transport von Wasser, Nährstoffen und organisch gebundenem Kohlenstoff in der zentralen Arktis zu verstehen, über den vor allem durch die enormen technischen und logistischen Herausforderungen noch wenig bekannt ist.

Alle sind gesund und munter und grüßen aus dem arktischen Nebel, bei derzeit 83°N und 124°O.

Antje Boetius
 Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Abb. 5: Eisalgen aus dem Darm der Seegurke (© M. Fernandez)

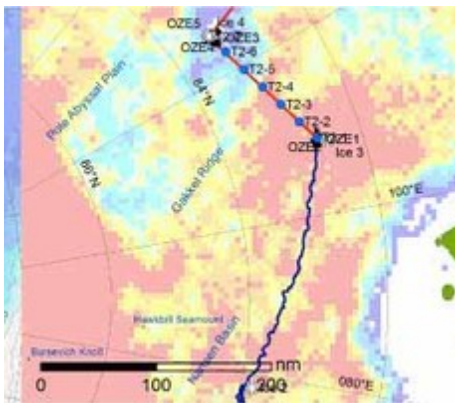


Abb. 6: Das Arbeitspaket der dritten Woche - Eisstationen und CTD Transekte im Nansen und Amundsen Becken, westlich und östlich des Gakkelrücken. Links: Stationen auf der bathymetrischen Karte. Rechts: Stationen auf der Eiskarte - beide Informationen sind wichtig für die Planung der Stationsarbeiten. (© Karte: S. Albrecht)



Abb. 7: Bergung eines besonderen Gerätes an unseren Verankerungen: ein Instrument genannt "Henne", das ein neues Konzept für Messprofile an Verankerungen ohne Energieverbrauch umsetzt. (© B. Rabe)



Abb. 8: Spannung auf der Brücke und an Deck: Die Kopfboje taucht auf dem Eis auf. (© B. Rabe)



Abb. 9: Die Sedimentfalle ist geborgen. (© C. Lalande)

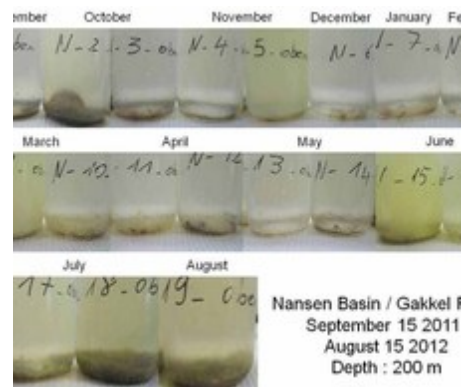


Abb. 10: Die Proben der Sedimentfalle zeigen deutlich die saisonalen Änderungen des Partikelflusses. (© C. Lalande)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 4

26. August - 1. September 2012



Abb. 1: Blick über eine Eisstation. Das dickere Meereis im Vordergrund hat weniger Schmelztümpel als das dünnere im Hintergrund. Im Vordergrund werden Geräte aufgebaut und Messungen durchgeführt, im Hintergrund lassen sich noch Markierungen anderer Messstationen auf dem Eis erkennen. (© M. Nicolaus)

In der vierten Woche der Expedition IceArc haben wir bis zum 28. August an einer weiteren Eisstation bei 82.5°N und 130°E gearbeitet (Abb. 1) und befinden uns seit dem 29. August auf einem Ausflug aus dem Eis heraus – an dem nunmehr völlig eisfreien sibirischen Kontinentalhang bis zum Rand des Laptevsee-Schelfs. In dem sibirischen Sektor der Arktis endet die Eisbedeckung derzeit bei ca. 81°N. Hier laufen noch die Arbeiten am zweiten der beiden Zeitserien-Schnitte (130° und 120°E – bei ca. 77-79°N) mit CTD und Multicorer. Zudem hofften wir, für unsere Kollegen am GEOMAR und AWI und deren internationale Partner des Deutsch-Russischen Laptevsee-Projektes einige – aus logistischen Gründen zuvor noch nicht geborgene – Verankerungen dem Meer abzutrotzen. Die Schnitte aus den arktischen Becken bei 4000m bis zum sibirischen Schelfrand um 60m Wassertiefe werden vom AWI und Kooperationspartnern alle paar Jahre wiederholt. Vor ca. 20 Jahren war diese Region vollständig von Eis bedeckt – seit ein paar Jahren ist sie von Mitte Juli bis September weitgehend eisfrei.

Der Rückgang des Meereises und die physikalischen Messungen im Eis stehen im Mittelpunkt dieses Wochenberichtes, da uns gleich zu Beginn der Woche viele Anfragen von Kollegen, Familie und den Medien dazu erreichte. Per Email erhielten wir Satellitendaten und Nachrichten, dass die Bedeckung des arktischen Ozeans mit Meereis ein Allzeit-Rekordtief seit Beginn der Beobachtungen mit Satelliten erreicht hat. Und das bereits zwei Wochen vor dem langjährigen Meereisminimums zu Mitte September. Viele fragten uns: Wie erlebt Ihr das – was seht Ihr davon?

Vom Schiff aus machen wir im Gegensatz zur Vermessung per Satellit recht kleinräumige Beobachtungen – doch wir nutzen die gesamtarktischen Satellitenkarten als Navigations- und Entscheidungshilfe. Die Eisbedeckungsdaten des Institutes für Umweltphysik der Universität Bremen werden uns dazu täglich übermittelt. Damit im hohen Norden die Emailverbindung nicht zu sehr belastet wird, übertragen Kollegen der Universität Bremen nur ein komprimiertes Datenpaket, welches dann hier vor Ort mit anderen Informationen als Karte aufbereitet wird. Abb. 2 zeigt die Karte der Eisbedeckung vom 31. August mit den bisherigen Eisstationen und den Messflügen der Meereisphysiker. Unsere Forschung bei >80% Meereisbedeckung nahe des Eisrandes (82-84°N) ist dieses Jahr also weiter nördlich als je zuvor. Was wir an Messungen nahe dem sibirischen Kontinentalfuß bei 3000-3500 m Wassertiefe geplant haben, findet nun in den Becken in über 4000m Wassertiefe statt. Es entstehen durch Wind und Schmelze auch „Autobahnen“ in den eisbedeckten Regionen, die wir nutzen können, um schneller voranzukommen (Abb. 3). Dagegen müssen wir manches Mal länger nach einer haltbaren Scholle suchen, um daran zu ankern – mehrjähriges Eis haben wir im sibirischen Sektor südlich von 85°N kaum gefunden. Das sind zunächst die praktischen Befunde. Aber natürlich gibt es auch viele quantitative und höchst spezielle Untersuchungen: Hier an Bord ist es die Aufgabe der international zusammengesetzten Arbeitsgruppe „Meereisphysik“, den Zustand des Meereises zu dokumentieren und die Auswirkungen des beobachteten Rückgangs auf das Meereis selber und den Ozean zu untersuchen. Für dieses Ziel führen wir eine Reihe von Beobachtungen und physikalischen Messungen aus der Luft, direkt auf und unter dem Eis durch – dabei sind viele der Basisdaten auch für die Ozeanographen, Biologen und Chemiker wichtig.

Schwerpunkt der Untersuchungen während der Eisstationen sind Lichtmessungen unter dem Meereis, die mit Hilfe eines kabelgebundenen Unterwasserfahrzeugs (ROV) erfolgen (Abb. 4). Hierbei geht es um die Frage, wie viel Licht - und damit Energie - die Unterseite des Eises und die obersten Meter des Ozeans erreichen. Diese Energiemengen bestimmen z.B. das Schmelzen des Eises. Genauer lassen sich durch die Messungen unterschiedliche Schmelzprozesse unterscheiden: Wie viel

Eis wird direkt an der Oberseite des Meereises geschmolzen, wie viel durch Absorption im Eis und wie viel an der Unterseite des Eises? Die ROV-Messungen führen Untersuchungen aus dem letzten Jahr (Expedition TransArc) fort, als derartige Messungen erstmalig und sehr erfolgreich durchgeführt wurden. Bei den letztjährigen Messungen wurden deutliche Anzeichen für Veränderungen der Verteilung von Licht und Energie im Meereis als Folge der Abnahme und Verjüngung des arktischen Meereises beobachtet. Dies soll nun eingehender untersucht werden. Während unserer aktuellen Reise sollen auch die Verbindungen zwischen dem Lichtangebot unter dem Eis und dem Ökosystem stärker beleuchtet werden. Das Licht unter dem Meereis stellt die wichtigste Energiequelle für die Organismen (und deren Photosynthese) dar – daher gibt es auch einige interdisziplinäre Projekte zwischen Eisphysik, -Biologie und -Chemie. Ergänzend zu den ROV-Messungen führen die Eisphysiker des AWI und der Universität Bremen auch detaillierte Messungen der Albedo und anderer optischer Eigenschaften des Meereises durch. Die Albedo bezeichnet den Anteil des einfallenden Sonnenlichts, der direkt zurück in die Atmosphäre reflektiert wird. Wie auf den Fotos anhand von unterschiedlichen Farben und Helligkeiten zu erkennen ist, ist die Albedo von Meereis, Schmelztümpeln und offenem Wasser sehr unterschiedlich. Außerdem wird bei allen Eisstationen auch die Dicke des Eises mit einem elektromagnetischen Gerät gemessen, ähnlich des EM-Birds (s.u.). Während der Eisstationen wird das Gerät in einem Kanu über das Eis gezogen. Diese Messungen ergänzen die Luftmessungen sehr gut und unterstützen viele andere Arbeiten auf dem Eis, da aus diesen Daten noch während der Stationszeit Karten der Eisdicken angelegt werden können. Viele der Daten dienen auch der Validierung von Satellitendaten, wie sie für die Eiskarten gebraucht werden. Hier sind besonders die optischen Eigenschaften der Eisoberfläche wichtig, die sich für Schnee, Schmelztümpel und verschiedene Eistypen unterscheiden (Abb. 5). Wir wollen in verschiedenen Bereichen der Arktis und für verschiedene Eisdicken und –Zustände die Strahlungsbilanz ermitteln. Ergänzt wird das Validierungsprogramm noch durch die Messung atmosphärischer Aerosole.

Die Dicke des Meereises wird wie in den vergangenen Polarstern-Expeditionen vor allem auch aus der Luft mit dem sogenannten EM-Bird gemessen (Abb. 6). Hierbei handelt es sich um ein geophysikalisches Messgerät, welches basierend auf dem Unterschied der elektrischen Leitfähigkeit von Meereis und Meerwasser die Meereisdicke auch im Flug bestimmen kann. Dazu nimmt eine eingebaute Kamera während des Fluges kontinuierlich Bilder vom Meereis auf. Die Bilder sollen später dazu verwendet werden, den prozentualen Anteil an Schmelztümpeln auf dem Eis sowie Schollengrößen zu ermitteln. Während der Eisstationen werden zudem auch Luftbilder aus großer Höhe gemacht, um die Arbeiten auf dem Eis zu dokumentieren (Abb. 7). Und auch einige ganz neue Technologien erproben wir an Bord, die für eine bessere Kartierung des Eises und seiner Änderungen sorgen sollen: Auf dem Peildeck ist eine automatische Infrarotkamera installiert, die nicht nur Meeressäuger entdecken kann (Abb. 8), sondern auch Schmelztümpel und gebrochene Eisoberflächen kartiert. Von der Eisoberfläche werden zudem 3D Bilder erzeugt, um die verschiedenen Topographien zu rekonstruieren – auch sie sollen künftig das Verständnis Lichtreflektion, Eisschmelze und des Lebensraums Meereis verbessern. Doch die geringe Eisbedeckung mit viel offenem Wasser sowie die stark geschmolzene Meereisoberfläche nahe der Eisrandzone führen leider auch zu sehr viel Feuchtigkeit in der Luft – das Resultat sind Nebel und niedrige Wolken. Das ist natürlich ein Ärgernis für die Wissenschaftler und Piloten, welche die Dicke des Meereises aus der Luft mit den Bordhelikoptern messen wollen. Bisher konnten nur sechs längere Messflüge durchgeführt werden, da die Sicht zumeist zu schlecht war. In den wenigen Messflügen jedoch konnten die Eisphysiker einzigartige Messungen und Luftbilder in der Eisrandzone machen. Die Meereisoberfläche zeigt eine sehr hohe Bedeckung mit Schmelztümpeln, so dass das dünne Meereis (<1m) sehr dunkel erscheint (Abb. 9). Dunkles Meereis absorbiert besonders viel Sonnenlicht und schmilzt deutlich schneller als dickeres und helleres Eis. Es ist daher zu erwarten, dass die Meereisbedeckung bis Mitte September noch deutlicher zurückgehen kann. Ein Vergleich zu Eisdickenmessungen in den vergangenen Jahren muss jedoch darauf warten, dass Polarstern in der zweiten Hälfte der Reise in das Innere der Eiszone vorstößt.

Neben den Messflügen werden auch ganz klassisch von der Brücke stündliche Beobachtungen über den Meereiszustand durchgeführt, so dass auch bei schlechtem Wetter Informationen zur Eisdicke und Schmelztümpelbedeckung zur Verfügung stehen (Abb. 10). Diese Beobachtungen werden diese Fahrt zum ersten Mal nach einem international einheitlichen Beobachtungsprotokoll durchgeführt – und fast alle Fahrtteilnehmer helfen mit. Dieses Protokoll ist speziell für arktisches Meereis zugeschnitten und wird dieses Jahr z.B. auch von norwegischen, amerikanischen und chinesischen Forschungsschiffen in gleicher Weise verwendet. So können die Daten in einer gemeinsamen Datenbank zusammengetragen und statistisch ausgewertet werden – auch sie sind wertvoll für die Validierung der Satellitendaten, die uns übermittelt werden. Der Ausflug Richtung Laptevsee ist inzwischen fast zu Ende – leider konnten wir nur eine der vier Schelfverankerungen bergen (Abb. 11). Alle anderen waren zwar mit dem Hydrophon zu orten, hatten aber ihren Auftrieb verloren und konnten dadurch nach Auslösen nicht aufsteigen. Da die Verankerungen in Wassertiefen von 60 Metern recht kurz sind und den Messungen nach horizontal im Schlamm des Schelfrandes versunken, konnten sie leider auch nicht mit der bewährten

Dredge-Methode geborgen werden. Das war doch traurig, sie zurückzulassen, wo sie noch mit uns „geredet“ haben, sprich: akustische Signale sendeten. Aber bei all unseren weiteren Vorhaben wird die Zeit doch schon zu Hälfte der Expedition knapp. Nun sind wir auf dem Rückweg zu den Freifallgeräten, die 4 Tage im offenen Wasser Kohlenstoff- und Nährstoffflüsse am Meeresboden bestimmt haben – danach geht es wieder ins Eis, Kurs Nordpol.

Alle sind gesund und munter und grüßen von 87°N und 118°O

Antje Boetius

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen unter

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>. Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Abb. 2: Übersichtskarte (Eisstationen und Messflüge) über das bisherige Messprogramm der Arbeitsgruppe Meereisphysik. (© Abb.: AWI Meereisphysik)



Abb. 3: Polarstern aus der Sicht des Helikopters kurz vor der Landung (© S. Hendricks)



Abb. 4: Das ROV wird für einen Taucheinsatz während einer Eisstation vorbereitet. Im Hintergrund wird die Albedo des Eises und eines Schmelztümpels vermessen. (© M. Nicolaus)



Abb. 5: Larysa Istomina misst die Lichtreflektion mit einem Radiometer. (© AWI Meereisphysik)



Abb. 6: Der EM-Bird zu Bestimmung der Meereisdicke im Flug. Der EM-Bird misst direkt die Dicke des Meereises und bestimmt Oberflächeneigenschaften mit einer eingebauten Luftbildkamera. (© M. Schiller)

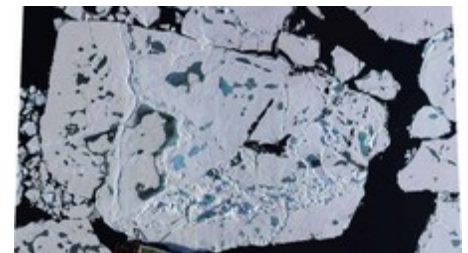


Abb. 7: Fotomosaik der Luftbildkamera im EM-Bird von einer Eisstation (© AWI Meereisphysik)



Abb. 8: Links - Detektion einer Eisbärenmutter mit Jungem durch die Infrarotkamera; rechts - die beiden im Foto. (© S. Rettig)

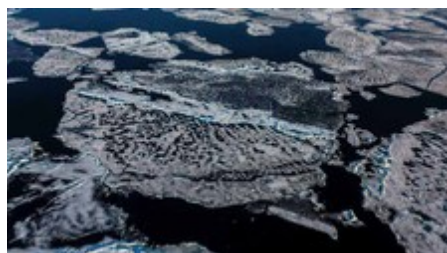


Abb. 9: Dünnes und durch starke Oberflächenschmelze sehr dunkles Meereis in der Eisrandzone (© S. Hendricks)



Abb. 10: Foto zur Eisbeobachtung von der Brücke der Polarstern. Die Beobachtungen der Eiseigenschaften werden stündlich durchgeführt und mit Bildern zusätzlich dokumentiert. (© AWI Meereisphysik)



Abb. 11a: Eine Verankerung vom Schelfrand der Laptevsee ist mittels Schlauchbooteinsatzes geborgen. (© R. Somavilla)



Abb. 11b: Die Geräte sind stark überwuchert. (© R. Somavilla)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 5

2. September - 8. September 2012

Die Woche begann mit der erfolgreichen Bergung unserer drei Lander-Systeme, die während des Laptevsee-Abstechers autonome biogeochemische Messungen im offenen Wasser nahe des Eisrandes bei 3500m Wassertiefe durchgeführt hatten. Als wir sie an Bord nahmen, waren ihre Batterien zwar restlos alle, dafür brachten sie etwas anderes mit. Einer unser Techniker hatte eine Tiefseefalle für hungrige Aasfresser gebaut und mit Fischfilet bestückt. Wir trauten unseren Augen nicht, als wir die Falle bis zum Kragen vollgestopft mit Tiefsee-Flohkrebse in allen Größen sahen. Auf keinen Fall ist der arktische Tiefseeboden ein Wüste, soviel ist klar.



Abb. 1: Unter dem Eis akkumulierende braune Eisalgenaggregate, gefangen von Christiane Uhlig (AWI) (© I. Peeken)

Weiter ging es nordwärts zurück ins Eis. Inzwischen ist das Eis noch weiter zurückgegangen und wir konnten relativ schnell schon nach einem Tag die nächste Eisstation Nr. 5 beginnen, bei 81.7°N und 131°E. Immer noch sind fast nur einjährige, stark geschmolzene Eisschollen um uns herum, dazwischen gibt es viel offenes Wasser. Im Gegensatz zu der südlich gelegenen Station im offenen Wasser finden wir wieder viele Hinweise, dass früher in der Saison sehr viele Algenklumpen zu Boden gesunken sind, nicht nur sehen wir ihre Spuren in Form von ausgebleichetem Algendetritus am Meeresboden sondern auch die Seegurken sind grösser denn je und haben voll entwickelte Gonaden. Nach 1,5 Tagen dampfen wir weiter nordwärts, nordwestlich von uns hat sich eine Autobahn von offenem Wasser bis nach 85°N aufgetan, in der wir schnell vorankommen. Auch die nächsten zwei Untereis-Zooplankton-Trawls im offenen Wasser bestätigen unsere Hypothese, dass das arktische Leben von der Oberfläche bis in die Tiefsee sehr eng an das Meereis gekoppelt ist. In nur wenigen Meilen Entfernung von zwei Eisstationen zeigt sich im Plankton eine völlig andere Zusammensetzung, wenn das Trawl durch offenes Wasser anstatt unter Meereis gezogen wird. Und die wenigen Polardorsche, die gefangen werden, haben in ihren Mägen Ruderfußkrebse statt der Untereis-Flohkrebse, die ihre normale Nahrung darstellt. Doch nun geht es weiter ins mehrjährige Eis. Am 7. September bei 85°N und 124°O haben wir jetzt auch zum ersten Mal mehrjähriges Eis angetroffen und beginnen unsere sechste Meereisstation. Zuerst gehen die Lander-Systeme wieder zu Wasser, dann finden wir per Helikopter eine schöne Scholle mit immerhin über einem Meter Eisdicken. Aber auch auf dieser Station, ähnlich wie bei den beiden voran gegangenen, finden wir nur noch wenig Algenbiomasse im Eis, die auf den ersten drei Eisstationen noch so zahlreich vorhanden war. Auf der Transarc-Expedition ARK26-3 des letzten Jahres haben wir zum ersten Mal sehr große Algenklumpen auf dem Boden der Schmelztümpel gefunden. Zu unserem Erstaunen bestanden diese aus pelagischen Algen. Auch dieses Jahr entlang unserer östlichen Route zwischen 81° und 85°N konnten wir erstaunliche Ansammlungen von Algenbiomasse in den Schmelztümpeln beobachten. Ein Blick ins Mikroskop zeigte aber, dass diese von Eisalgen gebildet werden: Es gibt dunkelbraune Aggregate aus lebenden, länglichen „pennaten“ Kieselalgen an der Eis-Wasser Grenzfläche (Abb. 1). Zusätzlich fanden wir häufig weiße und gelbliche Ansammlungen von Algenmaterial auf dem Grund von Schmelztümpeln (Abb. 2). Diese Ansammlungen bestanden in der Regel aus toten Zellen der für die Arktis typischen Kieselalge *Melosira arctica* (Abb. 3). Bisher wurde vermutet, dass diese Art überwiegend im mehrjährigen Eis vorkommt – dort bildet sie riesige Untereis-Ansammlungen, die wie Tangwälder aussehen. Hier finden wir erhebliche Biomassen dieser Alge auch in einjährigem Eis – und haben wenigstens einmal kurz auch einen Blick auf ihre langen fädigen Aggregate werfen können, als das Schiff auf Station #6 Eis brach. Doch Anfang September sind nun sowohl die Biomasse als auch die Wachstumsrate der Diatomeen im Meereis, dem darunterliegenden und auch dem offenen Wasser sehr gering. Auch wenn genügend Licht da ist – es mangelt an dem wichtigen Pflanzennährstoff Nitrat. Und das erklärt auch die Dominanz von den Mikrometer-kleinen Algen, sogenanntem Picoplankton, das besser an den Nährstoffmangel angepasst ist.

Um die Konsequenzen der Erwärmung und des Meereisrückgangs auf die arktischen Lebensgemeinschaften zu untersuchen,

müssen zunächst verschiedenen Eistypen nach der Zusammensetzung und biologischen Aktivität klassifiziert und in Zusammenhang mit den umgebenden Wassermassen analysiert werden (Unsere strengen Eisphysiker erlauben übrigens den Ausdruck „Eissorten“ nicht, weil sich das nach Schokolade, Vanille oder Stracciatella anhört, sagen sie..). Daher haben unsere internationalen biologischen und biogeochemischen Eisforscher die Probenahme vom Meereis, den Schmelztümpeln und dem Meerwasser unter dem Eis mit den Eisphysikern und Ozeanographen genau abgestimmt (Abb. 4, 5). Zum Vergleich der biogeochemischen Prozesse werden Partikelproben auf ihre Bestandteile an Kohlenstoff, Silikat und Algenbiomasse untersucht. Auch die Ausscheidungsprodukte von Bakterien, Algen und Zooplankton sind wichtig für das Recycling von Nährstoffen - wie der gelöste organische Kohlenstoff und die „transparenten exopolymeren Partikel - TEP“, ein wissenschaftlicher Euphemismus für „Schleim“. Dazu wird auch noch die Artenvielfalt der Bakterien und Algen der unterschiedlichen Meereistypen per Mikroskopie, Flow-Cytometer und verschiedenen molekularen Methoden untersucht, um die Lebensgemeinschaften im Eis zu charakterisieren wie auch ihre aktiven Gene zu bestimmen.



Abb. 2: Gelblich-weiße Aggregate, die sich am Boden von Schmelztümpeln ansammeln; die Größe der Aggregate liegt zwischen 5-15 cm. (© I. Peeken)

Warum so viel Aufhebens um das mikroskopisch kleine Leben? Es bestimmt die Produktivität der Arktis und ihre Nahrungsnetze. Der Eisrückgang wirkt dabei direkt auf die mögliche Produktivität, in dem sich die Lichtverfügbarkeit ändert. Eigentlich ist die aktuelle Hypothese, dass weniger Eis und mehr Licht im Sommer, das Algenwachstum erhöhen muss. Doch da in der Arktis Nährstoffe stark limitiert sind, und die zunehmende Schmelze sowie andere Süßwassereinträge die Stratifizierung erhöhen, kann die Zukunft der Arktischen Produktivität auch anders aussehen. Doch Licht ist ein wichtiger Faktor - über die Lichtabsorption von Meereisalgen kann man ihre Konzentration im Eis bestimmen. Solche Strahlungsmessungen unter dem Eis werden von den Meereisphysikern an Bord mit einem mit Sonden bestücktem Unterwasserroboter durchgeführt (siehe Vierter Wochenbericht). Zur Kalibrierung der Sensoren untersuchen die Meereisbiologen Eiskerne auf ihre optischen Eigenschaften wie partikuläre

Absorption, Gelbstoffe und Algenpigmente. Die Daten werden dann mit den detaillierten Messungen zur Primärproduktion verknüpft, um die Rolle der Meereisalgen für das Kohlenstoffbudget des arktischen Ökosystems besser verstehen zu können. Zudem werden mit Hilfe von Lichtkurven-Experimenten (Abb. 6) gezielte Untersuchungen zur Anpassungsfähigkeit der Algen an unterschiedliche Lichtmengen durchgeführt. Auch eine Limitation durch Nährstoffmangel wird in Wachstumsexperimenten untersucht. Dazu kommen noch Untersuchungen des Kohlenstoffflusses zwischen Algen und Bakterien.

Dazu wird die Verdauungsleistung der Bakterien ermittelt. Bakterien müssen ihre Enzyme ausscheiden um größere Moleküle zu zersetzen und anschließend Energie für den Stoffwechsel durch Atmung zu gewinnen. Mit den gleichzeitigen Messungen von enzymatischer Aktivität, Sauerstoffatmung und Stickstoffumsatz können die Verbindungen dieser Prozesse aufgezeigt werden. Vielleicht führen die Erwärmung und der zunehmende Nährstoffmangel in der Arktis sogar zum ersten Auftreten von stickstofffixierenden Algen, die bisher noch nicht beobachtet wurden. Um die Primärproduktion in und unter dem Eis zu verstehen, ist es dazu notwendig die Makro- und die Mikronährstoffe zu untersuchen. Daher werden schon gleich an Bord Messungen von gelöstem Phosphat, Silikat, Nitrat und Nitrit durchgeführt. Zusätzlich werden wichtige Mikronährstoffe, die sogenannten Spurenmetalle wie z. B. Eisen untersucht. Es ist bekannt, dass Eisen die Primärproduktion in 30% des Weltozeans und vielleicht auch in einigen Gebieten der Arktis limitiert. In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, das Eisen im Meereis 10-100-fach höher konzentriert ist, als im darunter liegenden Meerwasser. Schmelzendes Meereis kann bis zu 70% des täglichen Eisen-Eintrages ins Oberflächenwasser ausmachen. Die Probenahme und Analyse von Spurenmetallen wie Mangan, Zink, Kupfer und Kobalt verlangt dabei höchste Sauberkeit (Abb. 7).

Wie werden die von den Algen verbrauchten Nährstoffe unter dem Eis nachgeliefert? Vertikale Turbulenzen im Meerwasser direkt unter dem Eis kontrolliert eventuell die Nährstoffzufuhr zu den Eisalgen. Um Informationen über die Turbulenz und auch die Nährstoffgradienten an der Meereisgrenzfläche bis in 100m Tiefe abschätzen zu können, werden verschiedene *in situ* Messgeräte unter das Eis gesetzt. Zum Beispiel kann das Instrument zur 'Aquatic Eddy-Correlation' (AEC) (Abb. 8) Flüsse über ein Gebiet von 50-100 m² erfassen. Um die hydrodynamischen Bedingungen unterhalb des Meereises zu untersuchen, werden zudem profilierende Messgeräte eingesetzt. Ein Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) misst die Turbulenz und die Schichtung in den oberen 8m der Wassersäule (Abb. 9). Das als 'Missy' bezeichnete Mikrostruktur-Profilgerät misst die kleinskalige Turbulenz bis in 100m Wassertiefe. Um Mikoprofile von chemischen und physikalischen Variablen direkt unter dem Eis zu erhalten, kommt der Untereis-Mikro-Profiler zum Einsatz. (Abb. 10). Die Bestimmung von Methanflüssen im Meereis ist eine weitere wichtige biogeochemische Fragestellung auf dieser Expedition. Methan kommt eigentlich nur in sehr

geringen Konzentrationen vor, es ist aber ein sehr starkes Treibhausgas. In letzter Zeit gibt es vermehrt Berichte von stark erhöhten Methankonzentrationen über der Arktis. Doch bisher ist wenig darüber bekannt, welche Austauschprozesse von Methan zwischen Meerwasser und Meereis stattfinden und wie viel Methan dabei in die Atmosphäre gelangt. Daher werden auf unserer Expedition verschiedene Methanbildungs- und Verbrauchswege im Meereis untersucht (Abb. 11) – in ihrer räumlichen und saisonalen Variabilität sowie in den verschiedenen Meereistypen und unterschiedlichen Schmelzzuständen. Eine weitere wichtige Frage ist, welche Bakterien eine Rolle bei Methanbildung und –Verbrauch im Meereis spielen.

Die Forschung macht uns also durchweg viel Freude, doch gibt es nun auch weniger Erfreuliches zu berichten. Zum Ende der Woche hat sich leider bei einem Routine-Sicherheitsmanöver ein Unfall ereignet, bei dem mehrere Personen leicht verletzt wurden. Ein Beteiligten erlitt jedoch einen komplizierten Armbruch, der unbedingt fachgerecht in einem Krankenhaus behandelt werden muss. Polarstern hat daher das Forschungsgebiet Richtung Kirkenes / Norwegen verlassen, der Patient wird dann umgehend nach Deutschland geflogen, um dort weiter behandelt zu werden. In ungefähr einer Woche sind wir wieder im Eis und berichten weiter von der Expedition IceArc.

Mit herzlichen Grüßen von 85°N und 123°O

Antje Boetius, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen unter

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>.

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Abb. 3: Mikroskopische Aufnahme einer Kette von leeren Schalen der Eisalge *Melosira arctica* (© M. Fernandez)



Abb. 4: Probennahme von Eiskernen, im Hintergrund Polarstern; Daniel Scholz (AWI) und Muntsa Roca Marti (UAB/ICTA, vorne) und Ben Lange (AWI, hinten) erbohren Eiskerne. (© C. Uhlig)



Abb. 5: Schmelztümpel-Beprobung; von links vorne: Ilka Peeken (MARUM/AWI), Anique Stecher, Christiane Uhlig (AWI) und Luisa Galgani (GEOMAR), rechts: Stefan Hendricks (AWI) als Bärenwächter (© M. Fernandez)



Abb. 6: Inkubator zur Messung von Lichtkurven der Algenproduktion, konstruiert von Patrick Meyer (MPI) (© M. Fernandez)



Abb. 7: Charly Thurczy (NIOZ) und Ilka Peeken (AWI/MARUM) bohren einen Eiskern für Schwermetallanalysen. Links: Marie Le Guitton (NIOZ) beschriftet Eiskernproben. (© C. Uhlig)



Abb. 8: Frank Wenzhöfer (AWI/MPI) beim Einsatz des 'Aquatic Eddy-Correlation' Systems (AEC) unter dem Eis (© K. Attard)

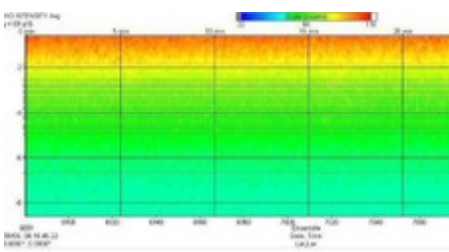


Abb. 9: Ergebnisse des Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) zu Turbulenz und Schichtung in den oberen 8 m der Wassersäule unter dem Eis (© Daten: K. Attard)



Abb. 10: Axel Nordhausen (MPI) bei der Installation des "Unter-Eis-Mikroprofilers" (© K. Attard)



Abb. 11: Eva Kirschenmann (AWI) bei der Bohrung eines Eiskernes; im Hintergrund der "Unter-Eis-Mikroprofiler" (© M. Fernandez)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 6

9. September - 15. September 2012



Foto 1: Axel Nordhausen und Patrick Meyer bereiten die Lander für ihren nächsten Einsatz vor. (© J. Felden, Marum)

Zu Beginn der sechsten Woche unserer Expedition hatten wir schnell mit unserer sechsten und bisher nördlichsten Eisstation bei über 85°N und 122°E abzuschließen, um den Rückweg nach Kirkenes anzutreten, wo der Transfer unseres verletzten Kollegen stattfinden sollte. Auch hier war die Scholle der Wahl noch von viel freiem Wasser umgeben. Es wurden noch schnell jede Menge Eis- und Schlammkerne gezogen, Schmelztümpel-Proben und Sensordaten genommen, um die lange Transitzeit mit Arbeit zu füllen.

Die letzte Aktion vor Abdampfen war dann die Bergung der Freifallgeräte, „Lander“ genannt von „am Boden landen“ (Foto 1). Diese Instrumente dienen in situ Messungen von Sauerstoff-Zehrungsraten. Sie erlauben, den Umsatz an organischem

Material am Meeresboden zu quantifizieren, der in direktem Zusammenhang mit dem Sinkstofffluss aus der produktiven Meeresoberfläche sowie der Ablagerung von Kohlenstoff im Meeresboden steht. Von den meisten Ozeanregionen gibt es schon einige wenige Daten dazu, doch aufgrund der technischen Schwierigkeiten unter Eisbedeckung zu messen, wurden solche Messungen bisher noch nicht in der zentralen Arktis durchgeführt. Bisher haben wir zu Beginn der Eisstationen hintereinander immer 3 der Lander-Systeme ausgesetzt. Jeder Lander ist mit 3 benthischen Kammern und einem horizontal versetzbaren Mikroprofiler ausgestattet. Während die Kammern eine ca. 400cm² große Fläche Meeresboden inkubieren, um den Gesamtverbrauch an Sauerstoff zu bestimmen, misst der Mikroprofiler hochauflösende Sauerstoffprofile im Sediment, mit denen der diffusive Sauerstoffverbrauch bestimmt werden kann.

Für die Untereismessungen setzen wir die Lander ähnlich einer Verankerung ein. Sie sind mit einem Seil und einer Kopfboje als Auftrieb ausgestattet, sowie mit hydroakustischen Transpondern – einmal direkt über dem Lander in 4500 m Wassertiefe wie auch unter der Kopfboje in 200 m Wassertiefe. Die Lander messen autonom für drei Tage während wir in der Nähe die Eisstationen abarbeiten. Wenn es Zeit ist, sie zurück zu holen, orten wir sie zunächst exakt, dann bricht Polarstern einen Bereich im Eis darüber frei. Nach dem Auslösen treiben die Auftriebskugeln zwischen den Eisbrocken auf, das Schiff schiebt noch kleinere Schollen weg (Foto 2), dann können alle Lander wohlbehalten wieder an Deck genommen werden (Foto 3). Erste Ergebnisse unserer in situ Messungen zeigen große Sauerstoffeindringtiefen und geringe Umsatzraten, wie sie für oligotrophe Ozeane typisch sind. Sowohl die diffusive als auch die gesamte Zehrungsraten liegen dabei in der Größenordnung von 0.25 mmol O₂ m⁻² d⁻¹. Dass wir kaum Unterschied zwischen beiden Methoden finden, lässt darauf schließen, dass es kaum Makrofauna gibt und die Bakterien den größten Anteil der Atmung leisten. Genau das wird auch durch die Multigreifer-Fänge belegt, die nach dem Sieben der Sedimente kaum Lebewesen zeigen. So sind wohl tatsächlich die arktischen Seegurken die absoluten Gewinner im Wettstreit um die absinkenden Eisalgen.

Entsprechend zeigt der OFOS – Fotoschlitten auch hier an unserer nördlichsten Station unglaubliche Dichten an den beiden Seegurken *Kolga hyalina* und *Elipidia heckeri*, dazu noch jede Menge Stiele abgestorbener Glasschwämme an denen Seeanemonen wachsen (Foto 4). Lustig ist auch eine andere Sorte Seeanemonen anzuschauen – sie kriechen langsam aber bestimmt über den Tiefseeboden. Zu den quantitativen Beobachtungen mit dem Fotoschlitten beproben wir auch stets ein Stück des OFOS Transektes mit dem Agassiz Trawl. Auch so weit nördlich unter dem ehemals ewigen Eis bringt es einen großen Fang an Seegurken, Schwämmen und Seeanemonen zutage (Foto 5). Die Proben werden von taxonomischen Experten zuhause genutzt, um die Lebewesen auf Artniveau zu bestimmen. Dieses Projekt ist eine Zusammenarbeit mit

Experten vom Shirshov Institut in Moskau, die sich sehr gut mit der Vielfalt des arktischen Lebens auskennen.

Auch die benthische Fauna der Zentralen Arktis ist bisher aufgrund der Eisbedeckung nur wenig untersucht. Erste Ergebnisse aus dem Nansen und dem Amundsen Becken zeigen, dass die arktischen Tiefseeebenen von wenigen Spezies dominiert werden – unter anderem die beiden Seegurkenarten *K. hyalina* und *E. heckeri*, zwei oder mehr Arten von Seeanemonen, Schwämme (vermutlich *Caulophacus*) und in manchen Gebieten auch Haarsterne wie *Ophiostriatus striatus*. Wie schon zuvor berichtet, scheint das Absinken von Eisalgen eine entscheidende Rolle für ihre Ernährung zu spielen. Jedenfalls zeigt sich bei der ersten Auswertung ein deutlicher Zusammenhang zwischen Anzahl der Algenklumpen, und Verteilung und Größe der Megafauna. Besonders die Seegurke *K. hyalina* scheint sehr schnell auf den saisonal erhöhten Eintrag an organischem Material reagieren zu können. Am deutlichsten zeigte sich dies in Gebieten mit erhöhten Algenablagerungen: dort hat *Kolga* deutlich in Größe zugenommen und weist – dank ihrer Durchsichtigkeit - unverkennbar besser ausgebildete Geschlechtsorgane auf. Die Bestimmung von Algenpigmenten in ihrem Darminhalt zeigt, dass die Seegurken trotz ihres sehr bescheidenen Nervennetzwerkes sehr selektiv Algenklumpen finden und fressen können - sie haben bis zu 200fach mehr Pigmente im Darm, als im umgebenden Sediment zu finden sind. Vergleichende Untersuchungen der Größe, des Mageninhalts und der Entwicklung der Geschlechtsorgane dieser Spezies aus unterschiedlichen Gebieten werden uns helfen, ihre Anpassungsmechanismen besser zu verstehen.

Da wir nun während des Transits unverhofft Zeit für die Auswertung und Synthese unserer Daten haben, sind wir auch dabei die ersten Ergebnisse vom sibirischen Kontinentalrand mit den Tiefseebecken zu vergleichen. OFOS und Agassiz konnten wir aus Zeitgründen nicht bei der Laptevsee-Exkursion nutzen, doch mit der am Multicorer angebrachten Telemetrie konnten wir die unterschiedliche Besiedlung des Laptevsee-Kontinentalhanges mit zunehmender Wassertiefe dokumentieren. Am oberen Kontinentalhang ist das Bodenwasser durch Schwebstoffe getrübt und es finden sich viele Filtrierer am Meeresboden (z.B. Haarsterne, Gorgonenhäupter). Auch ein paar Fische (Aalmuttern) können wir beobachten. Ab 1500m wird das Wasser wieder klarer, es zeigen sich keine Fische mehr, und wir finden zunehmend Detritus-Fresser, wie z.B. unsere beiden Seegurken-Arten *K. hyalina* und *E. heckeri*. An den gewonnen Sedimentkernen (Foto 6) werden weitere Untersuchungen durchgeführt, wie die Zusammensetzung der Kleinstlebewesen (Meiofauna- und Mikroorganismen), ihre Enzymaktivitäten und der Gehalt an Chlorophyll von abgesunkenen Algen. Erste Ergebnisse von Bordmessungen zeigen, dass die Aktivitäten der Enzyme für den Abbau von Algen- und Zooplankton-Resten mit der Tiefe und mit sinkender Nahrungsverfügbarkeit abnehmen (Foto 7). Die Werte sind vergleichbar mit Daten, die hier bereits vor fast 20 Jahren (ARK IX/4 1993) durchgeführt wurden. Außerdem können wir schon jetzt sehen, dass die mikrobielle Aktivität am Kontinentalhang deutlich höher ist als in den Tiefseebecken. Und das obwohl wir nur dort die große Algenklumpen am Meeresboden beobachtet haben. Diese sind allerdings so fleckenhaft verteilt, dass möglicherweise nur die mobile Megafauna wie die „Staubsauger“-Seegurken viel von diesen Nahrungseinträgen abbekommt. Am Ende sollen unsere Ergebnisse uns helfen, den Zusammenhang zwischen Algenproduktion im Oberflächenwasser bzw. im Eis und dem Leben in der Tiefsee besser zu verstehen.

Ein Großteil des an der produktiven Meeresoberfläche gebildeten organischen Materials wird ja schon in der oberen Wassersäule wieder remineralisiert, und auch auf dem Weg der Sinkstoffe zum Meeresboden zehren Mikroorganismen weiter an den Sinkstoffen und wandeln sie zum Teil in gelöstes Material um. Für die zentrale Arktis ist noch völlig unklar, wie Produktionsraten mit Export- und Remineralisierungsraten zusammenpassen und welche Rolle dabei das Eis spielt. Ein Vergleich der enzymatischen Kapazitäten und Zusammensetzung von Bakterien der Cryosphäre, des Pelagials und Benthals gibt uns dabei einen Einblick in ihre funktionalen Unterschiede beim Abbau von organischem Material - ein gemeinsames Projekt von AWI, GEOMAR und der Universität von Nord-Carolina, Chapel Hill.

Während der Dampfstrecke nach Kirkenes finden einige Meetings statt, um den Fortgang der Reise und erste Ergebnisse zu besprechen. Auch über den Zustand des Meereises reden wir viel. Jetzt, wo wir uns dem absoluten Minimum in 2012 nähern, zeigen die Satellitendaten noch immer starke Änderungen im Vergleich zum Beginn unserer Reise. Bis auf die erste Station an der Scholle, von der wir zu Ende der Reise unsere Instrumente bergen wollen und die glücklicherweise einen Nordkurs eingeschlagen hat, sind inzwischen alle anderen Stationen eisfrei. Hätten wir unsere Fahrt wie geplant fortgesetzt, hätten wir bei 122°E bis 87°N dampfen müssen, um auf eine geschlossene Eisdecke zu stoßen. Trotz der Deviation hoffen wir nun immer noch auf drei Stationen ganz im Norden, denn der Vergleich des ein- und mehrjährigen Eises ist für die biogeochemischen, biologischen, optischen und physikalischen Fragestellungen zum arktischen Wandel sehr wichtig.

Nach einer 3.5-tägigen, stürmischen Anfahrt haben wir am frühen Morgen des 14. September die Nordküste Norwegens erreicht und konnten bei gutem Wetter den Transfer durchführen. Schon mittags waren wir wieder unterwegs auf Nordroute.

Wir werden zu Beginn nächste Woche um den 17. September herum wieder die Eiskante erreichen – die Stationen sind umgeplant auf einen Schnitt entlang 60° E.

Mit herzlichen Grüßen an unsere Familien, Freunde, und Kollegen
Antje Boetius, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Foto 2: Der Lander ist ausgelöst, die Auftriebskörper treiben zwischen den Eisschollen auf. (© F. Wenzhöfer, AWI)

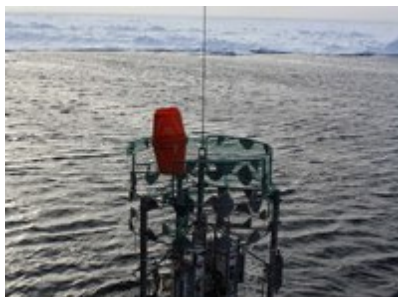


Foto 3: Bergung eines unserer Landerysteme (© F. Wenzhöfer, AWI)



Foto 4: Seeanemonen an abgestorbenen Glasschwämmen (© AWI)



Foto 5: Agassiz trawl mit Fang (© A. Boetius, AWI)

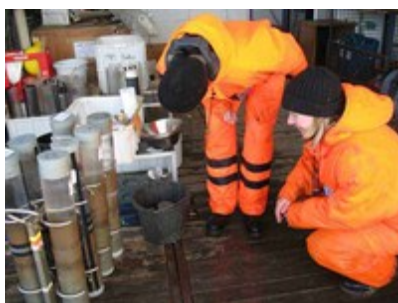


Foto 6: Wiebke Rentzsch und Christina Bienhold freuen sich über 7 gelungene Multicorer-Sedimentkerne. (© R. Stiens, MPI)

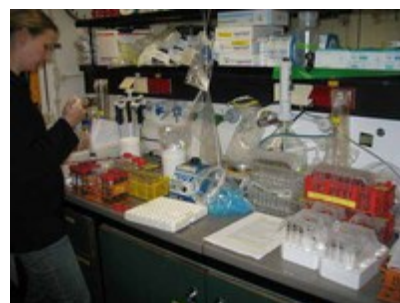


Foto 7: Was hatten die Bakterien zum Abendessen? Wiebke Rentzsch bearbeitet im Labor Sedimentproben für die Messung extrazellulärer Enzymaktivität. (© C. Bienhold, MPI/AWI)

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 7

16. September - 22. September 2012

Am Sonntag, den 16. 09. haben wir bei 84°N und 60°O wieder die Eiskante erreicht, damit war die Deviation nach Kirkenes offiziell beendet. Von unserem ausgeflogenen Kollegen wissen wir inzwischen auch, dass er seine Operation gut überstanden hat. Aus der Ferne wünschen wir ihm schnellstmögliche gute Besserung.

Ab der Eiskante begannen auch wieder Forschungsarbeiten - zunächst zumindest per Helikopter mit Eisdickenmessungen, durch Eisbeobachtung von der Brücke, mit der Temperatur- und Salinitäts-Daten übermittelnden Einmalgebrauchs-(X)-CTD und per Hydrosweep und Parasound-Aufzeichnung. Am Dienstag den 17. September überquerten wir den riesigen Karasik-Seeberg südlich des Gakkelrückens. Trotz fast geschlossener Eisdecke konnte Polarstern noch einen weiteren Bathymetrie-Schnitt über den Seeberg legen, der von ca. 3800m Wassertiefe mit seiner Spitze 600m Wassertiefe erreicht.

Unsere siebte Eisstation bei 88°N und 60°O erreichten wir am Dienstag Vormittag. Für alle war es ein gutes Gefühl, wieder draußen auf dem Eis zu sein - oder per Kamera und Probennehmer in der Tiefsee. Die ersten ROV-Untereis-Bilder der Eisstation freuten alle: dicke Aggregate und Büsche der berühmten Kieselalge *Melosira arctica*. Und auch in der Tiefsee wieder ein grüner Flickenteppich von auf 4400m abgesunkenen Eisalgen. Schon bereuten wir es, bei dieser Station auf den Tiefseelander-Einsatz verzichtet zu haben, doch mit der Zeit müssen wir nun wirtschaften um unsere nördlichste Station >89°N noch zu erreichen.

Mit dem Schicksal des arktischen Plankton im Klimawandel befasst sich ein rechtes großes Team an Bord: In diesem Wochenbericht wollen wir die Forschungsaufgaben der Arbeitsgruppe PEBCAO (Plankton Ecology and Biogeochemistry in a Changing Arctic Ocean) des Alfred Wegener Instituts vorstellen. Das Ziel von PEBCAO ist es, die durch Eisrückgang, Meereseerwärmung und Versauerung verursachten Veränderungen des pelagischen Ökosystems in der Arktis besser zu verstehen. Dazu werden Proben in den oberen Wasserschichten des Ozeans gesammelt, aber auch im Meereis, in Schmelztümpeln und unter dem Eis. Die Wasserproben werden vom Schiff aus mit dem CTD-Rosettenwasserschöpfer genommen; dieser besteht aus 24 großen Flaschen, die auf verschiedenen Tiefenstufen Wasser einschließen können (Bild 1). Wenn die Rosette wieder an Bord gekommen ist, wird das Wasser schnell abgezapft und unter vielen verschiedenen Wissenschaftlern aufgeteilt. Es werden Proben für hydrographische, chemische und biologische Parameter abgefüllt, wie die Konzentrationen von Nährstoffen, Chlorophyll *a*, partikulärem Kohlenstoff, Stickstoff und biogenem Silizium. Für die meisten biologischen Parameter werden die kleinen, oft unsichtbaren Partikel aus großen Mengen Wasser auf Glasfaserfilter filtriert. Diese Filter werden dann eingefroren, und daheim im Labor weiter analysiert. Ein erster Blick auf die während unserer Expedition gesammelten Filter zeigt die Variabilität in der Menge organischen Kohlenstoffs an den verschiedenen Stationen (Bild 2).

Wir bestimmen auch die Abundanz und Artzusammensetzung des Phytoplanktons. Dieses wird in Größenklassen unterteilt: an Bord untersuchen wir vor allem das Picophytoplankton (0.2-2 µm), sowie das Nanophytoplankton (2-20 µm), die bakterielle Biomasse und das Bakterienwachstum, Aminosäuren und Kohlehydrate, sowie die transparenten Exopolymer-Partikel. Neben der Beprobung des Meerwassers arbeiten wir auch mit kleinen Sinkstofffallen. Diese werden an jeder Eisstation auf Tiefen



Bild 1: Die CTD-Rosette wird zu Wasser gelassen. (L. Galgani, GEOMAR)

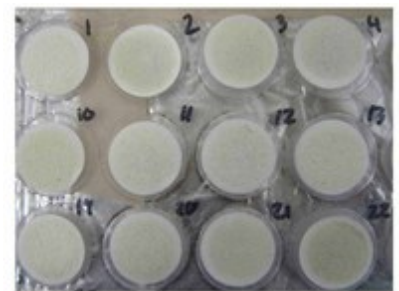


Bild 2: Filter zur Bestimmung der Konzentration partikulären organischen Kohlenstoffs (C. Lalande, AWI)

von jeweils 5 und 25 m ausgebracht. Mit ihnen werden die Partikel gefangen, die während einer Eisstation aus dem Eis in die Wassersäule absinken (Bild 3).

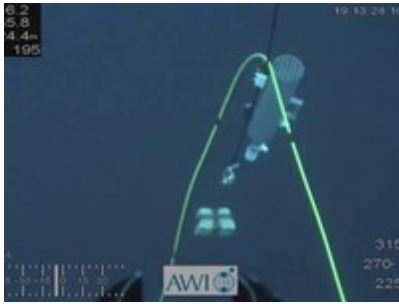


Bild 3: Sinkstofffalle auf 25 m Tiefe, gefilmt von unserem ROV (Remotely Operated Vehicle). Das Steuerkabel des ROV hatte die Falle kurz umschlungen, kam dann aber frei, ohne eines der beiden Instrumente zu beeinflussen. (© ROV Gruppe, AWI Meereisphysik)



Bild 4: SUIT während des Aussetzens neben Polarstern (© B. Lange, University of Alberta)

Mit allen diesen Messungen hoffen wir, Fragen zu beantworten wie: Gibt es räumliche Unterschiede in den Verteilungsmustern von Phytoplankton und biogeochemischen Parametern in der eisbedeckten Arktis? Wie wichtig sind das Meereis und die in ihm stattfindenden biologischen Prozesse für das pelagische Nahrungsnetz und den vertikalen Partikelfluss?

Wie an allen anderen Stationen zuvor, wurde auch nach dem Ende der siebten Eisstation mit dem Untereis-Schleppnetz SUIT (Surface and Under-Ice Trawl) gefischt. Das SUIT wurde von dem niederländischen Forschungsinstitut IMARES entwickelt und uns im Rahmen einer Kooperation mit dem AWI zur Verfügung gestellt. Es wird von der Helmholtz-Nachwuchsgruppe *Iceflux* eingesetzt. Das SUIT-Schleppnetz kann Zooplankton und Fische in den oberen zwei Metern unter dem Eis beproben – eine technische Herausforderung, wenn man an die unregelmäßige Unterseite des Meereises denkt (Bild 4). Neben der rein biologischen Beprobung misst es eine Reihe von Umweltparametern, die das Pelagial unter dem Eis charakterisieren, wie z.B. Wassertemperatur, Salinität, Chlorophyll *a* –Konzentration, Eisdicke und das einfallende Lichtspektrum. Eine Videokamera in der Netzöffnung zeichnet die Struktur der Eisunterseite während jedes SUIT-Hols auf.

Die 12 während IceArc bisher durchgeführten SUIT-Hols bezeugen eine reichhaltige und diverse Untereis-Lebensgemeinschaft. Diese Lebensgemeinschaft wird von eisassoziierten Flohkrebse (Amphipoden) und dem Polardorsch dominiert. Der Polardorsch ist ein einzigartiger Fisch, der eng an das Leben am Meereis angepasst ist (Bild 5). Er ist eine bedeutende Nahrungsquelle für arktische Robben und Seevögel, und somit eine wichtige Säule des arktischen Nahrungsnetzes. Polardorsch war

durchgehend häufig unter dem Eis, was auf eine weite Verbreitung dieser ökologischen Schlüsselart bis tief in die zentralen Tiefseebecken der Arktis deutet. In Kombination mit der Abundanz und Artzusammensetzung der Untereisfauna stellen die bis zu 2 km langen Eisdickenprofile des SUIT einen einzigartigen Datensatz dar. Die Untereis-Videoaufnahmen der SUIT Kamera veranschaulichen die manchmal extrem komplexe Struktur des Untereis-Lebensraumes, und zeigen die weiträumige Verteilung von Algenaggregaten und *Melosira*-Girlanden unter dem Eis (Bild 6). Mit einem Multinetz beproben wir zusätzlich das Zooplankton auch bis in Tiefen von 1500 m. Das Multinetz wird vertikal gehievt und besteht aus 5 Netzen. Die Netze können nacheinander geöffnet und wieder geschlossen werden, während das Multinetz von der Schiffswinde eingeholt wird. Die Multinetz-Hols ermöglichen damit Untersuchungen über die Vertikalverteilung des Zooplanktons und ergänzen die mit dem SUIT gewonnen Eindrücke.

Schließlich interessieren uns auch die Prozesse an den Grenzen zwischen Ozean, Eis und der Atmosphäre. Wir messen marine Aerosole und die Bakteriengemeinschaft in der hauchdünnen Oberflächenschicht. Dies hilft uns, die Rolle der Bakterien für die Zusammensetzung und Freisetzung von Aerosolpartikeln besser zu verstehen. Solche organischen Aerosolpartikel kondensieren in der Atmosphäre zu Tröpfchen, die die Wolkenbildung begünstigen. Marine Aerosole werden auch direkt gemessen mit einem Aerosol-Sammler, der uns vom Institut für Troposphärenforschung (IFT) in Leipzig zur Verfügung gestellt wurde. Der Aerosol-Sammler ist auf dem Peildeck der *Polarstern* installiert, fernab vom Rauch der aus den Schloten des Schiffes kommt. All diese Messungen und viele mehr werden genutzt, um die Funktion des pelagischen Ökosystems unter verschiedenen Eisbedeckungen mit früheren Messungen in der zentralen Arktis vergleichen zu können. Die Datenlage ist weiterhin dünn, so teilen sich mehrere nationale und internationale Kooperationspartner die Daten für ihre Analysen.

Nach der siebten Eisstation zum Ende der Woche wollten wir dann eigentlich den Nordpol erreichen, um im tiefen Amundsenbecken fernab der Kontinente die nördlichste Forschungsstation durchzuführen und in diesem Gebiet die ersten In situ Messungen in der Tiefsee durchzuführen. Auch Bilder vom Meeresboden hätten wir gerne gehabt – allein schon um

herauszufinden, in welche Richtung die Seegurken am Nordpol kriechen. Doch die Natur hat uns einen Strich durch die Rechnung gemacht – 80 km vor dem Pol sind wir immer wieder mit dem Schiff an Eisrücken stecken geblieben, bis wir in den frühen Morgenstunden am Freitag den 21.09. den Versuch weiter nach Norden zu gelangen aufgeben mussten. Die noch zu erledigenden Forschungsaufgaben und das immer näher rückende Ende der Reise hatten uns eine klare Zeitgrenze gesteckt, und der Sehnsucht nach dem Erreichen dieses extremen Punktes der Erde damit auch. Auch der Rückweg nach 89°N war schwierig – denn selbst wenn die Eisschollen nur 1-2 m dick sind, der Wind hat sie stark zusammengepresst und eine hart gefrorene Schneeauflage macht dem Schiff ebenfalls zu schaffen. Unsere Durchschnittsgeschwindigkeit lag gestern bei 1-2 Knoten, bis wir dann bei 88° 49' und 58°O wieder eine Scholle für die nächste und damit nun nördlichste Eisstation der Reise erreicht hatten. Immerhin ist das Wetter uns gnädig, bei blauem Himmel und andauerndem Sonnenauf- bzw. -untergang findet gerade die achte Eisstation statt. Mittlerweile sind arktische Temperaturen von <-12°C zu spüren und die Schmelztümpel sind schon überfroren – ein schöner Anblick.

Mit herzlichen Grüßen an unsere Familien, Freunde, und Kollegen
Antje Boetius, Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen unter <http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>. Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Bild 5: Polardorsch (*Boreogadus saida*) in unserem Bordaquarium (© H. Flores, AWI)



Bild 6: Die Eisunterseite zeigt vielfältige Strukturen, wie diese "Nase". Glücklicherweise übersteht das SUIT auch solche gefährlichen Auswüchse des Eises.

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 8 23. September - 29. September 2012

Am 23. September beendeten wir unsere nördlichste Eisstation mit einem aufregenden Experiment: der Einsatz eines Freifallgerätes (genannt „Lander“ von „to land“/landen) mit Mikrosensoren-Profilern an der Leine. Da die Eisbedingungen mit vom Wind dicht zusammengedrückten, gemischt ein- und mehrjährigen Eisschollen bei 88° 45'N und 55°E das Risiko für einen autonomen Einsatz zu groß werden ließen kam uns eine andere Idee: Den Lander mit Gewicht, Seil und Auftriebskörpern im kleinen, vom Schiff offenen gehaltenen Eisloch aussetzen und dann soviel Leine ausgeben wie die Eis-Drift uns vom Aussetzpunkt entfernt. Am Vortag waren das fast 3 Kilometer in 10 Stunden, zuzüglich von über 4 km Seil, um den Meeresboden zu erreichen. Die Idee wurde zunächst recht kontrovers diskutiert, doch nach genauer Beobachtung der Drift unter zu Hilfenahme des Wetterberichts ging es an die Arbeit. Unser Risiko: bei Bergen des Landers durch Einholen der über 6 km Seil mit der Winde könnte er schräg über Grund gezogen werden und Schaden erleiden. Oder das Seil könnte vom Eis durchschnitten werden und wir den Lander verlieren. Der Einsatz: Da der Meeresboden grün schimmert vor abgesunkener Eisalgen könnten wir so zu ersten in situ Messungen der mikrobiellen Respirationsraten dieser ungewöhnlichen Energiequelle unter dem Eis kommen. In der Tiefseeforschung gilt, wenn man mit der Erforschung dieses extremen Lebensraums vorankommen will und dazu auch Technologieentwicklung betreiben muss, dann sollte man auf jeder Expedition auch neue Methoden ausprobieren – sonst kommt man nur schwer weiter.

Also entschieden wir zusammen mit dem Schiff das Risiko einzugehen – Lander am Seil, für 12 Stunden. Und es hat wunderbar geklappt: Wir wissen nun, dass die Sedimentation der Meereisalgen zu einem enormen Umsatz von Sauerstoff in der Tiefsee führt – bei über 4000 m waren Kohlenstoffeintrag und Respiration um mehr als das Zehnfache erhöht gegenüber des normalen Grundumsatzes in der arktischen Tiefsee. Am frühen Morgen des 24. September war der Lander heil an Deck und die Tiefseeforscher glücklich. Los ging es zum letzten großen CTD-Transekt der Reise, auf dem 52. Längengrad Ost Richtung Eiskante, zu unserer ersten Eisscholle, die mittlerweile nordwestlich auf 84°22'N und 17°30'O verdriftet war.

Unterschiedliche Wasserschichten zwischen der Oberfläche und dem Meeresboden sind der Fokus unserer Forschung auf dieser Expedition und auch des CTD-Transekts der achten Woche der Expedition, vom 23.-29. September. Für den letzten CTD-Schnitt waren insgesamt 10 tiefe Wassersäulenprofile von der letzten Eisstation bei 88°45' bis 84°45'N geplant, inklusive einer weiteren Überquerung des Gakkelrückens. Vorhergehende Wochenberichte dieser Expedition erklärten bereits die Verknüpfungen zwischen ozeanografischen Messungen und der Forschung der unterschiedlichen „biogeochemischen“ Gruppen, die auf dem Eis, in der Wassersäule und in der Tiefsee arbeiten. Neben der Wechselwirkung von physikalisch-biogeochemischen Prozessen in der Arktis untersuchen wir auch andere wichtiger ozeanografische Prozesse, die das Klimasystem des Ozeans beeinflussen. Aus dem Nordatlantik fließt warmes Wasser durch die Framstraße und Barentssee in das Nordpolarmeer. Auf dem Weg durch die zentralarktischen Becken wird dieses Wasser modifiziert, bevor es wieder in das europäische Nordmeer und den Nordatlantik zurückkehrt. Dadurch wird die Arktis Teil der globalen Umwälzelle, mit der warmes Wasser von den Tropen in höhere Breiten gelangt. Im Norden sorgt starke Abkühlung und Eisbildung für das Absinken dieses Wassers, das sich mit tieferen Wasserschichten vermischt, bevor es in niedere Breiten zurückkehrt. Diese Umwälzelle ist einer der Gründe, warum warmes Wasser aus niederen Breiten überhaupt Nordeuropa

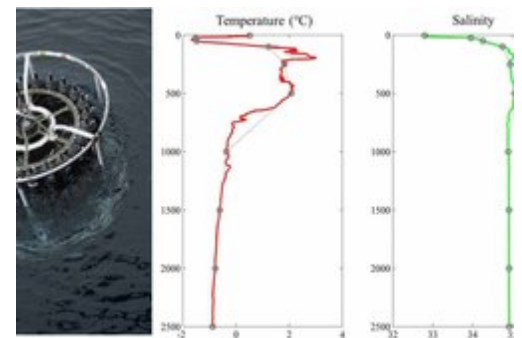


Abb. 1a: CTD, eingebaut in der ozeanografischen Rosette. Diese Rosette ist ein kreisförmiger Rahmen, der mit 24 Flaschen ausgerüstet ist, die auf beliebiger Tiefe geschlossen werden können, hier vom Meeresboden auf 4000 m bis zur Oberfläche. Dieses Wasser kann später zur Analyse der Konzentrationen von Nährstoffen, gelösten Gasen (O₂, CO₂), Phytoplankton, Bakterien und anderen Parametern durch unsere Kollegen in den biogeochemischen Gruppen genutzt werden. Abb. 1b: "Bild" der Wassersäule, welches Ozeanografen vor der Existenz von CTDs durch Messungen an einzelnen Punkten in der Wassersäule erstellen konnten (graue Kreise durch gestrichelte Linie verbunden) und heutige Messungen (rote und grüne Linien).

erreichen kann.

Ozeanografen messen hauptsächlich Temperatur, Salzgehalt und Tiefe (hydrostatischen Druck) im Ozean. Wie ermöglichen diese Parameter ein breites Spektrum von Prozessen zu untersuchen? Welche Instrumente benutzen wir dazu? Im Folgenden wollen wir unsere Arbeiten erklären und schon gleich ein paar Ergebnisse der Expedition IceArc vorstellen. Das Standardinstrument der Ozeanografie ist die CTD. CTD steht für „Conductivity“ (Leitfähigkeit), „Temperature“ (Temperatur) und „Depth“ (Tiefe = Druck). Aus diesen Messungen kann dann auch der Salzgehalt bestimmt werden. Diese Parameter werden kontinuierlich als Profil über die ganze Wassersäule gemessen. In Abbildung 1 zeigen wir ein Foto von der CTD an Bord von FS Polarstern. In der gleichen Abbildung ist ein Vergleich zwischen den CTD-Messungen der Wassersäule und ähnlichen ozeanografischen Messungen, die vor der Nutzung von CTDs vor mehreren Jahrzehnten gemacht wurden. Das komplette und detaillierte Profil der Wassersäule, von der Oberfläche bis zum Boden (siehe Abbildung 1) ist der Schlüssel für unsere Untersuchungen einer Vielfalt von Prozessen. Diese reichen von rein physikalisch bis zu Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biogeochemischen Prozessen. Durch Beobachtung der vertikalen Verteilung von Temperatur, Salzgehalt, und damit Dichte an unterschiedlichen Orten ist es uns möglich, Strömungen und Transporte im Ozean sowie Wärme- und Salzhalt der Wassersäule zu berechnen, sowie Einsicht in Vermischungsprozesse zu erlangen. Viele der relevanten physikalischen und biologischen Prozesse finden an der kalten und salzarmen, oft eisbedeckten Meeresoberfläche statt. Die Arktis ist einzigartig was ihren Süßwassergehalt angeht: 10% des weltweiten Flusseintrags fließen in diesen Ozean. Zusätzlich bringt auch die Eisschmelze Süßwasser ein, während die winterliche Eisbildung das Süßwasser im Meer verringert. Das viele Süßwasser sorgt dafür, dass die Oberfläche des Nordpolarmeers viel leichter ist als die tieferen Schichten. Das salzige, warme Wasser atlantischen Ursprungs, mehrere hundert Meter unter der Oberfläche, ist größtenteils von der kälteren und süßeren Oberfläche, und dem Meereis, isoliert. Sogar die Oberflächenzirkulation wird durch die Menge an Süßwasser in der Wassersäule beeinflusst. Mehr Süßwasser heißt, dass das Wasser weniger dicht ist, was zu einer Ausdehnung der Wassersäule führt; im Gegenzug sorgt salzigeres Wasser für ein Zusammenziehen. Die resultierenden horizontalen Unterschiede in der Höhe der Meeresoberfläche führen zu Strömungen im oberen Ozean. Das arktische Süßwasser beeinflusst nicht nur die Wassermassen und die Zirkulation im Nordpolarmeer, sondern wird auch über die Passagen östlich und westlich von Grönland in den Nordatlantik exportiert. Dort angelangt, hat Süßwasser das Potential, die Dichte des Oberflächenwassers zu verändern, was das Absinken von kaltem Oberflächenwasser als Teil der globalen thermohalinen Umwälzelle beeinflussen kann.

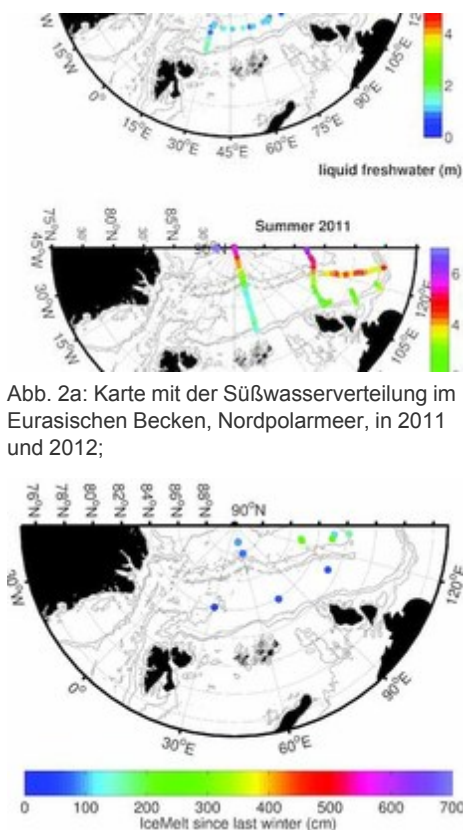


Abb. 2a: Karte mit der Süßwasserverteilung im Eurasischen Becken, Nordpolarmeer, in 2011 und 2012;

Abb. 2b: Wasser in 2012, was aus Eisschmelze seit dem vorhergehenden Winter stammt

Vorhergehende Untersuchungen haben eine Salzabnahme (eine „Versüßung“) im oberflächennahen Wasser des Nordpolarmeeres von 1990 bis 2011 festgestellt. Unsere neuen Messungen deuten drauf hin, dass das obere eurasischen Becken von 2011 bis 2012 noch salzärmer geworden ist (Abbildung 2a). Ein Teil dieses Süßwassers besteht natürlich aus der extremen Eisschmelze dieses Sommers, insbesondere im südlichen eurasischen Becken, wo der Süßwassergehalt generell geringer ist, als weiter nördlich oder östlich (Abbildung 2b). Nach dieser Reise werden die dort gemessenen Salzgehaltsprofile mit Beobachtungen anderer Forschungsexpeditionen und verschiedenen autonomen Messsystemen zusammengeführt. Somit wird es möglich, die Änderungen im Volumen des Süßwassers und dessen Umverteilung im Nordpolarmeer genauer abzuschätzen. Beobachtungen physikalischer Prozesse auf verschiedenen Größenskalen, von ozeanbeckenweit bis zu wenigen Mikrometern, sind wichtig, um die beobachtete Variabilität richtig zu interpretieren und Einsicht in die zugrunde liegenden Prozesse zu erlangen. An den Eisstationen haben wir nicht nur CTD-Profile vom Schiff ausgewertet, sondern auch Temperatur- und Salzgehalt-Messungen von anderen Instrumenten, die auf dem Eis benutzt wurden. Dies ermöglichte uns einen ersten Einblick in die hydrographischen Bedingungen und Änderungen in der Tiefe der Sprungschicht während der 2-3 tägigen Eisstationen. Die Variabilität der Sprungschicht spiegelt sich im Nährstoffgehalt der oberen Schichten wieder. So zeigt Abbildung 3 die Sprungschicht und damit auch die Grenze zwischen hohen und niedrigen Nährstoffkonzentrationen. Solche physikalischen Grenzen beeinflussen auch den Transfer von Nährstoffen in das Eis, wo Eisalgen wachsen. Unterschiedliche Zooplanktonarten leben bevorzugt oberhalb der Sprungschicht

und ernähren sich von Eisalgen, ein Teil des organischen Materials sinkt dann wieder auf den Meeresboden, wo es als Nahrung für Tiere und Bakterien dient.

Mehrere hundert Meter unter der Oberfläche zirkuliert das warme und salzige Atlantikwasser um die Becken des Nordpolarmeeres, bevor es in die gemäßigten Breiten zurückkehrt. Das warme Atlantikwasser, welches östlich von Svalbard in das Nordpolarmeer fließt, fließt nordöstlich entlang des sibirischen Kontinentalhangs. Unsere Messungen um 30° Ost zeigen, dass sich die Temperatur und der Salzgehalt des warmen Kerns des Atlantikwassers schon um 0.3° C bzw. 0.02 psu erhöht hat (Abbildung 4a). Warmes Atlantikwasser aus der Framstraße stößt dort auf etwas kälteres und salzärmeres Atlantikwasser, das durch die Barentssee geflossen ist und über die Karasee bei ca. 80° E in das Nordpolarmeer gelangt (Abbildung 4b). Auf dem Weg zur Laptevsee weiter östlich vermischen sich teilweise beide nebeneinanderfließenden Zweige des Atlantikwassers. Unserer CTD-Daten werden zusätzlich mit Zeitserien von verankerten Messgeräten verglichen, z.B. die dieses Jahr geborgenen Verankerungen am Gakkelrücken und in der äußeren Laptevsee, oder denen aus der Framstraße von den vorherigen Expeditionsabschnitten. Dies wird eine bessere Unterscheidung von räumlicher und zeitlicher Variabilität ermöglichen.

Während des Transits des Atlantikwassers durch das Nordpolarmeer werden Temperatur und Salzgehalt modifiziert. Eisformation auf den arktischen Schelfen während des Winters erzeugt dichte Wasserblasen, die einen Teil des Salzes und der Wärme der warmen Atlantikwasserschicht aufnehmen und den Hang hinunter die Tiefe transportieren. Daher kann das Atlantikwasser, welches von niederen Breiten her in die Arktis fließt, zu den beobachteten Änderungen in Temperatur- und Salzgehalt beitragen. Auch die Wärme, die vom Ozeanboden kommt, spielt eine Rolle, sowie die Transporte zwischen den Ozeanbecken.

Unser erster Schnitt um 30° Ost am Eingang des Nordpolarmeeres ist relativ einfach durch Forschungsschiffe zu erreichen, sowohl von der Framstraße als auch von der Barentssee aus und wurde seit 1983 mehrmals vermessen. Durch den Vergleich der Profile seit 1983 (Abbildung 5) ist es uns möglich, Änderungen in den tiefen Wassermassen während der vergangenen Jahrzehnte abzuschätzen und deren Gründe zu erforschen. Die Daten von 2012 zeigen, dass sich die vormalig beobachtete Erwärmung seit 1994 fortgesetzt hat. Auch unsere Schnitte über den Gakkelrücken werden wichtige Daten über das Vorkommen hydrothermalen Aktivität und dem Beitrag zum Wärmeinhalt des tiefen Nordpolarmeeres liefern.

Ozeanographische Expeditionen in die zentrale Arktis werden zumeist im Sommer durchgeführt, wenn die Eisbedeckung weniger dicht ist – Winterbeobachtungen sind daher selten. Um dieses Problem zu überwinden, wurden in den vergangenen zwei Dekaden mehrere autonome, eisbasierte Ozeanmesssysteme entwickelt. Während dieser Expedition haben wir drei solche Systeme ausgebracht: 3 ITPs (Ice-Tethered Profiler; Abbildung 7) und ein POPS (Polar Ocean Profiling System). Jedes dieser Systeme besteht aus einem Draht, welcher an einer Oberflächeneinheit auf dem Eis angebracht ist und einem Gewicht am Ende des Drahtes, um ihn vertikal zu halten. Die CTDs profilieren entlang des Drahtes von wenigen Metern unter dem Eis bis auf 800 m Tiefe, ein oder mehrmals am Tag. Die resultierenden Temperatur- und Salzgehaltsprofile werden regelmäßig via Satellit an Land gesendet. Zusätzlich zu CTDs haben diese Systeme oft auch andere Sensoren, z.B. um biooptische Parameter oder gelösten Sauerstoff im Wasser zu messen. Ergänzend zu den Messungen in der Wassersäule erlauben uns diese Systeme, die Drift des Eises durch das Nordpolarmeer zu verfolgen. Diese eisbasierten Instrumente helfen nun Beobachtungen zu allen Jahreszeiten zu machen, aus diesem Grund stellen sie einen großen Fortschritt dar. Diese Daten sind für die gesamte wissenschaftliche Gemeinschaft und die Öffentlichkeit verfügbar, was das Ausbringen dieser Plattformen umso wichtiger macht.

Am 29. September haben wir den letzten ozeanographischen Transekt beendet und unsere erste Eisscholle erreicht, von der wir einige Instrumente zu bergen haben. Wir hatten Glück im Unglück – wegen schlechten Wetters konnten die Helikopter nicht fliegen, doch mittels täglich per Satellit aktualisierter GPS Station konnten wir mit dem Schiff direkt auf Position fahren und die Station finden. Alle Geräte konnten geborgen und ausgelesen werden – bis auf die Sinkstofffalle, die wohl leider vom Zusammenstoß mit einer weiteren Eisscholle abgeschert wurde. Die Zeitraffer-Kamera an der Wetterstation der Eisphysik gab uns einen Eindruck, was so alles passiert ist während wir weg waren, nur wenige Tage mit blauem Himmel – viele Zusammenstöße mit anderen kleinen Eisschollen und Besuch eines neugierigen Eisbären, der immerhin nur ein Kabel abgenagt hat (Abbildung 8). Nun geht es in die letzte Woche – der Transit nach Hause steht an. Doch zunächst haben wir noch einen anderen Auftrag, von dem aber erst nächste Woche berichtet werden soll... .

Mit herzlichen Grüßen an unsere Familien, Freunde, und Kollegen

Antje Boetius, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>

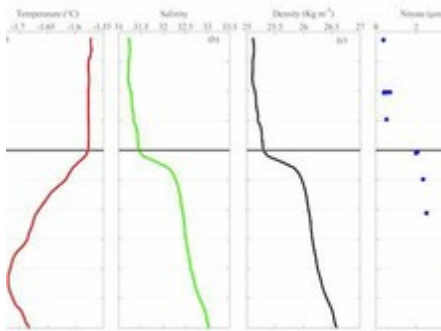


Abb. 3 (a) Temperatur-, (b) Salzgehalts-, (c) Dichte- und (d) Nitratprofile während einer Eisstation dieser Expedition. Durch die Vermischung sind Temperatur, Salzgehalt, daher Dichte, und andere Messwerte, z.B. Nährstoffgehalt, fast konstant innerhalb der Deckschicht (durchmischte Oberflächen-nahe Schicht). Unterhalb dieser Sprungschicht, ändern sich die Messwerte rapide mit der Tiefe. Dieser Bereich wird Thermokline, Halokline, Pycnokline oder Nutrikline (je nach gemessenem Parameter) genannt. Die Tiefe der Sprungschicht ist durch die horizontale graue Linie in den Darstellungen markiert.

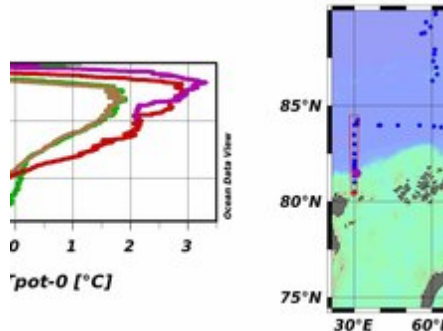


Abb. 4a: Temperaturprofile (bezogen auf Oberflächendruck) an unterschiedlichen Orten entlang des Atlantikwasserpfades im eurasischen Becken, Nordpolarmeer: ein Vergleich um 30 E für 2007 (rote Linie) und 2012 (lila Linie); die Positionen der Profile sind in der Karte durch farbige Punkte markiert, und alle Profile dieser Expedition sind durch blaue Punkte markiert. Profile des zurückkehrenden Atlantikwasserflusses durch das Nansenbecken von 2012 sind auch gezeigt.

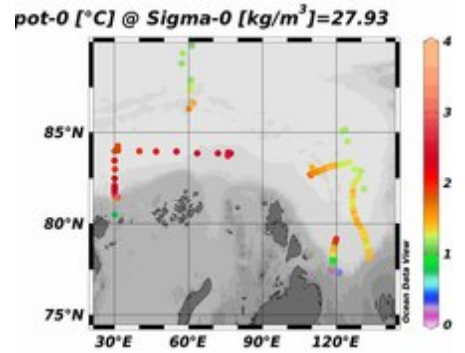


Abb. 4b: Horizontale Verteilung von Temperatur auf der Dichtefläche im warmen Atlantikwasserkern.

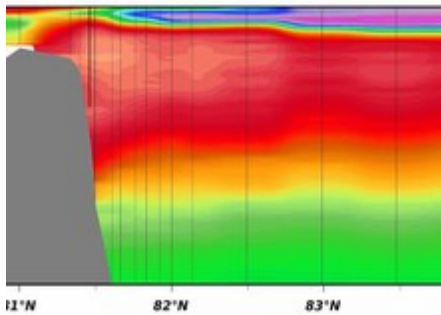


Abb. 4c: Farbige Kontourdarstellung ("Schnitt") der Temperaturprofile (nur die oberen 1100 m) entlang 30 E.

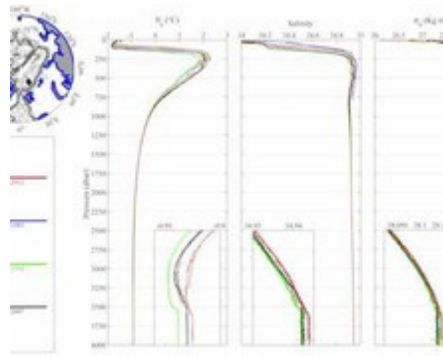


Abb. 5: Änderungen in Temperatur und Salzgehalt der tiefen Wassermassen am Eingang des Nordpolarmeeres (30°E).

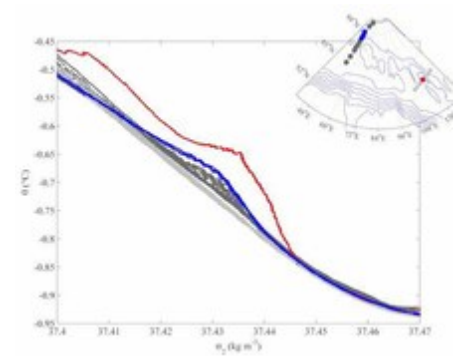


Abb. 6: Potentielle Temperatur (θ) gegen potentielle Dichte (σ_2) aus CTD-Profilen im Bereich des Gakkelerückens in 2012. Die farbigen Markierungen repräsentieren die Positionen in der Karte. Prozesse, die nicht auf lineare Vermischung zurückzuführen sind, z.B. den Eintrag von hydrothermale Wasser, zeigen sich als eindeutige Abweichungen von den linearen Trends. Die Profile in den rot und blau markierten Stationen (Karte) zeigen diese Abweichung, die das Vorkommen von hydrothermaler Aktivität anzeigt. Die σ_2 -Bandbreite deckt die Tiefen von 1000 m bis zum Boden ab.

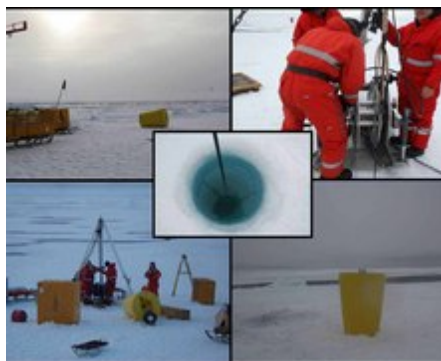


Abb. 7: Ausbringen eines ITP und..

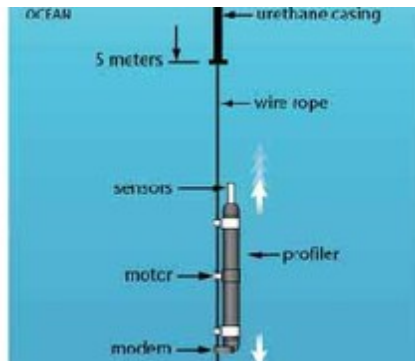


Abb. 7: ... Schema des Systems.



Abb. 8: Neugieriger Eisbär an der Wetterstation

ARK-XXVII/3, Wochenbericht Nr. 9

30. September - 8. Oktober 2012

Nach Beendigung unserer Stationsarbeiten bei 84°N und 18°O am Ende des 29.09. sollten wir uns eigentlich auf dem Heimweg nach Bremerhaven machen. Doch es hat uns eine Bitte des Polarforschers Yngve Kristoffersen erreicht, der zeitgleich westlich von uns auf Forschungsexpedition mit dem Luftkissenboot RH Sabvabaa arbeitete, ihm Hilfe bei der Rückkehr nach Spitzbergen zu leisten. Im Juli standen wir zuletzt mit ihm in Kontakt, um uns gegenseitig über unsere Routen zu informieren. Neben der FS Polarstern waren in diesem Sommer noch die Eisbrecher Oden (Schweden), Healy (USA), ein russisches Forschungsschiff und der chinesische Eisbrecher Xuelong unterwegs. Und eben auch Yngve Kristoffersen auf Sabvabaa im Rahmen der Mission FRAM 2012



Abb. 1: Begegnung mit RH Sabvabaa (© M. Schiller)

Das polare Forschungs-Hovercraft Sabvabaa (www.polarhovercraft.no) wird zumeist von Spitzbergen aus eingesetzt, um in einem Radius von 100 Meilen geologische, geophysikalische und ozeanographische Forschung zu betreiben. Das Luftkissenboot ist 11 m lang, kann über Eis und Wasser fahren, ist mit Winden und verschiedenen Instrumenten ausgestattet und kann bis zu drei Personen mitnehmen. Es wird derzeit genutzt, um entweder direkt von Spitzbergen aus, oder durch Absetzen von Frachtschiffen aus, verschiedene vorwiegend geologische, geophysikalische und ozeanographische Untersuchungen zu ermöglichen.

Starke Winde hatten im September die Eisdrift beeinflusst, so dass die vielen kleinen und großen Eisschollen stark zusammengedrückt wurden und jede Menge Pressrücken und Schutthaufen aus zerbröseltem einjährigen Eis entstanden. Auch wir haben die schwierigen Eisbedingungen zu spüren bekommen, als wir versuchten bis 90°N zu gelangen. Durch den Druck aus Norden und Süden, und das gleichzeitige Überfrieren, war das Eis sehr dicht und es gab keine freien Wasseroberflächen mehr. Zudem war trotz der kalten Temperaturen die Sicht sehr schlecht: „White-out“ nennt man das Problem, wenn man keine Strukturen mehr in der Landschaft erkennen kann, und alles nur Weiß erscheint. Wir konnten daher in der letzten Woche kaum noch die Hubschrauber einsetzen und sind auch mit Polarstern nur langsam vorangekommen. Für ein Luftkissenboot, das bei 84°N war, ist es dann ein erhebliches Problem, überhaupt Strecke zu machen. Die Sabvabaa sollte eigentlich wieder einen Frachter zur Aufnahme und Rücktransport nach Spitzbergen treffen, doch wegen des Wetters kam sie nicht voran und geriet bei 84°N in die Drift nach Westen, Richtung Grönland.

Glücklicherweise waren wir noch in der Gegend unterwegs, so dass wir kurz vor Mitternacht des 30. September die RH Sabvabaa bei 83°40'N und 000°16'W erreichen konnten und nach einigen Manövern durchs dichte Eis sie an ihren Leinen auf das Helikopter-Deck heben konnten. Alle an Bord warteten darauf Yngve zu begrüßen, denn er ist nun seit dem 17. Juli in Sachen Arktisforschung unterwegs gewesen – und die Bedingungen sind doch recht spartanisch auf seinem Boot, das wir alle besichtigen durften. Die Sabvabaa fuhr dann mit uns - Huckepack auf Polarsterns Helideck. Wir setzten dann die Reise unter schweren Eisbedingungen südostwärts fort Richtung Eiskante. Zunächst kamen wir nur sehr langsam voran. Die Eiskante erreichten wir am 2.10. bei 82.3°N, dann ging es weiter Richtung Spitzbergen. Dort setzten wir bei guten Wetterbedingungen die RH Sabvabaa vor dem Kongsfjord ab – Spitzbergens spitze Berge und Gletscher gaben ein fantastisches Bild in der Abendsonne ab. Die Heimreise ging dann schnell, vom 3.-7.10. durch das europäische Nordmeer – mit Rückenwind war der Sturm bei Island kaum zu spüren. Alle waren beschäftigt ihre Kisten zu packen, die Labore zu säubern und die Berichte zu schreiben. Die letzten gemeinsamen Besprechungen im Konferenzraum der Polarstern zeigten, wie viel Neues und Spannendes wir gemessen und gesehen haben. Trotz einiger Umwege sind die wichtigsten Ziele der Reise alle erreicht. Die Expedition IceArc war der Rolle des Meereises für die Biologie, Chemie und Physik des Arktischen Ozeans gewidmet - dass

wir diese Forschung während des neuen Eisminimums in der Arktis durchführen konnten, taucht alles in ein besonderes Licht.

Wir bedanken uns an dieser Stelle herzlich bei Kapitän und Besatzung der Polarstern für die tolle Unterstützung bei allen Arbeiten. Das Schiff konnte wieder einmal zeigen, was für eine hervorragende Forschungsplattform für multidisziplinäre Polar- und Meeresforschung es ist.

Heute Morgen, am 8. Oktober 2012 sind wir in Bremerhaven eingelaufen. Es ist schön, heimzukommen.

Mit herzlichen Grüßen

Antje Boetius, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

PS: Mehr von unseren ersten Eindrücken und Erlebnissen ist auf dem GEO Blog nachzulesen unter

<http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition>.

Wo ist Polarstern? - <http://expedition.awi.de/>



Abb. 2: Spitzbergen im Abendlicht - ein traumhafter Anblick (© M. Schiller)



Abb. 3: "Unsere" Polarstern im Eis (© S. Hendricks)



Abb. 4: Die Route der Reise ARK-XXVII/3 und das Meereisminimum im September 2007 (gelb) und 2012. (© SSMI Daten, Uni Bremen/AWI)



Abb. 5: Gruppenbild im Eis - die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer der Expedition IceArc

The Expedition ARK-XXVII/3

Weekly Reports

[13 August 2012:](#) Expedition "IceArc" (Sea ice - Ocean - Seafloor Interactions in the Changing Arctic)

[20 August 2012:](#) First Ice Station

[27 August 2012:](#) Ice-Algae and Mooring Recovery

[3 September 2012:](#) Sea Ice Retreat & Measurements

[10 September 2012:](#) Further to the North...

[17 September 2012:](#) Ice Stations, Lander Systems and Sediment Cores

[24 September 2012:](#) Under the ice...

[1 October 2012:](#) Profiles and a curious polar bear...

[8 October 2012:](#) On the way home...

Summary and Itinerary

2 August 2012 - 7 October 2012, Tromsø - Bremerhaven

The expedition ARK-XXVII/3 "IceArc" (Sea ice - ocean - seafloor interactions in the changing Arctic) starts on 2 August 2012 in Tromsø, Norway. 54 international scientists and technical teams will investigate the biology, chemistry and physics of sea ice and the impact of sea ice loss on the entire Arctic Ocean system.

The expedition IceArc will focus on the interactions between hydrography, ice physics, biogeochemistry and biodiversity in the Arctic system, from the sea ice to the deep-sea floor. By integrated process studies, sites in the central Arctic with no sea ice cover, at the ice edge and in multiyear sea ice will be compared. Ice-, ocean- and seafloor moorings will be deployed to observe sea ice thickness, circulation of Atlantic water and corresponding particle flux throughout the year.

The expedition will help to better understand and quantify the effects of changes in sea ice cover on the Arctic Ocean and its ecosystems.

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 1

2 August - 9 August 2012

The expedition „IceArc - Sea ice - Ocean - Seafloor Interactions in the Changing Arctic“ started in the morning of the 2nd August in Tromsø, Norway, heading towards Svalbard. We are 54 scientific participants from 12 nations working together in the next 9 weeks. The main goal of expedition IceArc is research on the biology, chemistry and physics of the Arctic sea ice, to better understand the consequences of the rapid sea ice decline. The decreasing sea ice cover will certainly alter the ocean hydrography, but it may also have substantial effects on biogeochemical and biological processes – but what will happen exactly? This question is central to our interdisciplinary investigation of sea ice physics, biology, oceanography and ecology of the pelagic and benthic ecosystems from the ocean surface to the deep seafloor. We plan to compare processes in regions of the Eastern central Arctic with and without sea ice cover, at the ice edge and in multiyear ice, we will contribute to different large scale Arctic studies as well as to several regional long term stations, recover moorings and deploy different types of observatories.

We have to steam 3 days from Tromsø to North of Svalbard. The time is used to unpack containers and boxes and to equip laboratories and install instruments. It is such a lot of stuff to distribute across the ship – which has never felt so small in view of the 7 containers of materials. We also enjoy some esthetic highlights on our way North: the tundra-covered islands or Norway’s northern coastline, a melting iceberg on which seabirds rest, a few whales doing their olympic jumps, and the main event: passing the mysterious, always cloud and fog covered bear island south of Svalbard. It is a very isolated place with a rough landscape, now fully ice-free, and the central site of many historic polar expeditions. Today – so we hear – a few brave Norwegian meteorologists are still living here. We continue to the North of Svalbard to reach the ice edge in a few days.

We choose our first target ice floe using the daily updated ice maps of the remote sensing group of the University Bremen (IUP), and the experience of the sea ice physics and oceanographers on board and at home. It is not so easy deciding where to find a large stable ice flow to deploy an ice observatory for the duration of our cruise – to last for > 2 months till we return to recover everything before steaming home. The Arctic sea ice shows a new minimum already now, beginning of August, and we find out that we have to reach at least 84 or 85°N, to find a nice big floe of 1-2 m ice thickness, which will last till October. The route towards the ice we combine with a first oceanography transect – Sunday morning 5 August at 08:00 we reach the first station at 81°N and 30°E of the Barents Sea-Shelf, at water depths of 200 m. We follow the 30°E transect till we reach the deep Nansen basin at 4000- 4500 m depth. Every half-degree latitude we will assess hydrographical and chemical conditions as well as primary production and the



RV Polarstern in Tromsø - brighter than the midnight sun (© J. P. Balmonte)



The first ice in our way to the North - a resting place for seabirds (photo: RV Polarstern bridge camera)



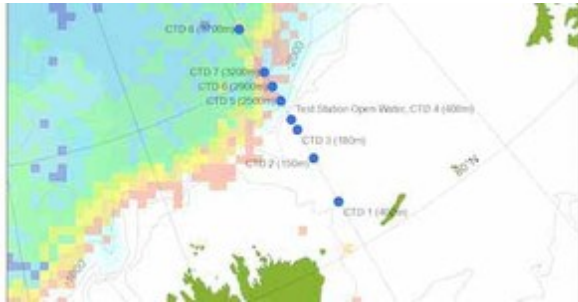
Whales greeting us from a safe distance (photo: RV Polarstern bridge camera)



A view of bear island, an ancient hot spot of explorers and whale hunters - discovered in the 16th century by Willem Barents (© B. Rabe)

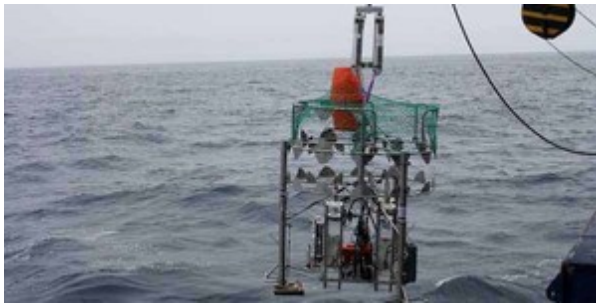
composition of the plankton.

There is also a lot to discuss. Already the first CTD rosette water samples are carefully split between 16 scientists on board who measure lots of different physical, chemical, biological and geological parameters in seawater. Reaching the outer shelf edge at 400-700 m, we also start the benthos and zooplankton program. The under-ice trawl „SUIT“ catches zooplankton hiding under ice floes. First we test it in open waters, together with the benthic observatories measuring seafloor chemical and biological processes and the video-guided instruments to sample and photograph deep-sea life. When we get to the area, there is a Norwegian trawler sitting just above the chosen station. At first a surprise, considering the wide, empty, grey seas around us. We stream 10 miles east not to get in his way, but when we look at the seafloor with the new benthic photo sledge, we discover that the trawler was certainly not the only one – the seafloor shows many marks from commercial benthic trawling, at depths of 400-700 meters. Only a few years ago this region was not accessible due to the heavy ice.



Our first transect towards and into the ice (© S. Albrecht)

At the seafloor, we observe several smaller fish, but also swarms of shrimp and chaetognaths – as well as brown-green algal aggregates. All test stations have been successful and now it is time to reach the ice. We arrive at the ice edge at about 82°30'N and 30°E in the early morning of 7th August. Already in the evening it was visible from a great distance – finally the sun came out through the fog, and at the horizon one could detect whitish reflections of sunlight above the ice. When we steam into the ice we note how thin it is – Polarstern can just steam through it with 8 knots.



The benthic observatory ("lander system") - an autonomous device to measure seafloor biogeochemical processes in situ (© F. Wenzhöfer)

We take more oceanography samples till we reach 84° N along the 30°E transect, then we note that the ice changes. We see more multiyear ice, marked by ridges and small icebergs. This fits quite well with the satellite ice maps and we start looking for our first ice floe. Luckily, in the morning of the 8th August the fog lifts again for a moment and the helicopter can fly. Once in the air, the sea ice physicists immediately call back to announce that they have found the perfect floe at 84° 0.4'N and 30° 20'E. It is marked by radar reflectors, and we start to deploy the benthic observatories which measure animal respiration, geochemical fluxes and other parameters during the upcoming sea ice stations. It is the first time that such instruments are used under the permanent sea ice cover, so we are quite excited about deploying them. We have planned a new procedure to retrieve the autonomous instruments from the ice, and in 4 days we will see if it works – the test went well, but it was without ice. But no progress in sea technology without risk-taking.



All await the first images from the deep seafloor in the winch operating room. (© M. Schiller)

In the night we do an Agassiz Trawl at 4000 m water depth. It is one of the oldest instruments in deep-sea biology to catch organisms at the seafloor - already used by the Challenger Expedition. Then in the morning of the 9th August, after completing also the zooplankton trawl,

we finally anchor at the ice floe at 10 am. During this expedition, more than two thirds of all participants will work on the ice, they accumulate just now in front of the gangway, in their thick polar cloths to spend the day outside. Canoes and ice drills are ready, and in a few minutes the ship is almost empty. Everyone is looking forward to the first ice station.

With best greetings of all members of expedition IceArc
Antje Boetius
Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

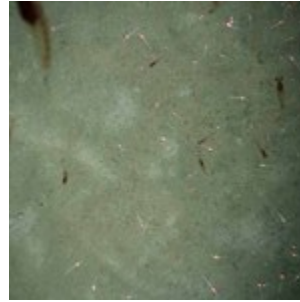
PS: More photos are shown at our GEO Blog at: <http://www.geo.de/blog/geo/polarstern-expedition> Please find an English translation [here](#).



First image: a fish at the seafloor - the new photo sledge of the AWI deep-sea group is fantastic. We can count deep-sea life at very high resolution. (© J. P. Meyer, operating OFOS)



Tracks of bottom trawls - traces of deep sea fisheries at the Barents Sea shelf edge (photo: OFOS)



Swarms of hungry shrimp attack the photo sledge. (Photo: OFOS)



Starting the first sea ice station (Photo: RV Polarstern bridge camera)

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 2

10 August - 17 August 2012

The first ice station of Expedition IceArc lasted from 9-11 August. A large ice floe was selected very carefully, to deploy autonomous instruments for the duration of the expedition, to be recollected at the end of the mission before returning to Bremerhaven. Our wish list included a large, sturdy ice floe with thicknesses above 1.20 m and lots of melt ponds.

Already the great Norwegian polar explorer Fridtjof Nansen had described melt ponds on the Arctic summer ice, which are formed by the melting of surface ice. The melt water is of low or no salinity and accumulates in puddles of several metres in diameter (Fig. 0).

Already during Expedition TransArc (ARK26/3, summer 2011) we found huge areas of the Arctic sea ice to be covered with melt ponds – likely a consequence of the warmer air temperatures in summer. Also we observed dense accumulations of algae at the bottom of the melt ponds, and rather high primary production – hence their function and productivity is one of the research foci of this expedition.

Already with the first helicopter flight early on 9th August the perfect floe was identified and marked with a radar reflector (Fig 1). Around 11 o'clock the ship moored at the station (Fig. 2), and the different ice studies started. Besides numerous physical instruments, the sea-ice group operates a small under-ice ROV (Remotely Operating Vehicle), for which they need to make a hole in the ice floe (Fig 3a). It is equipped with an HD camera and light sensors to provide us with video streams from the bottom of the ice. Another ice team works at the other end of the ice floe – they start with the sampling of trace metals such as iron, which is an important nutrient of algae, but at very small concentrations. Hence it is quite difficult to sample – almost all instruments and many clothes contain iron – so this group needs to be very careful and clean. The “clean team” uses a titanium drill to retrieve ice cores, and wears special clean white clothes – they are easy to tell apart from the rest of the “orange” polar researchers (Fig 3b).

A third group is under way to check out the melt ponds and the presence of algal aggregates (Fig. 4). The next group of ice researchers equips the ice floe with different „in situ“ instruments – they have to drill holes of different sizes, to deploy various sensors and devices, including thermistor chains to measure temperature in the ice, turbulence, oxygen and current meters (Fig. 5). During expedition IceArc almost 40 scientists study sea ice, only a few remain on board to do deep-sea work in parallel to the ice station. The ship drifts along with the ice flow at velocities of 0.3-0.6 knots, so we can deploy the photo sledge OFOS, the TV-guided multiple corer, or the giant multigrab while the others work on the ice.



Fig. 0: The Arctic summer ice is covered with meltponds - in 2012 it looks like more than ever. The ponds fill with freshwater from the ice melt, we measure steep gradients and hot spots of primary production in them. (© St. Hendricks)



Fig. 1: By helicopter we carefully select and mark an ice floe with radar reflectors so that the ship can find it to start the first ice station. (© St. Hendricks)

After a two day transit from 12-13 August we reach the second ice station on the 14 August – still at 84° N, but far more east at 78°E longitude. The ice biologists are happy, they have detected a large diversity of algal aggregates in the ice and in the melt ponds (Fig. 6). They have observed that aggregates are also released from the ice and drift around the ship – hence the biologists use additional sampling means like the rubber boat, and spoons to collect these valuable samples (Fig. 7). So why are these algal aggregates so interesting?

One important question on the future of the Arctic Ocean is the role of the sea ice for primary productivity and the foodweb. One may guess that the sea ice retreat allows more sunlight into the surface water and hence supports higher algal productivity. However, the Arctic Ocean has highly stratified surface waters and rather low nutrient

concentrations, because nutrients get depleted on during the passage of Atlantic and Pacific surface waters into the central Arctic. During our transit into the ice, Karel Bakker (NIOZ), the nutrient chemist on board, reported that almost no nitrate and phosphate is present – but that under the ice a few micromoles of these important plant nutrients remain available. How the sea ice algae maintain their high densities under the ice, and which mixing processes replenish their nutrient needs is unknown.

This is especially interesting, cause the algal mats and aggregates are food for other life. The ROV of the ice physics group produces lots of images of gelatinous under ice zooplankton, for example the ctenophores (Fig. 8). With the catches of the Surface and Under-Ice Trawl SUIT of IMARES (Fig. 9) Hauke Flores of AWI and his team show that different kinds of zooplankton and the Arctic cod are closely associated with the sea ice. The Arctic cod (Fig. 10) is feed for seabirds, seals and polar bears – evidence for a food web tightly connected to the ice. What the future holds for this ecosystem in times of a strongly shrinking sea ice cover is unknown.

Also us deep-sea researchers are very happy with the first and especially the second ice floe sampled from 14-17 August, because we also find ample evidence for a direct connection between algal aggregations in the ice, and life at the seafloor 3500 meter below. The OFOS images from the seafloor show clumps of freshly deposited algae every 4-5 meter apart. The algae are still bright green and we observe how sea cucumbers and ophiurid starfish feed on them (Fig. 11).

In contrast to other deep-sea regions of low ocean productivity, the Arctic seafloor seems not that poor - probably because of the phenomenon of large algal aggregates from the ice sinking rapidly. Now we look forward to the in situ measurements of seafloor processes, respiration rates and the samples of benthic life. All in all, the second week had many interesting observations and results for us, and we can't wait for more...

With best greetings of all members of the expedition IceArc
Antje Boetius
Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>



Fig. 2: RV Polarstern has moored at the selected ice floe. (© St. Hendricks)



Fig. 3a: The ice station starts - the under ice-ROV is deployed and the pilot control station is installed in a tent. (Photo: Bridge camera RV Polarstern)



Fig. 3b: At the other end of the floe chemical samples are taken under strict conditions preventing contamination with trace metals. (Photo: Bridge camera RV Polarstern)



Fig. 4: Scientists select melt ponds for further studies. (© M. Fernandez)



Fig. 5: In situ analyses of under ice primary production and respiration - will the fine microsensors last for the deployment? (© M. Fernandez)



Fig 6: Aggregates of algae in the ice - from small flakes to large clumps and long threads - we see many shapes of accumulations. (© M. Fernandez)



Fig. 7: Some algal aggregates escape from the ice and sink. Here they are getting sampled around the ship with special tools. (Photo: Bridge camera RV Polarstern)

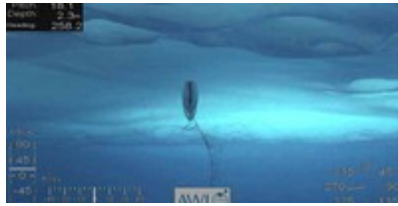


Fig. 8: Under the ice the ROV observes numerous gelatinous zooplankton... (Photo: ROV, C. Katlein and M. Nicolaus)

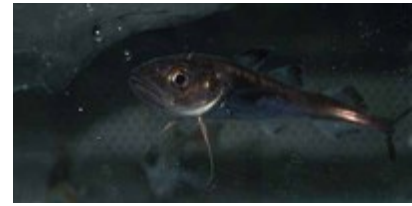


Fig. 9: ...this is feed for the Arctic cod... (© C. David)



Fig. 10: ...which we catch in high numbers with the SUIT Under-Ice Trawl. (© B. Rabe)



Fig. 11a: Even at depth there are animals feeding on ice algae: sea cucumbers and...

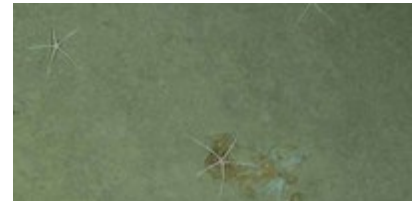


Fig. 11b: ... ophiurids - we find many algal aggregates at 3,500 m below the ice. Apparently they are an important food source for deep-sea megafauna. (both © AWI, taken by OFOS)

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 3

18 August - 25 August 2012

Last week we reported of new evidence for a direct connection between algal aggregations in the ice, and life under the ice, including at the seafloor over 3500 meter below. These observations at our second ice station (14.-16.8. at 84°N and 78°E) were topped at the third ice station (20.-23.8. 82.5°N, 109°E), which showed huge masses of algal deposits at the deep sea floor. The photo sledge (OFOS) showed up to 5 large clumps per square meter, which were grazed upon by seacucumbers and ophiurids (Fig. 1 + 2). While our ice biologists were busy looking at the distribution and diversity of diatoms and other phytoplankton in the ice, the deep-sea researchers attempted to catch some aggregates with the TV-guided multicorer, to assess the origin of the greenish-brownish aggregates covering the seafloor (Fig. 3).

Could it be that so many ice-algae aggregates were melting out of the first year ice? Or were these remnants of brown algae from the Siberian shelves? It was just not possible to lay hands on the green matter at depth. But then we had an idea: Why not sampling the deep-sea “vacuum cleaners” themselves: the seacucumbers, which we observed stuffing themselves with the algal aggregates. There was more than one of them per square meter, and we could catch them with the Agassiz Trawl. In the night between the 20. and 21.8. we retrieved a bunch of *Kolga hyalina* (Fig. 4). Remembering my zoology course, I managed to extrude the gut content – and our ice biologists were happy to find digested but also healthy ice algae such as *Melosira*, *Pseudonitzschia*, *Thalassiosira* and *Fragilariopsis* in the gut content (Fig. 5).

How curious – these large aggregations of sea ice algae observed frozen into the ice and in the meltponds make large food falls to the deep sea, which shows an unusually high megafauna biomass, contradicting the classical idea of a totally unproductive, oligotrophic central Arctic. The high density of large benthos indicates that this is not a unique phenomenon we are observing, but probably a reoccurring event, at least for some years. So does the continuing sea ice retreat allow for more algal productivity under the ice? Has the melt rate increased so much that the ice-algae sink out every season? Can only the large mobile megafauna profit from the large food falls, or are the other benthic size classes responding too? Many questions to answer in the coming weeks...

Another highlight of the week was the recovery of 5 long-term moorings deployed almost one year ago by the Polarstern expedition ARK26-3 “TransArc”. Two of them were deployed west of the Gakkel Ridge, in the Nansen Basin at 3600 m water depth (82.5°N; 108.5°E). The other three are recovered while I write – from over 4000 m deep in the Amundsen Basin, east of the Gakkel Ridge (83.3°N, 125.2° E) (Fig. 6). These systems are designed to make continuous, autonomous observations in time at a single location. The instruments are operated with data loggers and batteries, until they are recovered by the ship. Hence such observatories are an important tool of oceanography, but risky to deploy in the Arctic because of the ice cover and remoteness. The moorings are fixed to the seafloor by a large weight and consist of a line with different instruments (Fig. 7) and some floatation to stay almost vertical on the water column. We first detect the mooring by an underwater acoustic system, as the top of the mooring is about 100 m below the water surface. This is necessary to prevent icebergs from damaging the sensitive instruments. Of course, the biologists would wish for a higher resolution within the productive surface zone – at least one of our moorings contains a winch, which sends a profiling instrument up and down the ice-covered surface waters.



Fig. 1: Aggregates of algae at the seafloor. The most abundant megafauna are seacucumbers, ophiurids and sea anemones (Photo: OFOS AWI)



Fig. 2: A seacucumber feeds on the algal deposits - at 3,600 m water depth! (Photo: OFOS AWI)

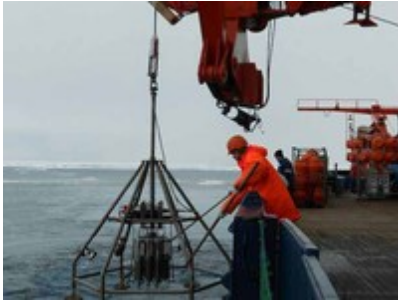


Fig. 3: The videoguided multicorer returns with our sediment samples. (© R. Degen)

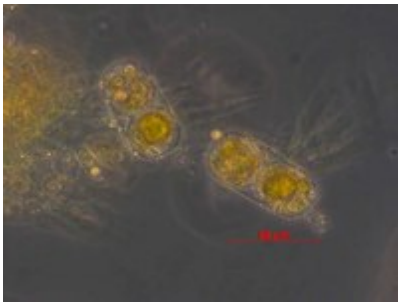


Fig. 4: The seacucumber (Holothurian) *Kolga hyalina*. (© A. Rogacheva)

The first mooring was quickly found. We released it from the bottom weight with an acoustic switch, located some distance above the seafloor. The top part of the system nicely floated up to the surface in open water (Fig. 8) and was quickly recovered onto the ship. So far so good. As we continued to the next mooring, we saw increasing ice cover, hindering our operations. The ship needed to break a lot of ice, and still the mooring, even though released, was nowhere to be found. Only the acoustics again helped us to locate the mooring, albeit within a radius of about 1 km. After several hours of search, part of the mooring was finally found in the ice rubble and recovered by 6 am after a long night of ice-breaking and searching.

These two moorings in the Nansen Basin are part of a group of five moorings, which were deployed to observe the flow of water masses along the Gakkel Ridge. In particular, the flow of warm Atlantic Water several hundred metres below the surface in this region is still not well known. This water enters the Arctic Ocean through the Fram Strait and the Barents Sea. Whereas the Barents Sea part largely circumvents all Arctic Ocean basins, at least some of the Fram Strait part is thought to return via the Nansen and Amundsen basins to the Fram Strait. The moorings will also allow us to study deep-water masses. One mooring is designed to profile only the upper 100 m with a winch system that measures temperature, salinity and pressure up to the surface once a day – a great innovation giving hope to the biologists for future assessments of year-round surface productivity. We are now at the Amundsen Basin side recovering all

of these instruments, and luck was on our side – the ice cover has retreated from this location and we almost work in open waters.

Two moorings recovered in the Nansen and Amundsen Basins were carrying 2 sediment traps each that were deployed at 200 m below surface and above the seafloor, to assess particle export from the productive ocean layers to the deep sea. Sediment traps are large funnels that collect particles sinking from the upper ocean to the seafloor (Fig. 9). These sinking particles consist of phytoplankton cells, zooplankton fecal pellets, and debris that are produced near the surface and are then falling towards the deep sea. The 2 sediment traps recovered this week have a carousel with 20 sampling cups that rotated every 2 weeks or 1 month to collect particles at different periods of the year since last September (Fig. 10).

The samples that we obtained show that the amount of particles exported varied during the year, with lower amounts of material exported during winter when there is no production in the upper ocean. We also observed large filamentous algae, similar to those observed during the past 2 ice stations, in the last 3 cups of the sediment traps. This indicates that these algae have been produced in the region during the past 1 ½ month and have rapidly sank to the bottom. Another pair of sediment traps is currently recovered. In addition to these long-term measurements, short-term sediment traps complement the program. They are deployed at 5 and 25 m at every ice stations during this expedition to measure the daily amount of particles that is exported under the ice. These combined measurements will help us to understand the importance of sea ice for production and export in the Arctic Ocean.

With best greetings of all members of the expedition IceArc

Antje Boetius
Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here : <http://expedition.awi.de/>



Fig. 5: Healthy ice algae are extracted from the gut of the seacucumbers. (© M. Fernandez)

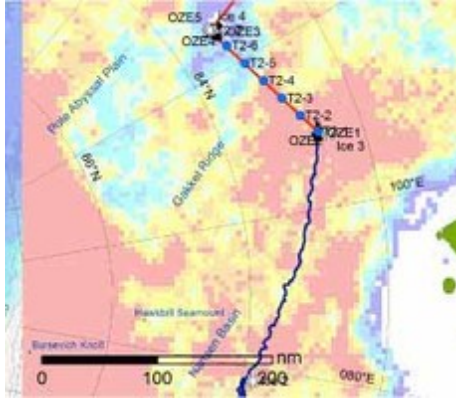


Fig. 6: Our work package for the third week - ice stations, moorings and a CTD transect across the Nansen and Amundsen basin separated by the Gakkel Ridge. Left: the stations displayed on the bathymetric map of this section of the Arctic. Right: Stations displayed on the ice map provided by satellite - both informations are needed to plan our work (© map: S. Albrecht)



Fig. 7: Retrieval of a mooring component. This is called the "chick" - a device enabling water column profiling without using batteries, what a great idea! (© B. Rabe)



Fig. 8: Excitement at bridge and deck: the top buoy surfaces from below the ice. (© B. Rabe)



Fig. 9: The sediment trap was also successfully recovered. (© C. Lalande)

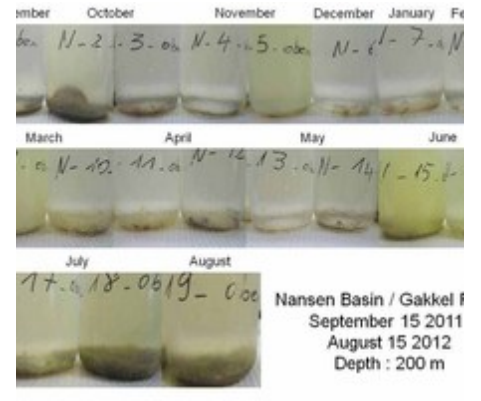


Fig. 10: The particle traps show clearly the seasonal variation of sedimentation in the central Arctic. (© C. Lalande)

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 4

26 August - 1 September 2012



Fig. 1: Panorama of an ice station. The thicker ice in the front has less melt ponds than the thin ice in the back. Different types of devices are installed for short or long term measurements, and working sites are marked by different signs. (© M. Nicolaus)

The fourth week of the Expedition IceArc included the fourth ice station from 26-28 August at 82.5°N and 130°E (Fig. 1). On 29 August we left the ice and are now on an excursion to the southeast – to the Siberian continental margin. We are currently finishing work at the second of two time series sections (130° and 120°E) across the Laptev Sea margin, which we have sampled with CTD casts and TV-Multicorer. These transects go from the continental rise at 3500 m to the Siberian shelf edge at 60m and are highly interesting for both oceanographers and biogeochemists alike, for various questions of transport of water masses, matter, nutrients and biodiversity. In addition we hoped to recover long-term moorings on the outer Laptev shelf for our colleagues at GEOMAR and AWI, and their international partners in the Russian-German Laptev Sea Project. These moorings were deployed a while ago, but could not be recovered yet due to various logistical reasons.

The significant retreat of the sea ice around us is well reflected in many emails from colleagues, families and news from the media. The most common question to us on board is “How do you experience the all-time low in the Arctic sea ice cover?” The latest numbers from the low sea ice concentrations and extent had reached us by email in the beginning of the week. They informed us about a new record in sea ice retreat, beating the one in 2007. We were impressed not only by the dimensions of the decline, but also by its timing – There are still two weeks to go before the expected annual minimum in mid September! Therefore the sea-ice retreat and the work of the sea-ice physics on board are the focus of this weekly report.

The sea-ice extent, as discussed in the media, is derived from satellite measurements over the entire Arctic. In contrast, we can observe only a relatively small area from the ship. However, the field observations are critical for improving our understanding for the reasons and consequences of the observed changes – and they help validating the satellite data. But first, how do we experience the all time low: Since the sea ice extends only till 81°N, our work at the Laptev Sea margin between 77 and 79°N takes place in entirely open water, differently from what we expected before the cruise. Twenty years ago, this region was fully ice-covered except from the Laptev polynya area. But since a few years, the area is increasingly ice-free, from July to September.

Furthermore, we encounter lots of open water areas in the ice zone, due to wind and the ice melt (Fig. 3). We can follow these to steam at greater speed, but also we have to search quite a bit to find suitable large, thick ice floes to moor the ship for ice station work, and to place our instruments. Another observation is that there is almost no multi-year ice in the Siberian sector south of 85°N. For this expedition, most of our work in the first half of the cruise was planned for >80% sea ice area, near the ice edge. But this year, to find the right conditions, we had to work further North than originally considered. As the ice edge has now migrated into the Arctic Basin, ice stations that were originally planned for 3000-3500 m water depth at the continental rise now take place in the central basin at more than 4000 m water depth.

Beside these qualitative observations, many more quantitative and highly specific measurements are carried out to better understand the causes and consequences of the retreating sea ice: The international team of sea-ice physics on board documents the ice conditions by helicopter flights, on and under the sea ice with a wide range of instruments. Their results and data sets will be used for specific analyses of the physical state of the Arctic sea ice, and they will also be shared with oceanographers, biologists, and chemists to better understand the role of sea ice for the Arctic Ocean. Another important

aspect is the validation and improvement of satellite data interpretation. One of these products is daily ice concentration data that we receive from the Institute for Environmental Physics of University Bremen. We use these data a lot, to plan station work and to support navigation. To save email traffic, we only request raw data, and turn them into informative maps. For example, Fig. 2 shows the map of the ice cover on 31 August, with the four completed ice stations and the measurement flights of the sea ice physics group.

A main focus of the ice stations are under-ice dives with a small remotely operated vehicle (ROV) to assess light transmission through the ice (Fig. 4). Aim of this work is to quantify the amount of light penetrating through the ice into the upper ocean. This energy is most important for melt of sea ice and the interaction with the ocean and the ecosystems. It also determines melt rates of sea ice, and the measurements can be used to differentiate different ways of how and when sea ice melts. It was during last year's Polarstern expedition TransArc, when such dives were carried out successfully for the first time. Already then it became clear that the distribution of light and energy changes substantially depending on the ice types and the fraction of melt ponds on the surface. This expedition extends this work further to assess the biologically relevant light availability for photosynthesis – the basis of the food web. Hence the ROV data also contribute to various interdisciplinary projects with biologists and chemists. Furthermore, measurements of atmospheric aerosols and surface albedo add to the ROV and satellite ground truth programs. Albedo is the fraction of sunlight that is directly reflected back into the atmosphere. As the photos of the sea ice surface show, sea ice, snow, melt ponds and open water differ considerably in their colour and brightness, indicating different (spectral) albedos (Fig. 5). Furthermore, at all ice stations, an electro-magnetic ice-thickness sensor is towed in a canoe across the ice. We use these data to create ice thickness maps of the floe, to visualize one of the most important variables in sea-ice research. One goal of these combined measurements is to compare different regions of the Arctic with regard to the thickness, light and energy budgets.

Another very important part of the program is the flights with the helicopter, which is equipped with an EM Bird and operates in parallel to the ship work (Fig. 6). The EM bird is a geophysical instrument, analysing the difference in electrical conductivity between sea ice and seawater to assess sea ice thickness. In addition, the EM bird carries a high-resolution photo camera to document the sea-ice surface systematically. We will use these images to calculate the aerial fractions of white ice, melt ponds, and open water along all flights. In addition, the camera produces high-resolution aerial photographs of our ice-station floes, which will support later data analyses and help mapping other measurements (Fig. 7). Other novel instruments and methods are tested, which will add to the documentation of ice conditions: An autonomous infrared camera, which was originally built to quantify marine mammals (Fig. 8), provides excellent images of the sea ice cover; and a 3D camera, which can reconstruct the different topographies of sea ice, with its ridges and ponds. The melting ice cover and the many open water spots cause a higher humidity in the air, resulting in a lot of fog and low clouds. This is a nuisance to the scientists and pilots who need the helicopter to fly. So far, only 6 longer EM Bird flights could be carried out, due to the bad visibility. Still these produced highly relevant and unique images: The substantial cover with melt ponds darkens the ice surface (Fig. 9). Dark ice adsorbs more sunlight and melts much faster than thicker, brighter ice. Hence, it is to be expected that the sea ice will further decline till end of September. But to really compare overall ice thickness changes we need to go further north into the multiyear ice zone – a task for next week.

In addition to the flights and ice station work, we also carry out classic visual observations from the bridge of our ship (Fig. 10). For the first time, these observations are recorded using the standards of an international observation protocol, to contribute to a global data set. The protocol is specifically developed for the Arctic sea ice and is used this year also by the Norwegian, American and Chinese research vessels operating in the Arctic. By the standardized protocols, international sea ice researchers can better analyse the data statistically, and also these observations become increasingly valuable for the validation of satellite maps such as those used by us.

The excursion into the open waters of the Laptev Sea slope and shelf edge almost comes to an end, and today and tomorrow we carry out the last analyses. In general we were successful and within the time plan, but very unfortunately we could only recover one out of four long-term moorings of our colleagues (Fig. 11). All four moorings were located by the hydrophone, but since they had lost their top flotation buoy, they apparently collapsed at the seafloor. Also, because of the shallow water depths at the shelf edge of only 60 m, the moorings are very short, so that even the dredging and tugging procedures did not work out, except for one buoy. It was quite sad to leave them behind, as they were still communicating. But a look on our further tasks and station plans clearly sets a limit to time availability, so we are back on track towards our autonomous lander systems, which have now measured carbon and nutrient fluxes for 4 days. Soon we will be back in the ice, with destination North Pole.

With best greetings by all members of the expedition IceArc,
Antje Boetius

Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>

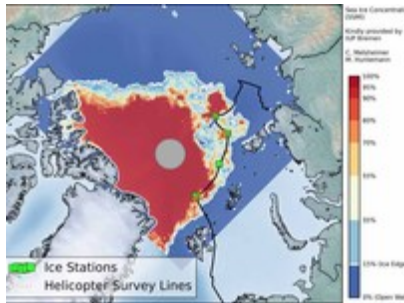


Fig. 2: Map (ice stations and helicopter flights) of the work completed by the Sea Ice Physics group (© Map: AWI Sea Ice Physics)



Fig. 3: A view of RV Polarstern from the helicopter shortly before landing (© S. Hendricks)



Fig. 4: The ROV is prepared for a dive under the ice. In the back researchers measure the albedo of ice and melt ponds. (© M. Nicolaus)



Fig. 5: Larysa Istomina measures light reflection by a spectral radiometer. (© AWI Sea Ice Physics)



Fig. 6: The EM-Bird is flown by helicopter to measure sea ice thickness and to document the sea ice surface by a high-resolution camera. (© M. Schiller)

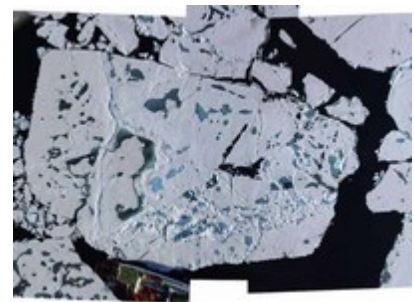


Fig. 7: Photo-mosaic of the first ice station by the EM-Bird camera (© AWI Sea Ice Physics)



Fig. 8: The infrared camera (left image) has detected polar bears. (© S. Rettig)



Fig. 9: Thinning and melting ice of the ice edge zone appears darker than thick ice (© S. Hendricks)



Fig. 10: Ice observations from the bridge of RV Polarstern. These observations are carried out once per hour when we move through the ice, and are documented by photography. (© AWI Sea Ice Physics)



Fig. 11a: Some success - one of the Laptev Sea project moorings is recovered by tugging with the rubber



Fig. 11b: The retrieved instruments are overgrown by organisms. (They appreciate oceanographic moorings just

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 5

2 September - 8 September 2012

The fifth week of the expedition started with the successful retrieval of our three benthic lander systems deployed in open water not far from the ice edge, at 79.7°N, 130.5°E, and at a water depth of 3500 m. They have measured oxygen respiration and nutrient remineralization rates of the deep-sea benthos, to be compared to the rates in ice-covered regions at similar water depths. More than four days of incubation had depleted their batteries, but we got something else in return: One of our technicians had constructed a trap for hungry deep-sea life roaming the vast ocean floor for food. To our surprise, the trap caught enormous amounts of deep-sea amphipods of various sizes. Another observation showed that the Arctic deep sea is far from being a desert, as suspected previously.



Fig. 1: Brown aggregates accumulating under the ice; Christiane Uhlig (AWI) holding a piece of ice with the aggregate (© I. Peeken)

A day later we reached the next ice station at 81.7°N and 131°E – still we find mostly thin first year ice around us, and by now large openings between the floes. Interestingly, compared to the southward station in open water, there is again a lot of evidence of algal detritus patches at the seafloor, and this time the abundant sea cucumbers are larger than at any station before. We plan to stay for only 1.5 days at this ice floe, to finally steam north to find multiyear ice. The satellite map now shows a huge opening up to 85°N and we save some time to steam in North Western direction, till we find thicker ice floes. On the way, two under-ice zooplankton trawls are planned in ice-free waters, next to the two previous ice stations #4 and #5, to show that plankton composition in surface waters is strongly altered by the absence of ice. The result is striking, within a few miles, there is much less polar cod, and the few specimen caught have fed differently – they have copepods instead of under-ice amphipods in their stomach. Our plankton zoologist is surprised about this very strong coupling between ice and under-ice fauna, just as we are from our seafloor observations. On the 7th September we arrived at our first multiyear ice (MYI) floe, marking the 6th ice station at 85°N and 124°E. First we re-deployed the benthic landers, next was the visit to the ice. As already observed on the previous two ice stations, we seem already to be at the end of the productive season – not because of a lack of light, but because nitrate, an important macronutrient for phytoplankton, is depleted everywhere, even under the ice. Last year, during the Transarc expedition, we found for the first time large clumps of pelagic algae accumulating at the frozen bottom of some melt ponds on the ice, probably because of the low density of the melt water forming the ponds. We were quite excited to find similar accumulations of algal biomass again. But a closer look with the microscope revealed that this year along our Eastern route along the ice edge, the aggregates mainly consisted of ice algae communities. In general we found two types of aggregates, small dark brown patches, where the algae were still alive and mainly consisted of the elongated “pennate” diatoms (Fig. 1). Additionally we found yellowish to whitish looking large patches at the bottom of melt ponds (Fig. 2) mainly consisting of dead cells of the famous Arctic under-ice diatom *Melosira arctica* (Fig. 3). This species is known to be able to form meter-long filamentous aggregates under old multiyear ice, almost resembling kelp forests. This time we found considerable aggregations also in first year ice in the beginning of the cruise, and now we even caught a glimpse of long filaments in the thicker ice. We suspect that these algae from/form?? the giant detritus falls we have by now observed at all stations in the deep Arctic basins. But by now, in the beginning of September, the algal primary production and biomass in ice and under-ice and open waters are low, and the system has turned heterotrophic, as indicated by high respiration rates found under the ice. This is further corroborated by the relative dominance of tiny algae not larger than a few micrometer, the so called picoplankton, which is known to be better adapted to nutrient limitations.

To study the further consequences of climate change on the sea ice biota and its relation with the Arctic ecosystem, it is essential to investigate the various sea ice types in context with the adjacent seawater. During the ice stations our international biological and biogeochemical teams usually take samples from the sea ice, the melt ponds and the under ice water (Fig. 4, 5),

matching their sampling strategies to the information on sea ice thickness and age from the ice physics group. For the understanding of biogeochemical cycles, basic variables such as for the carbon and silicate content of particles, and for algal biomass are taken. We also look at the excretion of organic substances by organisms, contributing for example to the pool of dissolved organic carbon and “transparent exopolymeric particles - TEP” – in more profane words: slime. TEP is a major component of the carbon cycle in sea ice. It is formed by many different types of bacterio-, phyto- and zooplankton. The biodiversity of these organisms inhabiting various sea-ice types is also studied. We combine classical methods such as microscopy and flow cytometer measurements with molecular approaches to assess species composition, and the activity of genetic transcription.



Fig. 2: Yellow-whitish aggregates accumulating at the bottom of the melt ponds; size of aggregates approximately 5-15 cm (© I. Peeken)

Why all of this? The retreat and thinning of sea ice has direct implication on the light conditions, which in turn may influence primary production in the Arctic. Sea ice algae have particular light absorbance spectra depending on the algae concentration. With irradiance measurements under the ice we can even try to estimate total ice algal biomass. These measurements we integrated with those of the ice physics team with the ROV (see previous report). To calibrate the optical sensors the biological team process the sea ice cores and determines optical properties as particle absorption, coloured dissolved organic matter and the algae pigments. Together with the detailed primary production measurements these studies will help to better quantify the role of sea ice biota for the Arctic ecosystem. It has been speculated that less ice increases light availability and hence primary production. But we do not think it is this simple: The Arctic is characterized by rather low nutrient concentrations surface waters, and the increasing ice melt and other factors increase its freshwater content, and hence its stratification. The impact of light is studied on board by applying different light intensities to samples of natural algal communities from the ice (Fig. 6). To address the impact of nutrients on primary production, we test which combinations of nutrients enhances their growth rate. And to study the carbon transfer between algae and bacteria, we perform even more experiments in our refrigerated containers.

By measuring enzymatic activities of bacteria, together with oxygen and nitrogen dynamics as well as primary production and bacterial production, the link between algal production and bacterial recycling can be quantified. Bacteria excrete digestive enzymes to hydrolyze organic matter, which is too large to be taken up by the cell, and we can measure their digestion, respiration and growth. Furthermore, they may increase productivity by releasing nitrogen for algal growth, so we also assess different processes of the nitrogen cycle. Maybe the warming of the Arctic has even permitted temperature-sensitive types of metabolism to occur, such as nitrogen fixation. For all of these measurements, there is need for knowing nutrient chemistry, already on board we get updated with measurements of phosphate, silicate, nitrate and nitrite. Ammonium analyses will be done back home at the Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ, NL). In addition the essential micronutrients, so called trace metals, such as iron are studied. Iron limits primary productivity in more than 30% of the oceans, including some parts of the Arctic Ocean, and has a crucial impact on the biogeochemical cycles of carbon and other elements, with ultimate influence on the Earth climate system. Previous studies have been shown, that that iron is 10-100 times more concentrated in the sea ice than in underlying seawater. Furthermore, sea ice melt can deliver up to 70% of the daily Fe supply to the surface waters. To avoid any contamination, the metal team is very cleanly to obtain concentrations of manganese, zinc, cobalt and copper.

Algal communities living in and at the bottom of sea ice are to a large extent maintained by the nutrients that they are able to access from the underlying water column. The vertical turbulence in the water layers directly under the sea ice controls the supply of nutrients to the ice algae, so direct in situ measurements of turbulence and nutrient fluxes at the ice-water interface provide valuable information about the environmental setting and biological activity of the sea ice algal communities. Therefore, the sea ice biogeochemistry group employs various in situ techniques to assess the turbulent structure and nutrient gradients, from the ice-water interface down to 100 meters depth below the ice. This requires a lot of technology to be installed at each ice station: such as a novel ‘Aquatic Eddy-Correlation’ (AEC) (Fig. 8), to resolve fluxes over an area of 50-100 m² under the natural hydrodynamic and light conditions that the algal communities are exposed to. To monitor the hydrodynamic conditions further below, the ice group uses a series of high-resolution profilers. An Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) monitors the turbulence and stratification in the upper 8 meters of the water column (Fig. 9), whilst ‘Missy’, our microstructure profiler, resolves the small-scale turbulence down to depths of 100 meters. We further obtain micro profiles of chemical and physical gradients at the ice water interface using the under ice micro-profiler – an instrument slowly driving fine micro-sensors

Algal communities living in and at the bottom of sea ice are to a large extent maintained by the nutrients that they are able to access from the underlying water column. The vertical turbulence in the water layers directly under the sea ice controls the supply of nutrients to the ice algae, so direct in situ measurements of turbulence and nutrient fluxes at the ice-water interface provide valuable information about the environmental setting and biological activity of the sea ice algal communities.

Therefore, the sea ice biogeochemistry group employs various in situ techniques to assess the turbulent structure and nutrient gradients, from the ice-water interface down to 100 meters depth below the ice. This requires a lot of technology to be installed at each ice station: such as a novel ‘Aquatic Eddy-Correlation’ (AEC) (Fig. 8), to resolve fluxes over an area of 50-100 m² under the natural hydrodynamic and light conditions that the algal communities are exposed to. To monitor the hydrodynamic conditions further below, the ice group uses a series of high-resolution profilers. An Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) monitors the turbulence and stratification in the upper 8 meters of the water column (Fig. 9), whilst ‘Missy’, our microstructure profiler, resolves the small-scale turbulence down to depths of 100 meters. We further obtain micro profiles of chemical and physical gradients at the ice water interface using the under ice micro-profiler – an instrument slowly driving fine micro-sensors

into the ice-water contact zone (Fig. 10). Beyond all of the carbon cycling between ice and water, there is also the question of carbon export to the atmosphere: The detection of methane cycling in sea ice is another important biogeochemical tasks of this cruise. Methane is a very active greenhouse gas, and it has recently been found that methane concentrations are enriched in Arctic surface waters. So far, little is known about exchange processes that occur at sea – sea ice – atmosphere interfaces and what determines the methane flux to the atmosphere. Particularly the role of sea ice in these exchange processes is barely understood. On this cruise we therefore take a closer look at methane conversion pathways in sea ice (Fig. 11). We investigate the spatial and seasonal variability of the methane concentration and isotope ratios looking at different types of sea ice (multi and first year ice) as well as different melting stages. This includes the important question as to which processes make and break the methane, and which are the responsible organisms.

But at the very end of the week, there are also less good news to report. During a routine safety exercise with our rescue boats, an accident occurred and several people were hurt. Besides some smaller injuries, one scientist broke his arm and now needs to be transferred to a hospital on land. Hence, Polarstern is now on the way back to Norway. We expect to pick up work again in a week from now, but will of course continue to report more from our research next week.

With best greetings from all members of the expedition IceArc,
Antje Boetius, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>



Fig. 3: Microscopic image of the empty frustules of *Melosira arctica* (© M. Fernandez)



Fig. 4: Ice coring at the main coring site close to the ship; in the front: Daniel Scholz (AWI) and Muntsa Roca Marti coring ice cores in the front, and Ben Lange in the back. (© C. Uhlig)



Fig. 5: Melt Pond sampling site; in the front: Ilka Peeken (MARUM/AWI), Anique Stecher, Christiane Uhlig (both AWI) and Luisa Galgani (GEOMAR), to the right: Stefan Hendricks (AWI) on bear watch (© M. Fernandez)



Fig. 6: Incubator to perform light curves of primary production constructed by Patrick Meyer (MPI) (© M. Fernandez)



Fig. 7: Charly Thurczy (NIOZ) and Ilka Peeken (AWI/MARUM) taking an ice core while Marie Le Guitton (NIOZ) is labelling previous samples. (© C. Uhlig)



Fig. 8: Frank Wenzhöfer (AWI/MPI) setting up the 'Aquatic Eddy-Correlation' system (AEC) (© K. Attard)

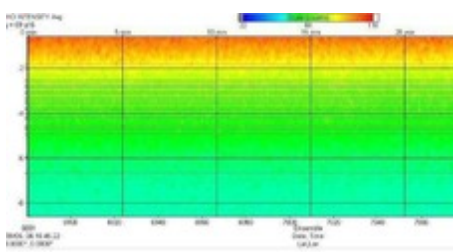


Fig. 9: Results of the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) on turbulence and stratification in the upper 8 metres of the water column under the ice (© data: K. Attard)



Fig. 10: Axel Nordhausen (MPI) working on the under ice microprofiler (© K. Attard)



Fig. 11: Eva Kirschenmann (AWI) taking an ice core; in the back the surface part of the under ice microprofiler (© M. Fernandez)

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 6

9 September - 15 September 2012



Picture 1: Axel Nordhausen and Patrick Meyer are preparing the lander for their next deployment. (© J. Felden, Marum)

In the beginning of the 6th week of our expedition we quickly finalized our ice station at 85°N and 122°E, before steaming to Kirkenes to deliver our injured colleague in time for his home-bound flight. So far, this ice-station was our Northern-most one. When we had reached it, it was also characterized by lots of open water and melt ponds. Since everyone knew about the upcoming week-long deviation, before leaving the floe we retrieved a lot of ice and sediment cores, melt pond samples and sensor data, to keep us busy while steaming towards the coast of northern Norway and back into the ice.

The last action of the 6th ice station was the recovery of our lander systems (Picture 1) in the early morning hours. The aim of our research is to measure the rate by which organic carbon is degraded

in previously ice-covered deep-sea sediments. Such data can be directly related to the productivity and carbon export fluxes of the Arctic basins; they also add to better understand the global role of the oceans in carbon sequestration. In the past 20 years, a few data on in situ carbon fluxes were retrieved basically from all ocean areas, but this is the first time that such measurements are made in the ice-covered Central Arctic. At each ice station we have deployed 3 benthic lander systems similar to the procedure with moorings. They are equipped with a floatation buoy at 50-100 m below sea surface, and two hydro acoustic pingers for relocation. After 3 days of autonomous incubation at depths > 4000m under the ice, we can relocate the landers by their pingers. Next, Polarstern breaks the ice above the position, before we release the buoy to quickly come up to the surface. After pushing small pieces out of the way with the ship, all floatation units surface (Picture 2), and the landers are recovered safely (Picture 3). Each of the landers is equipped with 3 benthic chambers and one horizontally transecting micro-profiler. The chambers incubate a sediment area of 400 cm² to measure total benthic oxygen consumption, which is directly related to carbon flux. The high-resolution oxygen profiles measured by the micro-profiler can be used to determine the diffusive oxygen consumption mainly driven by microbial respiration. Preliminary results from our in situ measurements indicate quite oligotrophic conditions, with deep oxygen penetration and low diffusive oxygen consumption rates. Also the total oxygen consumption revealed low rates, which are in an order of 0.25 mmol O₂ m⁻² d⁻¹. Because both, diffusive and total oxygen consumption, do not differ much, this indicates a rather low contribution of benthic macro-fauna to the benthic oxygen consumption. This is confirmed by the little life found when sieving sediments from the mega-grab samples. All in all, the cute little Arctic deep sea cucumbers seem to be the winners in under-ice deep-sea carbon cycling.

Accordingly, the OFOS - an underwater photo sled, which is used to obtain high-resolution images of the benthic mega-fauna at the seafloor – showed an unexpected high density of the sea cucumbers *Kolga hyalina* and *Elipidia heckeri*, as well as dead stalks of hexactinellid sponges and attached sea anemones (Picture 4). We also had some fun watching crawling sea-anemones at the deep-sea floor. The OFOS photos are used for quantifying the mega-fauna. At the end of each ice station, a part of the OFOS track is resampled by the Agassiz trawl to collect voucher specimens (Picture 5). These allow the taxonomic experts at home to identify the animals on the images to the species level. Additional samples from the Agassiz trawl will be used for molecular phylogeny, trophic analysis and gonad histology. On board we extract the gut content of some of the sea cucumbers to find out if they have eaten sea-ice algae. We found that these organisms are surprisingly well adapted to the sporadic food falls. Although they have a very basic neural network, they can specifically detect and select algal patches to feed on, so that their gut content is two orders of magnitude enriched in algal pigments, compared to the surrounding sediments.

The benthic fauna of the Central Arctic basin is so far poorly explored due to difficulties of taking samples in areas with high ice coverage. Hence we are quite excited to be able to examine benthic mega- and macro-faunal communities, their diversity, distribution and how they are affected by varying ice coverage during the expedition IceArc. This is a joint research project with the Shirshov Institute of Oceanology in Moscow, which has a great expertise in Arctic sea life. Based on our first observations, Arctic deep-sea mega-fauna of the Nansen and Amundsen basins is dominated by few invertebrate species. Among them are sea anemones (at least 2 species), the sea cucumbers *E. heckeri* and *K. hyalina*, stalked hexactinellid sponges (probably *Caulophacus*), and in some areas the ophiuroid *Ophiostriatus striatus*. As previously reported, we found that ice algae play an important role for the abundance of mega-fauna, and also for the size of the organisms. First preliminary results show that the mega-fauna of the deep Central Arctic is not as poor and evenly distributed as expected. In areas where masses of ice algae settle at the seafloor, mega-fauna biomass was notably higher. This higher biomass resulted mainly from high abundance of few larger invertebrates such as *K. hyalina* and the sea anemones. These species can probably quickly respond to the higher organic flux. Particularly, we have found that representatives of *K. hyalina* are larger in size and their gonads are more developed in the areas with high ice algal deposits. Comparative analysis of the body size distribution, gut content and gonads will shed further light on the adaptive strategies of this species.

Now that we have some time for data syntheses during our way back, we started comparing the benthic mega-fauna of the Central Arctic basin to the Laptev Sea continental margin, where we used the TV-guided Multicorer to record the distribution of the benthic fauna. There are surprising differences in community composition and biomass. At the upper margin, bottom waters were very turbid from a high load of particles. Accordingly, the seafloor was mainly populated by filter feeder (e.g. crinoids, beautiful gorgonians). We also saw a few fish, mainly *Zoarces* (eelpout). At about 1500 m the landscape changed. The bottom water was clearer, we noted the absence of fish and an increasing proportion of detritus feeders like sea cucumbers. Interestingly, the lowest density of mega-fauna of all stations was so far observed at 1500 m on the margin. Another interesting observation: The seafloor of the Siberian Arctic is not littered with trash yet. The only anthropogenic footprint so far recorded was a piece of wood and a piece of metal. In all other ocean areas, including the giant South Pacific, litter is already found every few hundred square meters. But up to now there has been very little traffic in the Arctic, and we are steaming through areas, which were hardly ever accessed by ships.

The retrieved sediment samples (Picture 6) will provide further insights in the distribution and function of benthic life. Most analyses have to be carried out in the home laboratories – such as the abundance and composition of small, sub-millimetre life (meiofauna and microorganisms). First on-board results show that both the pigment concentrations (a biomarker for sedimented algal detritus), and the activities of the enzymes used for the breakdown of algal and zooplankton detritus, decrease with increasing water depth and decreasing food availability (Picture 7). The measured values are also still in the range of data from sampling the area almost 20 years ago (ARK IX/4 in 1993). As expected, the shallower continental slope stations show much higher values than the distant and deep Arctic basins. Apparently, the patchily distributed food falls of ice algae are most efficiently consumed by the mega-fauna – especially the “vacuum cleaner” sea cucumbers - so that they do not leave much of an imprint in the sedimentary archive. This will be further investigated in the home laboratory, with chemical analyses tracing specific ice-algal biomarkers.

Another project is to compare the microbial detritus recycling efficiencies of the pelagic and benthic realms. A significant fraction of the organic material exported from the productive surface layers is subject to transformation processes in the deeper water column, and much of the particulate organic carbon (POC) is degraded by bacteria into dissolved organic carbon (DOC) as it sinks. During its transit to the seafloor, readily-used DOC (termed labile DOC) is further degraded into smaller DOC fractions, some of which are incorporated into bacterial biomass, while the remainder is mixed into the deep waters as potential food source to other microbial communities. Hence, the enzymatic activity of bacteria in the pelagic ecosystem dictates what types of organic carbon will be available for microbial communities in the underlying sediment. A comparison of the enzymatic hydrolysis capabilities of pelagic and benthic microbial communities gives us insight into their functional differences, in terms of heterotrophic degradation of carbon. Finally, to assess the potential effects of sea ice-loss on microbial carbon cycling, the pelagic to benthic enzymatic hydrolysis rates and potentials will be compared in ice-free, partially ice-covered, and fully ice-covered regions, in a joint project with AWI, GEOMAR and the University of North Carolina, Chapel Hill.

While steaming back to Kirkenes, we have several meetings to show first results, and to discuss the state of the sea ice, now that we approach the absolute minimum of 2012. The daily satellite sea ice data continue to surprise us - just how much the

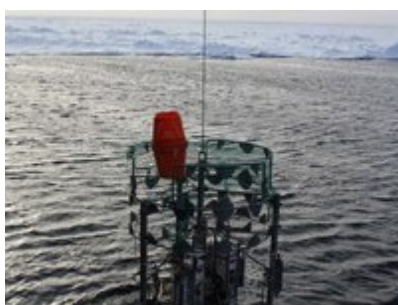
face of the Arctic cryosphere has changed during the 6 weeks of our expedition. Besides our first ice-floe, which has luckily moved northwards with all of our instruments, all other previous ice stations are now in open water. We will now return into the ice for a few ice stations >88°N to compare the biogeochemistry, biology and optical properties of thicker, multiyear ice with the first year ice, which we have so far been studying. Also, we wonder how far north we will detect the effect of ice-algae export to the Arctic basins. After a transit of 3.5 days in rather rough seas, we reached the coast of northern Norway in the early morning of September 14, luckily with very good weather conditions for the transfer by helicopter. Already around noon we steamed northwards again, and are now expecting to be back at the ice edge around the 17 September. We are all looking forward to the next ice station at 88°N and 60°E, and send many greetings to friends, families and colleagues at home.

Antje Boetius, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>



Picture 2: The flotation unit surfaces through the ice, after the lander has been released. (© F. Wenzhöfer, AWI)



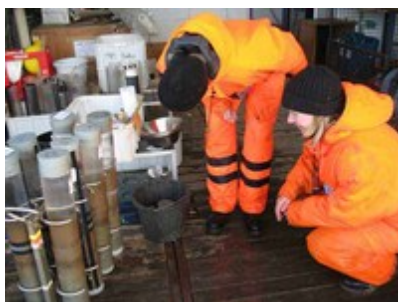
Picture 3: Recovery of one of our lander systems (© F. Wenzhöfer, AWI)



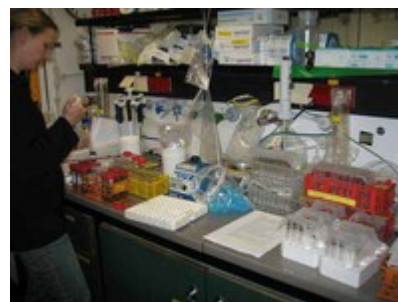
Picture 4: Sea anemones on dead stalks of glass sponges (© AWI)



Picture 5: Agassiz trawl with the latest catch (© A. Boetius, AWI)



Picture 6: Wiebke Rentzsch and Christina Bienhold are happy about new multicorer-samples arriving. (© R. Stiens, MPI)



Picture 7: Have the microbes dined well? Wiebke Rentzsch is working up sediment samples to measure enzymatic activities. (© C. Bienhold, MPI/AWI)

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 7

16 September - 22 September 2012

On Sunday 16 September we were back to the ice edge at 84° and 60°N, and the deviation to Kirkenes was officially terminated. Our colleague arrived safely at home and we were informed that his operation went well. From far away, we wish him a fast and good recovery !

After having reached the ice edge on Monday, we picked up research again, first with more or less “remote” actions such as helicopter flights for ice thickness measurements, by ice observations from the bridge, by releasing expandable CTDs to retrieve salinity and temperature profiles at least down to 1500 m, and by Parasound and Hydrosweep surveys of the seafloor. We were steaming north as fast as we could towards our next planned ice station at 88°N and 60°E. On the way we crossed an intriguing giant seafloor structure: The Karasik Seamount south of the Gakkel Ridge at 86°N and 60°E. This seamount reaches from about 3600 m water depth to 600 m water depth at its flat top, and extends for almost 60 miles. Although the ice cover was almost 100%, we managed to complete another bathymetry track across the seamount.

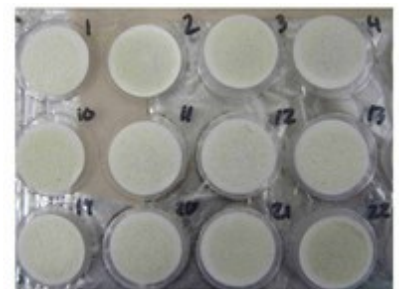
On Tuesday we arrived at our seventh ice station, at 88°N and 60°E. For those of us working on the ice, it was a very good feeling to be back outside. And for those of us spending hours watching the deep-sea floor, it was equally great to be back in the water. The first under-ice pictures by the ROV increased our well-being even further: We found immense aggregations and long filaments of the famous under-ice diatom *Melosira arctica*. They were everywhere, as aggregates and anchored to the under ice – and in huge masses at the seafloor at 4400 m water depth.

To study the fate of Arctic algae, primary productivity and food web structure is a central objective for a rather large team on board. This weekly report focuses on their work: the PEBCAO (Plankton Ecology and Biogeochemistry in a Changing Arctic Ocean) group of the Alfred Wegener Institute aims at better understanding the impacts of decreasing ice cover, increasing water temperature, and acidification on the pelagic ecosystem of the Arctic Ocean. To reach this objective, they collect samples in the ice, under the ice, in meltponds, and in the surface layer of the ocean. Water samples are collected from the ship with the rosette, the most common sampling device used in oceanographic expeditions, which consists of 24 large bottles that collect water at different depths (Picture 1). Once the rosette is back on board, the water is shared by many scientists. Besides the basic hydrographical and chemical analyses, samples are taken for biological parameters such as chlorophyll *a*, particulate organic carbon and nitrogen, and biogenic silica. To measure these, large amounts of water are filtered through glass fiber filters, to retain almost invisible particles, which are then deep frozen to bring them back to the laboratory for further processing. A first look at the filters collected during the expedition shows the variation in the amount of organic matter obtained among stations (Picture 2).

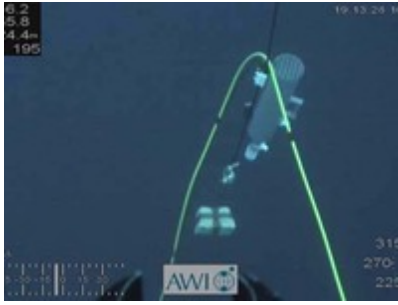
The team also analyses phytoplankton abundance and composition in different size classes - including picophytoplankton (0.2-2 µm), nanophytoplankton (2-20 µm), bacterial biomass and growth, carbohydrates, transparent exopolymer particles, protein particles and amino acids. In addition to the water measurements, small sediment traps are deployed at 5 and 25 m under the ice at each ice station, to collect sinking particles being exported from the ice (Picture 3).



Picture 1: Deployment of the CTD rosette (L. Galgani, GEOMAR)



Picture 2: Filters for future measurements of particulate organic carbon (© C. Lalande, AWI)



Picture 3: Sediment trap deployed at 25 m under the ice as seen by the ROV. The rope of the ROV got tangled in the trap for a few seconds, but was then luckily set free without any problem for both instruments (© ROV team, AWI Sea Ice Physics)



Picture 4: SUIT during deployment next to Polarstern (© B. Lange, University of Alberta)

From all these measurements, we hope to answer questions such as: Are there regional differences in the distribution patterns of phytoplankton and biogeochemical parameters in the ice-covered Arctic Ocean? How important is the sea ice and biological processes within it for the pelagic food web and the vertical particle flux? The importance of ice as feeding ground for the pelagic life has been obvious since the beginning of the IceArc expedition, and was again evident at the ice station this week where large amounts of ice algae aggregates were still observed at nearly 88°N during the last days of summer.

After the ice station was concluded, and as for all ice stations before, a Surface and Under Ice Trawl (SUIT) was deployed close to our sampling site. The SUIT is a towed fishing net that collects zooplankton and fish in the immediate 2 m water layer under the ice (Picture 4). The SUIT was developed by the Dutch institute IMARES, which kindly provided it as part of its collaboration with AWI. SUIT is operated by the Helmholtz Young Investigators Group *Iceflux*, which adds to the study of the pelagic ecosystem. The trawl is equipped with a bio-environmental sensor array that measures temperature, salinity, chlorophyll *a* concentration, ice thickness and hyper-spectral light transmission. An under-ice video camera also records the structure of the ice underside during each haul.

From the 12 SUIT hauls concluded so far during IceArc, we became witnesses of a rich and diverse under-ice community dominated by ice-associated amphipods and polar cod. The polar cod is a unique Arctic fish, fully adapted to living in close association with sea ice (Picture 5). It is an important prey of Arctic seals and seabirds, and thus a key stepping stone of the food web. So far, polar cod were numerous in all SUIT catches from under the ice, indicating a wide distribution of this ecological key species

throughout the Arctic deep-sea basins sampled during IceArc. In combination with the abundance and composition of the under-ice fauna, the up to 2 km-long ice thickness profiles collected by SUIT constitute a unique dataset. The video footage of the SUIT camera shows the complex structure of the under-ice habitat, and visualizes the distribution of algal aggregates and *Melosira arctica* patches on the kilometre scale (Picture 6).

In addition to the immediate surface layer, zooplankton was sampled with a multinet from 1500 m to the surface. The multinet is a vertically towed system consisting of 5 different nets, which can be sequentially opened and closed while the net is pulled upwards. The 8 multinet hauls completed so far will allow investigations on the vertical distribution of zooplankton in the water column, and this is also important for the investigation of the ecological processes induced by a changing Arctic Ocean.

Finally, we are also interested in processes occurring at the ocean-air and ice-air interfaces. We measure marine aerosols and the bacterial community in the thin sea surface layer to investigate the role of bacteria in aerosol particles composition and emission. These organic aerosol particles later condense in droplets in the atmosphere as cloud condensation nuclei (CCN) leading to the formation of clouds. Marine aerosols are also measured directly in the air by an aerosol sampler provided by IFT Leipzig (Institute for Tropospheric Research) installed on the peil deck of *Polarstern*. These measurements will allow us to better understand processes affecting cloud formation in a changing Arctic Ocean.

After finishing the 7th ice station on Thursday, we hoped to be able to further steam north, to reach the North pole before the end of the week. Our goal was to achieve the first deep sea in situ measurements at 90°N, so far away from the Arctic continents, at > 4100 m water depth. Also, we had been looking forward to the high resolution images from the seafloor: What lives there, and who knows in which direction all the sea



Picture 5: Polar cod (*Boreogadus saida*) (© H. Flores, AWI)



Picture 6: The ice underside features a multitude of structures, such as this nasty 'nose'. Luckily, such structures have so far seldom caused damage to SUIT.

cucumbers crawl? But nature was not supportive of our tight travel plan – just 45 miles away from the pole, the ship got stuck in the ice, again and again. In the early morning hours of Friday we had to give up not to risk the scientific program – as the cruise will soon be coming to an end. The ice was not unusually thick, but the wind had pressed large ice floes together, which were overfrozen with snow. When we reached average speeds of 1 knot it was clear we had to return. Yesterday, at 88° 49' N and 58°E we reached another ice floe for our 8th ice station. At least the weather is now on our side: blue skies and a permanent sunset. The Arctic autumn is in full progress – with air temperatures already dropping below -12°C, and freezing melt ponds. What a beautiful sight!

With many greetings to friends, families and colleagues at home -
Antje Boetius, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322>
and our cruise track is visible here : <http://expedition.awi.de/>

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 8 23 September - 29 September 2012

Our eighth and northernmost ice station ended on 23 September with an exciting experiment: the deployment of our free falling lander (from "to land" at the seafloor) carrying microprofiler modules "on a leash". Ice conditions at the site at 88°45'N and 55°E were too difficult for an autonomous deployment, the ice floes were densely compressed by the wind and comprised a mixture of first and thicker multiyear ice. Hence we explored another idea: Why not deploying the lander with weights and floatation a rope connected to the ship, so that it would be placed at the seafloor, and further rope paid out with the drift, to be able to recover it safely. We observed the ice drift of our floe for one day and found out that with the current wind conditions, about 2-3 km rope would have to be released, in addition to that reaching the seafloor at over 4 km water depth. The risk: When recovering the lander system, it may be dragged horizontally through the mud, or we may even lose it when drifting ice would cut the rope. The reward: the first in situ quantification of carbon fluxes and microbial respiration rates fuelled by the green carpet of sea-ice algae detected at over 4000m water depth.

At earlier stations, the ice-algal deposits were more dispersed and hard to target, but here, at the northernmost station, they are covering a huge part of the seafloor. For deep-sea researchers it is a rule that one has to constantly develop and test new methods at sea, to achieve technological advances. So we were happy to try out something truly new, despite the risk. In the early morning hours of 24 September, the lander was back on deck, with highly interesting data. The carbon flux by sea-ice algae exceeds the background flux at least tenfold. Then we left the station for the last CTD transect southwards, along 52°E longitude, with 10 CTDs planned from 24-29 September towards 84° 45'N in the vicinity of the first ice station with several instruments to be recovered.

This weekly report is hence focusing on the oceanographic work during this expedition, presenting already some of the preliminary results, and comparative analyses to previous years. Earlier weekly reports had already mentioned the links between the oceanographic measurements and the research of the different 'bio-geo-chemistry' groups working on the ice, in the water column, and in the deep sea. Apart from the coupling of physical-biogeochemical processes in the Arctic, there are other important oceanographic processes that affect the Ocean and Earth climate system. Warm water flowing from the North Atlantic into the Arctic Ocean through the Fram Strait and the Barents Sea are modified in transit through the Arctic before returning to the Nordic Seas and the North Atlantic. This makes the Arctic part of the global thermohaline conveyor circulation, whereby warm waters move from the tropics towards high latitudes. In the North, strong cooling and ice formation cause these waters to sink and mix into deeper waters, returning back towards lower latitudes. This conveyor belt is one of the reasons why relatively warm waters from lower latitudes are able to reach north-western Europe.

Oceanographic measurements mainly provide temperature, salinity, and depth (pressure) data from the ocean. But how do these parameters enable us to investigate quite a broad variety of processes. Which are the instruments that we use? Foremost the standard tool of oceanography, the CTD. CTD is an acronym for Conductivity, Temperature and Depth (pressure); salinity can be calculated from these parameters. Figure 1a shows a photograph of the CTD on board our ship, the R.V. Polarstern. Also shown is a comparison of modern CTD profiling of the water column, and similar measurements

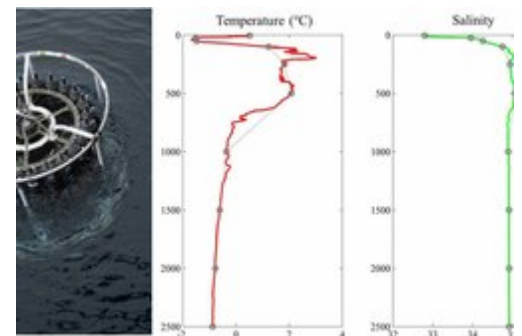


Fig. 1a: CTD mounted in the oceanographic rosette, which is a carousel equipped with 24 bottles that can be closed at any depth from the bottom, here at 4000 m, to the surface. The sampled water is used to analyse the content of nutrients, dissolved gasses (O₂, CO₂), phytoplankton, bacteria, and other parameters by our colleagues in the biogeochemistry groups. Fig. 1b: "Profile" of the water column parameters obtained by oceanographers before the use of CTDs, through the measurement of temperature and salinity at discrete depths in the water column (grey circles joined by the dash line) and nowadays (red and green line).

oceanographers were able to obtain decades ago, before the introduction of the CTD sensors.

The high-resolution CTD profiles obtained of the water column, from surface to bottom (see Figure 1), are a key to our studies of a broad variety of processes, from purely physical to coupling between physical and biogeochemical processes. Observing the vertical distribution of temperature and salinity, thus density, in different locations enables us to derive currents and transports in the ocean, the heat and salt storage in the water column, and information about mixing processes. Many of the relevant physical and biological processes occur at the cold and fresh, often ice covered ocean surface.

The Arctic is unique when it comes to freshwater content: 10 % of the world's river input flow into this ocean. In addition, ice melt and freeze add and remove freshwater, respectively. The freshwater keeps the upper Arctic Ocean much lighter than the layers below. The saline, warm water of Atlantic origin flows several hundred meters below the surface, and is largely isolated from the fresher and colder surface, and the sea ice. Even the surface circulation is affected by how much freshwater is in the water column. More freshwater means the water is less dense, leading to expansion of the water column; conversely, saltier water causes a contraction. Freshwater not only affects the waters and circulation in the Arctic Ocean, but is also exported to the North Atlantic via the passages east and west of Greenland. Once there, freshwater has the potential to change the density of the surface waters, affecting the sinking of cold surface waters that are part of the global thermohaline conveyor belt.

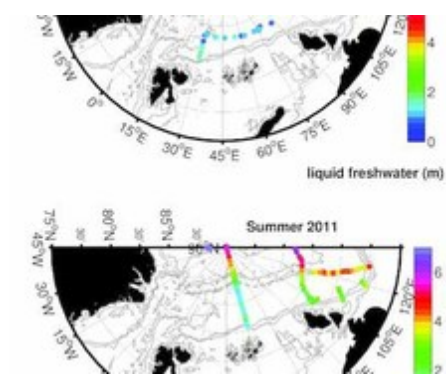


Fig. 2a: Map of liquid freshwater distribution in the Eurasian Basin, Arctic Ocean, in 2011 and 2012;

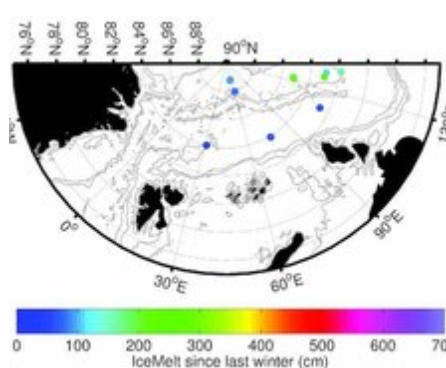


Fig. 2b: Ice-melt in 2012 that occurred since the previous winter

Previous work has found a freshening of surface waters in most of the Arctic Ocean basins from the 1990s to 2011. Our observations indicate that the upper Eurasian Basin has freshened further from 2011 to 2012 (Figure 2a). Part of this freshwater consisted of ice melt, in particular in the southern Eurasian Basin, where the freshwater content is generally lower than further north and east (Figure 2b). The Arctic Ocean experienced freshening from the mid-1990s to 2011. After this cruise, salinity profiles measured during our campaign will be combined with observations of other expeditions and autonomous systems to estimate the change in freshwater volume and the redistribution in the Arctic Ocean basins. Observations of the physical processes at all scales, from basin-scale down to a few micro-meters, are important to correctly interpret processes underlying the variability.

Furthermore, the information that arises from temperature and salinity profiles in the upper layers facilitates the understanding of the interaction between physical and biological processes. Marine plankton are not fixed to one location, as is common for vegetation on land. Phytoplankton production depends on physical processes that act to stabilize or destabilize the water column to be retained in a layer with enough light and nutrients to carry out photosynthesis. At the ice stations, we compare ship CTD profiles with those of other instruments to better assess the mixed layer depth variation during our ice stations. The vertical limit of this layer is marked by the depth of the mixed layer that can be identified in temperature, salinity and density profiles. In Figure 3 the mixed layer marks the limit between low and high nutrient concentrations, and hence the availability of nutrients to ice algae and phytoplankton. Different zooplankton species concentrate in the mixed layer and

feed on the primary producers, and the organic matter produced sinks to the bottom, serving as a food source for the benthic life.

Several hundred meters below the surface, the intermediate warm and salty Atlantic Water circulates around the Arctic Ocean basins, before returning to lower latitudes. The warm Atlantic Water entering the Arctic east of Svalbard turns toward the northeast and flows along the continental shelf slope. Around 30° E, we found during this expedition that the maximum temperature and salinity of the subsurface warm core of Atlantic Water has increased further by 0.3 °C and 0.02 psu, respectively (Figure 4a).

The warm Atlantic Water flowing through the Fram Strait meets slightly colder and fresher Atlantic Water, that enters through the Barents Sea and flows into the basins via the Kara Sea around 80° E (Figure 4b). However, due to the complexity of spatial variability in the Arctic basins and temporal variability of the inflowing Atlantic Water branches, lots of observations are

needed to understand what is happening. Our CTD data will be compared to time series from moored observatories, for example the ones recovered this year near the Gakkel Ridge and on the outer Laptev Sea shelf, or those in the Fram Strait retrieved by the missions before ours.

During its transit through the Arctic, the Atlantic water is further modified. The ice formation during the winter on the Arctic shelves generates dense plumes that incorporate part of the heat and salt in the Atlantic layer and transport it to deeper levels. Thus, Atlantic Water entering the Arctic Ocean from southern latitudes contributes to the heat and salt storage in the deep Arctic Ocean. With regard to the deep waters, we are also interested in the contributions of the geothermal flux (heat released from the ocean bottom to the ocean), and the transports between ocean basins.

The section at 30°E is relatively easy to reach by research vessels at the entrance of the Arctic Ocean, both from Fram Strait and from the Barents Sea. By comparing the vertical profiles since 1983 (Figure 5), we are able to estimate changes in the deep water masses during the previous three decades. Our data obtained from this mission's transect show that the warming and salting observed since 1994 continues. Other important sections have been carried out during the cruise. The sections above the Gakkel Ridge will provide important data about the presence of hydrothermal activity and the contribution of the heat released to the ocean by hydrothermal activity to the heat storage in the deep Arctic Ocean (Figure 6).

Oceanographic field campaigns to the central Arctic are largely carried out during the summer months, when the ice cover is less dense. This had previously resulted in a lack of winter data. To overcome this issue, autonomous, ice-tethered ocean observatories can be developed. During this expedition, we deployed 3 ITPs (Ice-Tethered Profiler; Figure 7) and one POPS (Polar Ocean Profiling System). Each system consists of a wire attached to a surface unit on top of the ice and a weight at the bottom of the wire, to keep it vertical.

The CTDs profile along the wire from few meters under the ice to about 800 m depth, one or several times per day. The resulting temperature and salinity profiles are regularly sent back to land via satellite. In addition to CTDs, these systems often have additional sensors, for example to measure bio-optical parameters or dissolved oxygen in the water. In addition to measuring properties in the water column, these systems allow us to track the ice drift through the Arctic Ocean. The ice-tethered instruments have enabled us to obtain measurements through all seasons, representing a big advance in Arctic Ocean observations. These data are available for all the scientific community and the general public, which makes their deployment very important.

Finally, on 29 September we have completed the oceanographic transect. We have reached the final ice station upon returning to the first ice floe where several instruments are waiting to be recovered, at 84°22'N and 17°30'E. Unfortunately, due to fog and low clouds the helicopters could not support the search for the instruments, but we were quite lucky – the GPS positions of the buoys led the ship directly to the spot. All instruments could be recovered and the data retrieved – except from our sediment trap. Apparently the impact from another ice floe had ripped off the rope, and the trap is now floating through the vast ocean. The time lapse camera of the meteorology station showed us what had happened in the two months that we were away: there were only a few days with blue skies and sunshine, a lot of open water surrounded the floe, and it had many encounters with other flows. Furthermore a curious polar bear came by, checking out the weather station (Figure 8). Luckily it chewed only on one cable and then gave up.

Having completed the very last station, we have just started the transit – not exactly home yet, cause we have another mission to complete. More about it next week with the final report of the expedition IceArc.

With many greetings to friends, families and colleagues at home -
Antje Boetius, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>

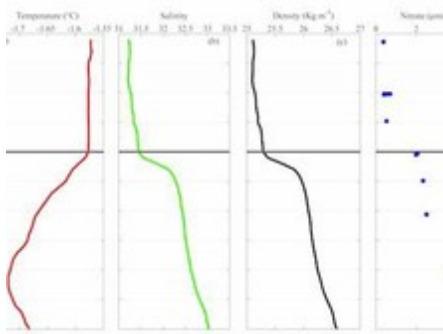


Fig. 3. (a) Temperature, (b) salinity, (c) density and (d) nitrate profiles during one ice station in our cruise. Because of mixing, temperature, salinity, therefore density and other properties as nutrient content are fairly uniform in the so called "mixed layer". The water column below, where the properties change rapidly, is known as the thermocline, halocline, pycnocline and nutricline, respectively. Here, the depth of the mixed layer is marked by the horizontal grey lines in the different plots.

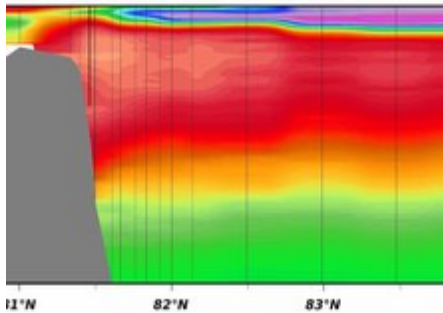


Fig. 4c: Colour contoured plot ("Section") of temperature profiles (only the upper 1100 m) along 30 E.

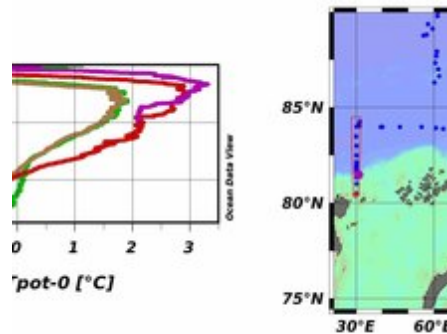


Fig. 4a: Temperature profiles (referenced to surface pressure) in different locations along the path of the Atlantic Water in the Eurasian Basin, Arctic Ocean: a comparison around 30 E in 2007 (red line) and 2012 (purple line); the locations of the profiles are shown in the map by coloured dots. All stations from this campaign are denoted by blue dots. 2012 profiles of the return flow through the Nansen Basin are also shown.

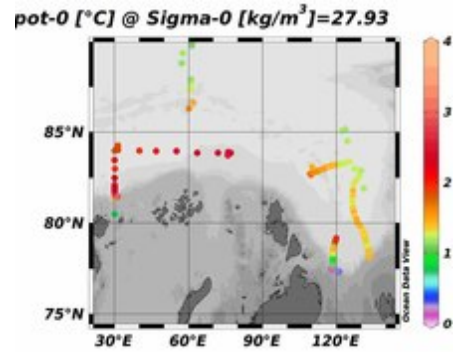


Fig. 4b: Horizontal distribution of the temperature on the density surface in the warm Atlantic Water core.

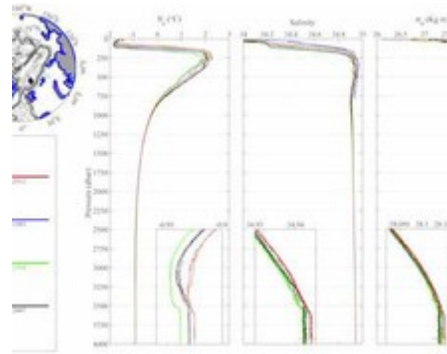


Fig. 5: Changes in temperature and salinity of the deep water masses at the entrance of the Arctic Ocean (30°E).

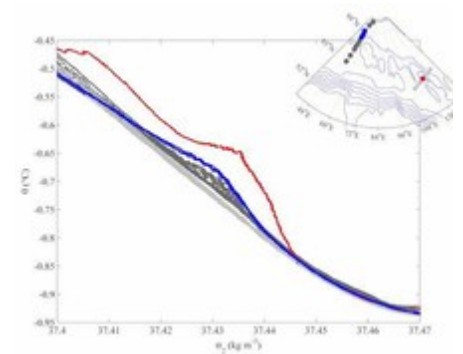


Fig. 6: Potential temperature (θ) vs potential density (σ_2) of CTD profiles above the Gakkel Ridge area in 2012. The colour code indicates their location. The injection of hydrothermal water is observed as clear deviations from the linear trends of water mixing. The profiles registered in the stations marked in red and blue in the map show these deviations indicating the presence of hydrothermal activity. The σ_2 range covers the depths from 1000 m to the bottom.

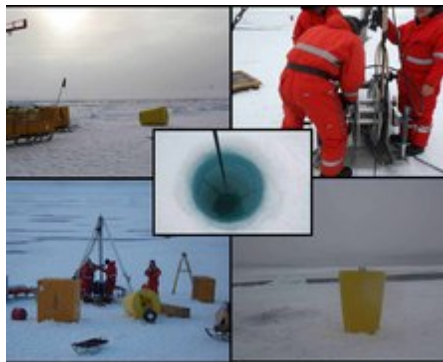


Fig. 7: Deployment of an ITP and...

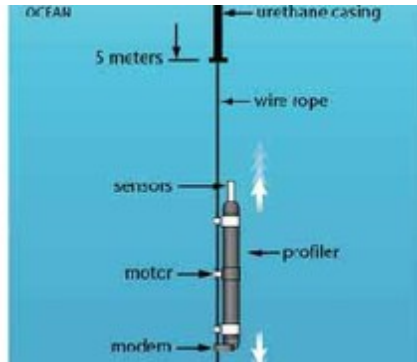


Fig. 7: ...schematic of the system.



Fig. 8: Curious polar bear, checking out the weather station

ARK-XXVII/3, Weekly Report No. 9

30 September - 8 October 2012

After finishing station work at 84°N and 18°E in the evening of the 29 September, we were on our way home to Bremerhaven – almost. During ice station #9 we had received a request of a colleague, the polar researcher Yngve Kristoffersen of Bergen, Norway, for assistance by Polarstern to return his hovercraft to Svalbard. He had been in the ice since mid July on his hovercraft the RH Sabvabaa. From time to time we had informed each other of our cruise tracks. Only few research expeditions took place in the Central Arctic this year – besides us, and the RH Sabvabaa, there was the icebreaker Oden (Sweden), the Healy (USA), a Russian research vessel, and the Chinese research icebreaker Xuelong.



Fig. 1: Meeting the famous RH Sabvabaa
(© M. Schiller)

The polar Research-Hovercraft RH Sabvabaa (www.polarhovercraft.no) has its base in Svalbard and usually operates about 100 nm into the ice to carry out geological, geophysical and oceanographical research. The hovercraft is 11 m long, can drive across ice and water, and is equipped with winches and various research instruments for ice research. It can host up to three people. Besides operating from Svalbard, it can be used as accessory research platform on other icebreakers. This year it was transported by a freighter into the ice, and operated autonomously up to 85°N in the Central Arctic.

But in September, strong winds had impacted the ice cover, and compressed the ice floes to a very dense ice shield with rubble fields and pressure ridges. We noticed the increasingly difficult ice conditions when trying to reach 90°N the week before, and also on our way to the southwest. The wind, pressure, snow and freeze-up caused a very dense ice cover, and even though it was not thick, the ship's speed was greatly reduced. In addition, in large areas the overcast and "white-outs" impacted our flight program with the helicopters. For the hovercraft, these conditions were a problem, as it could not achieve significant progress towards the south.

Luckily, we were still working in the area so late in the year, and hence arranged a meeting and recovery of the hovercraft. Just before midnight on 30 September we reached it at 83°40'N and 000°16'W (Fig. 1). After some difficult manoeuvres in the dense ice, the hovercraft was picked up by its ropes and lifted onto the helicopter deck of Polarstern. We all waited to greet Yngve Kristoffersen who had worked in the ice since 17 July, a long time on such a small boat in the Central Arctic. On our way back he offered visits to his hovercraft and a lecture about his expedition FRAM 2012, which was very interesting to scientists and crew on board.

We continued our journey home under rather difficult ice conditions, and reached the ice edge only on 2 October at 82.3°N, then continued direction Svalbard. There the RH Sabvabaa was put back into the water off Kongsfjord. Svalbard's white mountains looked beautiful in the sunset (Fig. 2). The final trip home was quite fast – a strong tailwind supported our travel through the Norwegian Sea from 3-7 October. Everyone was very busy packing, cleaning labs and finishing reports. The final scientific meetings in the conference room of Polarstern showed how much there is to be discovered in our data and observations, and how many interdisciplinary projects had been realized with so many scientists working together on and under the ice. Despite some deviations from the original plan, we have completed almost all objectives. The expedition IceArc was dedicated to investigating the role of the sea ice for the biology, chemistry and physics of the Central Arctic – that we were present in the Arctic during the new minimum ice cover gave a special meaning to this task.

Finally, just before arriving in Bremerhaven in the morning of 8 October, where family, friends and colleagues are waiting for us, we would like to take the opportunity to thank again cordially the captain and crew of Polarstern and everyone supporting

our mission. Polarstern showed once again what a fantastic platform the ship is for multidisciplinary polar research. And while we are certainly happy to be back home as of today, quite a number of us are also glad to know already now when we will come back for more adventures in the ice.

With many greetings to friends, families and colleagues at home -
Antje Boetius, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research

PS: More photos and reports are provided here: <http://www.awi.de/index.php?id=6322> and our cruise track is visible here: <http://expedition.awi.de/>



Fig. 2: Svalbard in the evening sun - what a sight (© M. Schiller)



Fig. 3: "Our" Polarstern (© S. Hendricks)



Fig. 4: The cruise track of ARK-XXVII/3 and the minima in sea ice cover of September 2007 (yellow) and 2012 (© SSMI Data, University Bremen/AWI)



Fig. 5: Group photo in the ice of the scientific participants of expedition IceArc