



Expeditionsprogramm Nr. 49



FS „Polarstern“
ARKTIS XIV/2

1998

Z 432

49
1998

Koordinator: Dr. E. Fahrbach

Fahrtleiter:
ARK XIV 2: Dr. E. Fahrbach

1. Aug. 2002



ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG
Bremerhaven, Juli 1998

x-1894

Expeditionsprogramm Nr. 49

FS "Polarstern"

ARKTIS-XIV/2

1998

Koordinator: Dr. E. Fahrbach

Fahrtleiter:

ANT-XIV/2: Dr. E. Fahrbach

Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Bremerhaven

Juli 1998

Deutscher Text
Seite 1 bis 12

English Text
Page 13 to 25

Fahrabschnitt ARK XIV/2 Tromsø - Bremerhaven (27.08.98-15.10.98)

1. Zusammenfassung und Fahrtverlauf

Der Fahrabschnitt ARK XIV/2 führt in das Europäische Nordmeer von der Framstraße bis zur Dänemarkstraße (Abb. 1). Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt bei physikalischen und chemischen Untersuchungen, die im Rahmen der Klimafor-schung erfolgen. Dabei sollen die Mechanismen des Wärmeaustauschs zwischen Ozean und Atmosphäre sowie der Kreislauf organischer Substanzen im Ozean erforscht werden. Bei den biogeochemischen Untersuchungen steht die chemische Zusammensetzung, Konzentration und Verteilung von gelöstem organischem Material (DOM) im Vordergrund. Ferner erfolgen Arbeiten zur Erklärung der Abgabe des Treibhausgases Methan aus dem Ozean in die Atmosphäre und zur ökologischen Untersuchung benthischer Organismen.

Das Europäische Nordmeer und das Nordpolarmeer stellen ein System von Becken dar, die in wechselseitigem Austausch stehen und in denen unterschiedliche Prozesse zur Wassermassenmodifikation führen. Während in der Grönlandsee die Vermischung im offenen Ozean vorherrscht, dominieren im Nordpolarmeer Prozesse auf den Schelfen.

Die Intensität des Austauschs durch die Framstraße reguliert die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Becken. Sie ist durch großräumige Antriebsbedingungen und durch die lokale Dynamik beim Durchströmen der Straße bestimmt, bei der die komplizierte Bodentopographie eine wesentliche Rolle spielt. Sie bewirkt, daß der größte Teil der Wassermassen, die in die Framstraße einströmen, dort rezirkulieren. Daher muß der Nettotransport als kleine Differenz zwischen dem erheblichen Ein- und Ausstrom gemessen werden.

Die Transporte unterliegen erheblichen Fluktuationen, so daß Zeitreihen über mehrere Jahre gemessen werden müssen, um aussagekräftige Werte zu erhalten. Die komplizierte räumliche Struktur des Systems erfordert eine hohe horizontale Auflösung der Beobachtungen. Da der Süßwasseranteil von besonderer Bedeutung für die Stabilität der Wassersäule ist, muß er ebenfalls erfaßt werden. Dies erfordert die Bestimmung der Eisdicke und Eisdrift, sowie des Salzgehalts des Meerwassers mit großer Genauigkeit.

Am Kontinentalabhang von Spitzbergen sinken Wassermassen, die aus dem Storfjord und der Barentssee stammen, in die Tiefsee ab. Diese Adern neugebildeten Tiefenwassers sind durch ihre Temperatur und ihren Salzgehalt sowie durch die erhöhte Trübungskonzentration zu erkennen. Die Struktur und die Eigenschaften dieser Adern unterliegen erheblichen Fluktuationen. Deshalb sind Langzeitmessungen erforderlich, um die Dynamik des Absinkens und der horizontalen Einschichtung zu verstehen.

In der Grönlandsee finden Messungen in regelmäßiger Folge statt, um jeweils die Vorbedingungen und die Ergebnisse der Wassermassenmodifikation zu erfassen, die durch den atmosphärischen Antrieb im Winter zwischen den Messungen erfolgt. Diese Untersuchungen führen zu Abschätzungen der Bildungsraten von Tiefen- und Zwischenwasser, der Wärmehalts- und Salzgehaltsänderungen dieser Wassermassen, der hydrographischen Vorbedingungen für Konvektion, der Be-

deutung des Zusammenwirkens von Eisbildung und Konvektion und auch zu verbesserten Transportabschätzungen der Stromsysteme in der Grönlandsee. Aus Tracer-Messungen in den letzten Jahrzehnten ist bekannt, daß die Intensität und Tiefe der Konvektion in der Grönlandsee dekadischen Schwankungen unterliegen. Die Rolle der vertikalen Vermischung, vor allem über rauher Topographie, wurde bisher vernachlässigt. Sie könnte aber in Zeiten verringerter Konvektion eine bedeutende Rolle bei der Ventilation der tiefen Grönlandsee spielen.

Im Ostgrönlandstrom werden die Wassermassen nach Süden in die Dänemarkstraße transportiert und speisen den "Overflow", eine absinkende Meeresströmung, die zur Erneuerung des Tiefenwassers des Weltmeeres einen erheblichen Beitrag leistet.

Die Messungen in der Framstraße haben ergeben, daß der Eistransport in den Jahren 1993 bis 1994 erheblich über dem der Vorjahre lag. Es ist ein wesentliches Ziel der Arbeiten, den Verbleib dieses zusätzlichen Süßwasserzustroms aus dem Nordpolarmeer zu klären und seine Auswirkung auf die Wassermassenmodifikation im Europäischen Nordmeer zu bestimmen. Dazu ist die Erfassung der Wassermasseneigenschaften von der Framstraße bis in die Dänemarkstraße erforderlich.

Auf der Reise werden Messungen mit Temperatur- und Salzgehaltssonden (CTD - Conductivity, Temperature, Depth) ausgeführt sowie Wasserproben genommen, um natürliche und anthropogene Spurenstoffe zu messen, dazu zählen Sauerstoff, die Nährsalze Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat und Silicat sowie der gesamte gelöste Stickstoff, Freon- und Tetrachlorkohlenstoff, Tritium, Helium, Sauerstoffisotope $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$, Schwefelhexafluorid SF-6. Ferner werden 21 ozeanographische Verankerungen aufgenommen und wieder ausgelegt, um kontinuierliche Meßreihen aus dem Untersuchungsgebiet zu erhalten (Tab. 1).

Bei diesen Arbeiten handelt es sich um Beiträge zu einem Langzeitprogramm, das international im Rahmen der "Arctic Climate System Study" (ACSYS) des "World Climate Research Programme" (WCRP) eingebunden ist und von der Europäischen Union als Projekt "VEINS" (Variability of Exchanges in Northern Seas) mitfinanziert wird. Im Rahmen dieses Projektes erfolgen gleichzeitig Messungen mit dem norwegischen Forschungsschiff "Lance". Vier der Verankerungen in der Framstraße werden durch das Norsk Polarinstitut gestellt. Die Tracermessungen und die Verankerungen am Kontinentalabhang von Spitzbergen stellen einen Beitrag zum Tiefseeforschungs-Projekt des BMBF ARKTIEF dar. Die SF6-Messungen finden im Rahmen des MAST-III Programms der EU ESOP-2 (European sub-Polar Oceans programme phase 2) statt.

Die Reise beginnt am 27. August in Tromsø (Abb. 1). Von dort aus werden wir Spitzbergen anlaufen, wo im Ausstrom aus dem Storfjord Arbeiten stattfinden werden. Zuerst wird eine Verankerung ausgetauscht und ein hydrographischer Schnitt durch den Ausstrombereich gelegt. Anschließend werden die Verankerungen auf einem weiteren Schnitt westlich von Spitzbergen aufgenommen und hydrographische, chemische sowie benthologische Arbeiten ausgeführt. Die Fortsetzung der Arbeiten erfolgt auf einem zonalen Schnitt durch die Framstraße bei etwa 79°N. Auf dem Anmarsch wird mit den Helikoptern Probenmaterial von der Koldewey-Station übernommen. Auf dem Zonalschnitt durch die Framstraße werden 14 Veranke-

rungen ausgetauscht und CTD-Profile (Conductivity, Temperature, Depth) mit Wasserschöpferproben ausgeführt. Es folgt ein Schnitt bei 0° nach Süden, um die Rezirkulation in der südlichen Framstraße zu erfassen. Anschließend werden die Verankerungen am westlichen Hang von Spitzbergen wieder ausgelegt. Der erste Teil der Reise endet am 16. September in Longyearbyen, wo ein Teil der Fahrteilnehmer ausgetauscht wird.

Der zweite Teil der Reise beginnt mit der Fortsetzung des meridionalen Schnitts durch die Grönlandsee nach Süden (Abb. 1). Auf 75°N schließt sich ein zonaler Schnitt mit hoher horizontaler Auflösung an, um den konvektiven Zustand dieses Seegebiets zu erfassen. In der zentralen Grönlandsee werden zwei Verankerungen ausgetauscht. Der Meridionalschnitt wird bis zum Jan-Mayen-Rücken fortgesetzt, wo ein Schnitt durch den Ostgrönlandstrom beginnt, dem drei weitere folgen. Zwei von ihnen reichen bis zum isländischen Schelf. Der dritte, der südlich der Dänemarkstraße liegt, endet am Fuß des grönländischen Kontinentalabhanges. Von dort aus wird die Rückreise angetreten. Am 15. Oktober wird die Reise in Bremerhaven enden.

Tab. 1 Verankerungen, die während ARK XIV/2 ausgetauscht werden

Verankerungs ID	Position Breite	Position Länge	Wassertiefe/m
SF1-1 Argos 140 ID: 27856	76°13.328'N	15°32.321'E	329
SF2-1 No Argos	76°47.795'N	11°32.397'E	1500
SF3-1 Argos 101 ID: 24336	76°59.870'N	12°17.320'E	600
SF4-1 No Argos	76°56.546'N	12°10.290'E	900
SF5-1 No Argos	76°52.957'N	11°53.530'E	1200
VFS1-1 Argos 166 ID: 10356	78°49.815'N	08°38.180'E	321
VFS2-1 Argos 106 ID: 24309	78°51.645'N	08°20.146'E	736
VFS3-1 Argos 138 ID: 27852	78°50.754'N	07°57.673'E	1050
VFS4-1 Argos 165 ID: 10355	78°49.685'N	06°56.014'E	1530
VFS5-1 Argos 168 ID: 10575	78°49.430'N	06°27.030'E	2030
VFS6-1 Argos 111 ID: 24314	78°49.700'N	04°59.656'E	2680
VFS7-1 Argos 162 ID: 10352	78°48.740'N	04°02.650'E	2350
VFS8-1 Argos 169 ID: 10576	78°49.886'N	02°36.688'E	2505
VFS9-1 Argos 167 ID:10574	78°59.403'N	00°15.682'E	2500
VFS10-1 Argos 164 ID: 10354	79°00.457'N	02°02.503'W	2610
VFS11-1 No Argos	78°59.020'N	03°06.580'W	2440
VFS12-1 No Argos	78°59.839'N	04°13.658'W	1830
VFS13-1 No Argos	78°58.330'N	05°19.150'W	1050
VFS14-1 No Argos	79°01.750'N	06°51.120'W	274
AWI-J 003	74°54.9' N	04°36.0' W	3565
AWI-J 004	75°05.0' N	03°29.1' W	3655

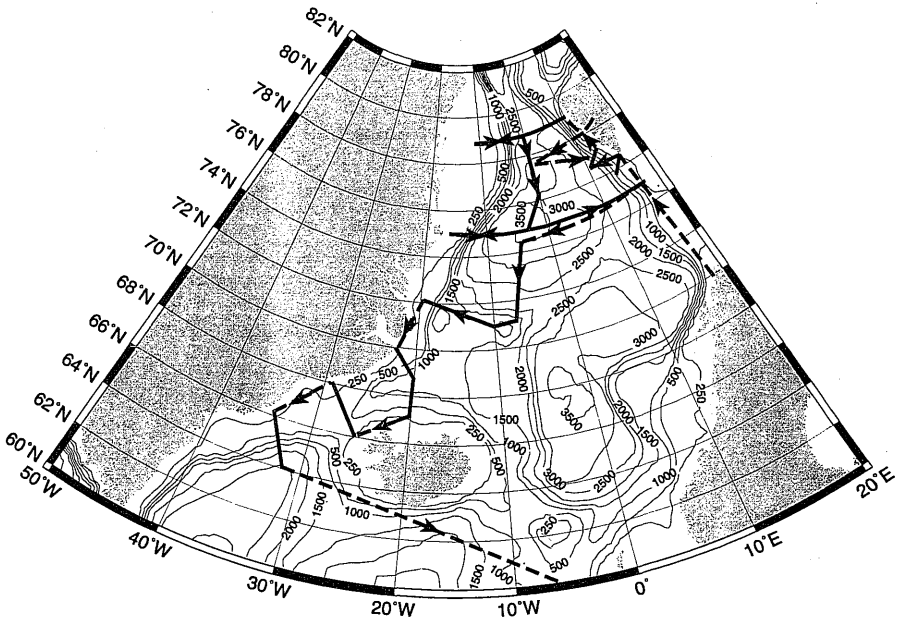


Abb.1 Fahrtroute während ARK XIV/2. Die hydrographischen Schnitte sind durchgezogen dargestellt.

2. Die wissenschaftlichen Untersuchungsprogramme

2.1 Physikalische Ozeanographie

2.1.1 Schelfwasserabflüsse aus dem Storfjord (AWI, IfMK, IfMHH, IOW, IUPH)

Ziele

Das Europäische Nordmeer und das Nordpolarmeer stellen ein System von Becken dar, die in wechselseitigem Austausch stehen und in denen unterschiedlichen Prozesse zur Wassermassenbildung führen. Während in der Grönlandsee die Vermischung im offenen Ozean vorherrscht, dominieren im Nordpolarmeer Prozesse auf den Schelfen. Dabei spielt die Vermischung an Fronten, die zwischen dem Süßwasser der Festlandsabflüsse und dem Meerwasser entstehen sowie der winterliche Vertikalaustausch bei der Eisbildung eine Rolle. Im Europäischen Nordmeer sinken am Kontinentalabhang von Spitzbergen Wassermassen, die aus dem Storfjord und der Barentssee stammen, in die Tiefsee ab. Der Storfjordabfluß wird aus logistischen Gründen modellhaft für die Abflüsse im Nordpolarmeer untersucht.

Die Adern neugebildeten Tiefenwassers aus dem Storfjord sind durch ihre Temperatur und ihren Salzgehalt sowie durch die erhöhte Trübstoffkonzentration zu erkennen. Die Struktur und die Eigenschaften dieser Adern unterliegen erheblichen Fluktuationen. Langzeitmessungen sollen dazu dienen, die Dynamik des Absinkens und der horizontalen Einschichtung zu verstehen. Dabei soll auch die Rolle von resuspendiertem Sediment als Beitrag zum Dichtegewinn von Schelfabflüssen untersucht werden.

Arbeiten auf See

Zur Erfassung der Wassermasseneigenschaften des Ausstroms aus dem Storfjord wird ein Schnitt mit CTD-Profilen und Wasserproben durch den Ausstrom südlich von Spitzbergen gelegt, auf dem eine Strömungsmesserverankerung ausgetauscht wird (Abb. 1, Tab. 1). Auf dem Kontinentalabhang wird der Abflußfächer mit einem Schnitt westlich von Spitzbergen und vier Verankerungen erfaßt (Abb. 1, Tab. 1). Diese Arbeiten stellen einen Beitrag zum Tiefseeforschung-Verbundprojekt des BMBF ARKTIEF dar.

2.1.2 Der Austausch durch die Framstraße (AWI, IfMK, IfMHH, IOW, IMR, IST, NPI, UNIS)

Ziele

Die Intensität des Austauschs zwischen dem Europäischen Nordmeer und dem Nordpolarmeer durch die Framstraße ist durch großräumige Antriebsbedingungen und durch die lokale Dynamik beim Durchströmen der Straße bestimmt. Hierbei spielt die komplizierte Bodentopographie eine wesentliche Rolle. Der größte Teil der Wassermassen, die von Süden einströmen, rezirkuliert in der Framstraße.

Daher muß der Nettotransport in das Nordpolarmeer als kleine Differenz zwischen dem erheblichen Ein- und Ausstrom gemessen werden.

Die Transporte unterliegen erheblichen Fluktuationen, so daß Zeitreihen über mehrere Jahre gemessen werden müssen, um aussagekräftige Werte zu erhalten. Die komplizierte räumliche Struktur des Systems erfordert eine hohe horizontale Auflösung der Beobachtungen. Da der Süßwasseranteil von besonderer Bedeutung für die Stabilität der Wassersäule ist, muß er ebenfalls erfaßt werden. Dies erfordert die Bestimmung der Eisdicke und Eisdrift, sowie des Salzgehalts des Meerwassers mit großer Genauigkeit.

Arbeiten auf See

Auf der Reise werden Messungen mit Temperatur- und Salzgehaltssonden ausgeführt sowie Wasserproben genommen, um natürliche und anthropogene Spurenstoffe zu messen. Ferner werden 14 ozeanographische Verankerungen aufgenommen und wieder ausgelegt, um kontinuierliche mehrjährige Meßreihen aus dem Untersuchungsgebiet zu erhalten (Abb. 1, Tab. 1).

Bei diesem Programm handelt es sich um Beiträge zu einem Langzeitprogramm, das international im Rahmen der "Arctic Climate System Study" (ACSYS) des "World Climate Research Programme" (WCRP) eingebunden ist und von der Europäischen Union als Projekt "VEINS" (Variability of Exchanges in Northern Seas) mitfinanziert wird.

2.1.3 Die hydrographischen Verhältnisse in der Grönlandsee (AWI, IMR)

Ziele

Die ozeanographischen Untersuchungen in der Grönlandsee konzentrieren sich auf die Bodenwassererneuerung durch tiefe winterliche Konvektion in Wechselwirkung mit Eisbedeckung und klimatischen Verhältnissen. Die Arbeiten seit Beginn des Grönlandseeprojekts 1988 ergaben folgende Befunde:

- Im Beobachtungszeitraum gab es keine Bodenwassererneuerung durch winterliche Konvektionsereignisse.
- Bei Ausbleiben winterlicher Konvektion verändern sich die Eigenschaften des Bodenwassers in Richtung höherer Temperaturen und Salzgehalte.

Dabei sind u.a. folgende Fragen ungeklärt:

- Behindert oder fördert Eisbedeckung die winterliche Konvektion?
- Wieso steigen Spurenstoffgehalte im Bodenwasser, obwohl keine tiefe winterliche Konvektion auftritt?
- Ist die Veränderung der Bodenwassereigenschaften immer durch den Einstrom tiefer arktischer Wassermassen bedingt oder gibt es daneben andere Modifikationsmechanismen?

Es gelang bisher nicht, tiefe Konvektionsereignisse in der Grönlandsee direkt zu beobachten, da Konvektionsereignisse kleine räumliche Skalen besitzen und nur

kurze Zeit dauern. Dagegen können durch wiederholte Messungen in aufeinanderfolgenden Jahren jeweils die Ergebnisse der Wassermassenmodifikation im Winter zuvor und die Vorbedingungen für die Modifikation im kommenden Winter gemessen werden. Diese Untersuchungen führen zu Abschätzungen der Bildungsraten von Tiefen- und Zwischenwasser, der Wärmeinhalts- und Salzgehaltsänderungen dieser Wassermassen, der hydrographischen Vorbedingungen für Konvektion, der Bedeutung des Zusammenwirkens von Eisbildung und Konvektion und auch zu verbesserten Transportabschätzungen der Stromsysteme in der Grönlandsee.

Arbeiten auf See

Zur Erfassung der hydrographischen Bedingungen soll der zonale Standardschnitt auf 75°N (ca. 53 Stationen) wieder vermessen werden. Zwei Verankerungen sollen ausgewechselt werden, die mit einem im AWI entwickelten profilierenden Gerät tägliche Profile über die gesamte Wassersäule liefern. Hiermit wird der zeitliche Verlauf von Veränderungen in der Wassersäule bestimmt, was eine genauere Bestimmung des Zusammenhangs zwischen atmosphärischem Antrieb und Änderungen im Ozean gestattet.

2.1.4 Spurenstoffuntersuchungen im Europäischen Nordmeer (IfMK, IOW)

Ziele

Aus Messungen in den letzten Jahrzehnten ist bekannt, daß Intensität und Tiefe der tiefen Konvektion in der Grönlandsee dekadischen Schwankungen unterliegen. Die Rolle der vertikalen Vermischung, vor allem über rauher Topographie, wurde bisher vernachlässigt. Neuere Beobachtungen haben gezeigt, daß sie vor allem in Zeiten verringerter Konvektion eine bedeutende Rolle bei der Ventilation der tiefen Grönlandsee spielen kann.

Der Tiefenwasserausstrom aus dem Storfjordgebiet soll auch mit Tracern untersucht werden. Unsere 1997 durchgeführten Messungen zeigen im Vergleich zu früheren Jahren, daß die Eigenschaften des Storfjordausstroms variabel sind und der Ausstrom nicht jedes Jahr über die Scheffkante hinaus absinkt.

Die geplanten Randstromschnitte am ostgrönländischen Schelf von der Framstraße bis südlich der Dänemarkstraße sollen dazu dienen, die Zusammensetzung des Randstroms und des Ausstroms in den subpolaren Nordatlantik sowie die Tracer-Signatur zu bestimmen.

Arbeiten auf See

Geplant sind in diesem Zusammenhang Messungen der Freon- und Tetrachlorkohlenstoff-Verteilung, um die Intensität und Tiefe der Konvektion im Winter 1998 abzuschätzen. Zur Untersuchung der Rolle der vertikalen Vermischung sollen neben den Tracer-Messungen auch kombinierte CTD-LADCP-Messungen (Lowered Acoustic Doppler Current Profiler) beitragen. Die auf dieser Reise geplanten Aktivitäten sind Teil des BMBF-Tiefseeprogramms ARKTIEF.

2.1.5 Spurenstoffuntersuchungen im Europäischen Nordmeer (IUPH)

Ziele

Das Ziel der Untersuchungen ist die Quantifizierung des Wassermassenaustauschs innerhalb und zwischen den einzelnen Meeresbecken und der einhergehenden zeitlichen Entwicklung der Wassermasseneigenschaften. Dazu sollen Transporte und ihre Variabilität bestimmt und die zugrundeliegenden Prozesse verstanden werden. Dazu dient:

-die wiederholte Aufnahme der Spurenstoffverteilung in den Wassermassen des Europäischen Nordmeeres zur Weiterführung von Zeitserien,

-die Untersuchung der flachen und tiefen Zirkulation und die Beobachtung des Spurenstofftransports zwischen dem Nordpolarmeer und dem subpolaren Nordatlantik,

-die Abschätzung der Zeitskalen der Wassermassentransformation und der mittleren Aufenthaltszeiten anhand von Spurenstoffaltern in den verschiedenen Wasserkörpern,

-die Untersuchung des Ausstroms von salzangereichertem Wasser aus dem Storfjord in die Norwegische See und seine Bedeutung für die Tiefenwasserbilanz des Nordmeeres,

-die Messung zur Parametrisierung von Zirkulationsprozessen wie der Konvektion (z.B. in der Grönland- und Islandsee), des Durchströmens von Meeresstraßen oder des Überströmens ozeanischer Schwellen (z.B. Fram- und Dänemarkstraße) und der einhergehenden Wassermassenmodifikation.

Arbeiten auf See

Spurenstoffprobennahmen sind auf allen hydrographischen Schnitten geplant und werden sich über die ganze Wassersäule erstrecken. Stationsabstand und die Tiefenauflösung der Spurenstoffprobungen erfolgen entsprechend der Wassermassenverteilung und den hydrographischen Kenngrößen. Alle Proben werden von den Wasserschöpfern am CTD/Rosettensystem entnommen. Insgesamt sollen 700 Probennahmen zur Messung von Tritium, Helium und Sauerstoff-18 durchgeführt werden (Wasserbedarf etwa 1,5 Liter). Zusätzlich sollen bis zu 75 Proben zur Messung von SF-6 genommen werden (zusätzlicher Wasserbedarf etwa 3 Liter), wobei sich diese Probennahmen auf vereinzelte Stationen in den tiefen Becken und am Ostgrönlandhang beschränken. Alle Analysen werden nach Ende der Reise in Heidelberg durchgeführt.

Der Spurenstoffgehalt im Wasserschöpfer kann vor bzw. während der Probenentnahme empfindlich verfälscht werden. Problematisch sind zum einen Entgasungsprozesse, zum anderen kann die Beimengung von Luft und darin eventuell enthaltene künstliche Inhaltstoffe das Meßergebnis verfälschen. Die Gasproben (FCKW's, Helium, Sauerstoff, SF-6) müssen daher baldmöglichst vom Wasserschöpfer entnommen werden. Ferner ist die Freisetzung der zu messenden Substanzen im Schiffsinnern und in Nähe des Abfüllplatzes zu vermeiden. Hierunter fallen z.B. in

Laborexperimenten verwendetes Helium aus Druckgasflaschen oder als Biomarker verwendete tritiumhaltige Substanzen. Tritium kann auch aus Armbanduhren mit Leuchtziffern entweichen, diese dürfen an der Rosette keinesfalls getragen werden.

2.1.6 Messungen stabiler Isotope (UEA)

Ziele

Die Isotopenzusammensetzung im Meerwasser, besonders das Verhältnis der Sauerstoffisotopen ^{18}O und ^{16}O , kann als konservativer Tracer ähnlich dem Salzgehalt verwendet werden und wird an der Meeresoberfläche durch Niederschlag und Verdunstung bestimmt. Das Gefrieren und Schmelzen von Meereis hat eine starke Auswirkung auf den Salzgehalt und nur eine geringere auf die Isotopenzusammensetzung. Daher kann die Kombination der beiden Tracer verwendet werden, um zwischen dem Süßwasser aus dem Niederschlag und dem aus geschmolzenem Meereis zu unterscheiden. In Verbindung mit den Messungen der anderen Parameter auf den hydrographischen Schnitten und den Strömungsmessungen mit dem ADCP und verankerten Geräten sollen Süßwassertransporte durch die Framstraße und die Dänemarkstraße als ein wesentliches Ziel von VEINS berechnet werden. Ferner soll der Beitrag der einzelnen Süßwasserkomponenten im Konvektionsgebiet der Grönlandsee abgeschätzt werden.

Arbeiten auf See

Die Isotopenmessungen werden im Stable Isotope Laboratory der U.E.A. ausgeführt. Daher werden auf der Reise ausschließlich Proben genommen. Bis zu 1700 Wasserproben können abgefüllt, versiegelt und zur Verschiffung gelagert werden. Wenn möglich sollen auch Proben vom Meereis genommen werden, um die Quantifizierung der Mischwasserkomponenten zu verbessern.

2.1.7 Messungen von SF6 (UEA, WHOI)

Ziele

Im Sommer 1996 erfolgte ein Tracer-Freisetzungs-Experiment mit SF₆, bei dem 320 kg Schwefelhexafluorid in einem Dichtehorizont in der zentralen Grönlandsee in etwa 300 m Tiefe ausgebracht wurden. Das Ziel des Experiments war es, durch die Messung der vertikalen und horizontalen Ausbreitungsrate dieses Tracers, die Struktur und die Intensität der Zirkulation und der Wassermassenmodifikation zu bestimmen, die von Prozessen wie der tiefen Konvektion und der Vermischung hervorgerufen wird.

Bis jetzt konnte die Ausbreitung des Tracers im Strömungswirbel der Grönlandsee verfolgt werden. Vertikale Vermischungsraten wurden im Sommer und während eines tiefen Vermischungsereignisses im Winter 1996/97 gemessen. Dabei ergaben sich Vermischungsraten, die im Vergleich zu früheren Experimenten in ruhigeren Gebieten groß waren. So waren sie im Winter z. B. 100 mal höher als in der permanenten Dichtesprungschicht des Nordatlantiks. Mittlere horizontale Vermischungsraten ergaben sich als dreimal größer als im Nordatlantik. Trotzdem sind diese Ra-

ten etwas geringer als entsprechend der energiereichen Verhältnisse in der Grönlandsee zu erwarten war. Bis Ende 1997 gibt es noch keine Messungen, die zeigen, daß der Tracer das Becken der Grönlandsee verlassen hat.

Arbeiten auf See

Da erwartet wird, daß der Tracer sich inzwischen in der Grönlandsee ausgebreitet hat und sie verläßt, sollen bei möglichst vielen Stationen Proben zur Bestimmung der Tracerkonzentration genommen werden. Dabei ist besonders der Ausstrom durch die Framstraße und durch die Jan-Mayen Bruchzone in Richtung Dänemarkstraße von Bedeutung. Die Arbeiten finden im Rahmen des MAST-III Programms der EU ESOP-2 (European sub-Polar Oceans programme phase 2) statt.

2.2 Meeresschemische Untersuchungen

2.2.1 Nährsalzuntersuchungen (AWI, IST)

Ziele

Die meereschemischen Arbeiten stehen in engem Zusammenhang mit den hydrographischen und planktologischen Untersuchungen. Zum einen spiegeln die Nährsalzkonzentrationen die Entwicklung des Phytoplanktons wieder und zum anderen eignen sie sich als "Tracer" für die Identifizierung und Verfolgung von Wassermassen. In der Framstraße, während des Grönlandsee-Schnitts, auf dem grönländischen Schelf und am Hang werden die Nährsalzkonzentrationen gemessen, um aus dem Vergleich mit früheren Fahrten die saisonalen und jährlichen Veränderungen zu bestimmen. Während dieser Reise sollen die Untersuchungen in Richtung Süden entlang des grönländischen Kontinentalabhangs ausgedehnt werden. Die verschiedenen Wassermassen mit ihren unterschiedlichen Nährsalzkonzentrationen beeinflussen die Entwicklung des Phytoplanktons und die Entstehung von Phytoplanktonblüten. Die Untersuchungen sollen Aufschluß über die Variabilität der Nährsalze in den Oberflächenschichten ergeben, und zeigen, ob bestimmte Nährsalze zu diesem späten Zeitpunkt des Jahres limitierend für das Phytoplankton sein können.

Insbesondere Silikat, aber auch Phosphat, haben sich als gute Tracer für den Ausstrom arktischen Oberflächenwassers erwiesen, da die Konzentrationen wesentlich höher sind als im Atlantischen Wasser. Um diesen silikatreichen Ausstrom in Richtung Süden verfolgen zu können, sind die Schnitte mit hoher räumlicher Auflösung entlang der grönländischen Küste geplant.

Arbeiten auf See

Die Wasserproben werden aus verschiedenen Tiefen mit den Schöpfern des CTD-Systems genommen. Sofort an Bord werden die Nährsalze Nitrat, Nitrit, Ammonium, Phosphat und Silikat sowie der gesamte gelöste Stickstoff mit einem Autoanalyser-System bestimmt. Die Bestimmung erfolgt nach Standardmethoden der Nährsalzanalytik.

2.2.2 Zusammensetzung, Konzentration und Verteilung von gelöstem organischem Material (DOM) (AWI)

Ziele

Ziel der Arbeiten ist es, die chemische Zusammensetzung, Konzentration und Verteilung von gelöstem organischem Material (DOM) im Nordpolarmeer mit seinen Randmeeren und dem Europäischen Nordmeer zu untersuchen. Spezielles Interesse gilt dabei dem Verbleib von terrigenem DOM, welches in beachtlichen Mengen über die zahlreichen Flüsse in das Nordpolarmeer gelangt, und den diagenetischen Veränderungen von DOM während des Transports von seinen Quellen in der Arktis bis hin zum Nordatlantik. Damit soll geklärt werden, wie wichtig das Nordpolarmeer als Quelle des terrigenen Kohlenstoffs im Weltmeer ist. Während dieser Forschungsreise soll der vorhandene Datensatz vom Nordpolarmeer und der nördlichen Grönlandsee um Proben von der südlichen Grönlandsee und der Islandsee erweitert werden. Die Proben werden auf ihre Summenparameter und molekulare Zusammensetzung hin untersucht. Dabei werden die elementare Zusammensetzung, Verteilung der C- und N-Isotope, Aminosäuren-, Kohlenhydrat- und Ligninphenolverteilung und Konzentration bestimmt.

Geplante Arbeiten

Der Arbeitsplan läßt sich in drei Teile gliedern.

Der Hauptteil der Arbeit an Bord wird das Sammeln und Verarbeiten von großvolumigen (200l) Wasserproben zur Bestimmung der Summenparameter und Zusammensetzung des DOM sein. Zu diesem Zweck wird eine CTD-Rosette mit 24 Wasserschöpfern zu je 12l verwendet, wobei zur Gewinnung einer Probe 18 Flaschen in der selben Tiefe geschlossen werden müssen. Es ist geplant 15 bis 20 solcher Proben zu sammeln, die Ultrafiltration einer Probe nimmt 12h in Anspruch. Die Proben werden von den Wasserschöpfern in 50l Polypropylenflaschen gefüllt und im Naßlabor ultrafiltriert.

Der zweite Teil der geplanten Arbeiten umfaßt das Sammeln von Wasserproben (1l) für die Bestimmung von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) und Stickstoff (DON). Tiefenprofile davon werden an 30 bis 50 Stationen genommen in Übereinstimmung mit der Bestimmung von anorganischen Nährstoffen. Ein Teil der DOC-Proben soll nach Möglichkeit an Bord gemessen werden, der Rest wird in Glasbehälter abgefüllt und eingefroren.

Der dritte Arbeitsbereich stellt den experimentellen Teil dar und befaßt sich mit Versuchen zur Bestimmung von DOM-Abbauprozessen unter in-situ Temperaturen. In Laborversuchen sollen dabei die potentielle Abbaubarkeit und die diagenetische Veränderungen von DOM erfaßt werden. Gemessen werden zusammen mit chemischen Parametern die Respiration und Produktion durch Bakterien.

Die Arbeiten erfolgen in Zusammenarbeit zwischen den Biogeochemiegruppen des AWI und des Institutes für Meeresforschung der Universität Texas.

2.2.3 Methan in der oberen Wassersäule (AWI)

Ziele

Methan ist als Treibhausgas eine wichtige Komponente im globalen Kohlenstoff-Kreislauf. Das oberflächennahe Meerwasser ist häufig an Methan übersättigt, was zu einem signifikanten Fluß aus dem Ozean in die Atmosphäre führen kann. Als Quellen von Methan werden die Zooplankton-Biomasse, frische Kotballen und andere suspendierte Partikel angenommen.

Arbeiten auf See

Auf einem Transekt von Spitzbergen nach Grönland soll die in-situ Produktion von Methan in der oberen Wassersäule gemessen werden. Geplant sind Methanmessungen an Stationen unter Eisbedeckung und in eisfreien Gebieten. In den eisfreien Gebieten stehen Regionen mit einer Zooplanktonblüte im Vordergrund des Interesses. Da vermutet wird, daß die Methan-Produktion durch methanogene Bakterien mit speziellen Prozessen der Zooplanktonblüte in Zusammenhang steht, sollen gleichzeitig Proben für biologische Untersuchungen genommen werden.

2.3. Meeresbiologie

2.3.1 Ökologische Untersuchungen im Benthos der arktischen Tiefsee

Ziele

Das Ökosystem der Tiefsee wird durch den vertikalen und horizontalen Eintrag organischen Materials angetrieben. Für die arktische Tiefsee wird angenommen, daß aufgrund der Eisbedeckung der laterale Eintrag von Nahrungsenergie neben dem vertikalen Eintrag aus der Planktonblüte eine bedeutende Rolle spielt. Untersuchungen der Transportwege organischer Substanz und benthischer Prozesse im Vergleich zu anderen Tiefsee-Regionen werden zum Verständnis der Funktionsweise des Ökosystems der arktischen Tiefsee beitragen.

Ziele des vorliegenden wissenschaftlichen Programms sind die quantitative Erfassung kleinster benthischer Organismen (Bakterien, Nano- und Meiofauna) sowie die Analyse biogener Sedimentkomponenten zur Ermittlung benthischer Aktivitäten und Biomassen sowie frühdiagenetischer Prozesse.

Arbeiten auf See

Die Gewinnung weitgehend ungestörter Sedimentproben (speziell zur Analyse biochemischer Parameter an der Sediment-Wasser-Grenzschicht) erfolgt mit dem Multicorer. Meiofauna- und Bakterien-Proben werden für spätere Untersuchungen am AWI in Formol fixiert. Biochemische Analysen zur Abschätzung heterotropher Aktivitäten in den obersten Sedimentschichten werden bereits an Bord durchgeführt, um Aktivitätsverluste durch die Lagerung des Probenmaterials zu vermeiden. Bestimmungen sedimentgebundener chloroplastischer Pigmente sowie ein Teil der (biochemischen) Biomassebestimmungen werden, nach Möglichkeit, ebenfalls bereits an Bord erfolgen oder für spätere Analysen am AWI tiefgefroren. Die Untersuchungen werden sich auf den Storfjord-Ausstrom konzentrieren.

Leg ARK XIV/2 Tromsø - Bremerhaven (27.08.98-15.10.98)

1. Itinerary and Summary

The "Polarstern"-cruise ARK XIV/2 covers the Nordic Seas from Fram Strait to Denmark Strait (Fig. 1). Physical and chemical oceanography investigations are carried out as part of a climate research programme. The mechanisms of heat exchange between ocean and atmosphere and the cycles of organic matter will be investigated. Biogeochemical investigations concentrate on the composition, concentration and distribution of dissolved organic matter (DOM) and the production of methane in ocean. Biological work will be done on the deep sea ecology of benthic organisms.

Exchanges between the North Atlantic and the Arctic Ocean result in the most dramatic water mass conversions in the World Ocean: warm and saline Atlantic waters, flowing through the Nordic Seas into the Arctic Ocean, are modified by cooling and freezing into shallow fresh waters (and ice) and saline deep waters. The outflow from the Nordic Seas to the south provides the initial driving of the global thermohaline circulation cell; the outflow to the north has a major impact on the large scale circulation of the Arctic Ocean. Measurement of these fluxes is a major prerequisite for the quantification of the rate of overturning within the large circulation cells of the Arctic and the Atlantic Oceans, and is also a basic requirement for understanding the role of these ocean areas in climate variability on interannual to decadal scales.

Fram Strait represents the only deep connection between the Arctic Ocean and the Nordic Seas. Just as the freshwater transport from the Arctic Ocean is thought to be of major influence on water mass formation in the Nordic Seas, the transport of warm and saline Atlantic water significantly affects the water mass characteristics in the Arctic Ocean. The inflow from the Arctic Ocean into the Nordic Seas determines to a large extent the formation of water masses which are advected through Denmark Strait to the south and participate in the formation of the North Atlantic Deep Water. The obtained data will be used, in combination with a regional model, to investigate the nature and origin of the transport fluctuations as well as the modification of signals during their propagation through the strait.

Whereas in the Nordic Seas the ventilation of deeper layers is dominated by open ocean convection, in the Arctic Ocean the sinking of shelf water plumes is the major ventilation process. For example, water masses from the Storfjord and the Barents Sea sink along the continental slope off Spitsbergen into the deep ocean. The plumes of newly formed water can be detected by the measurement of temperature, salinity, tracers and, possibly, also suspended sediment (via light attenuation), the latter since it is hypothesised that the suspended matter can help create the density gain required for a sinking plume. As the plumes are subject of significant variability, time series are needed to understand the dynamics of the sinking plumes and their injection from the shelf into the open ocean.

In the Greenland Sea, a series of observations along a transect will be used to investigate both the preconditioning of the gyre to the formation of bottom water and also the results of water mass modification. Such investigations lead to estimates of formation rates for deep and intermediate waters and the associated changes of

heat and salt content. The measurements will allow determination of the necessary conditions for convection and the role of sea ice formation. Furthermore, transport estimates for the current systems of the Greenland Sea can be improved. From previous measurements, it is known that the intensity and depth of deep convection vary on a decadal time scale. Up till now, the role of vertical turbulent mixing has been neglected, but tracer observations indicate that, even in periods of weak convection, vertical mixing may play a major role in the ventilation of the deep Greenland Sea.

In the East Greenland Current, the water masses from the Greenland and the Iceland Seas are advected to Denmark Strait where they feed into the overflow water, a source water of the North Atlantic Deep Water which is, in turn, a major contributor to global ocean deep water renewal.

Measurements in Fram Strait had indicated that the ice transport from the Arctic Ocean was significantly higher in 1993 and 1994 than before. It is one of the aims of the cruise to discover where this excess of fresh water has gone and what is the effect on the water mass formation in the Nordic Seas. For this purpose, the measurements will cover the area from Fram Strait to Denmark Strait.

During the cruise, measurements will be carried out with a CTD (Conductivity, Temperature Depth) probe combined with a water sampler and a Lowered Acoustic Doppler Current Meter (LADCP). The water samples will be used to measure the concentrations of oxygen, nutrients (including nitrate, nitrite, ammonia, phosphate and silicate), CFCs, tritium, helium, stable isotopes $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ and sulphurhexafluoride SF-6. In addition, 21 oceanographic moorings will be recovered and redeployed (Tab. 1).

The investigations represent a contribution to a long term programme in the framework of the "Arctic Climate System Study" (ACSYS) of the "World Climate Research Programme" (WCRP). The work is partly funded by the European Union project "VEINS" (Variability of Exchanges in Northern Seas). In this context, the Norwegian vessel "Lance" will operate simultaneously in Fram Strait. Four of the moorings in Fram Strait are contributed by the Norsk Polarinstitut. The tracer observations and the moorings at the continental slope of Spitsbergen are a contribution to the Deep Sea Research programme ARKTIEF of the German Ministry of Education, Science and Technology (BMBF). The SF6-measurements take place in the framework of the EU MAST-III programme ESOP-2 (European sub-Polar Oceans programme phase 2).

The cruise will start on 27. August in Tromsø (Fig. 1). The first operations will take place on the southern shelf of Spitsbergen where the outflow from the Storfjord will be surveyed. One oceanographic mooring will be exchanged and a hydrographic section will be carried out. Along a section across the western continental slope of Spitsbergen, moorings will be recovered and a second section will be completed with hydrographical, chemical and benthological work. The observations will continue along a zonal section across Fram Strait at approximately 79°N. On route to this section, material will be deposited and collected by helicopters at the Koldewey-Station. On the section across Fram Strait, 14 oceanographic moorings will be recovered and redeployed and CTD measurements with water sampler profiles will be taken. A further section to the south along 0°E is intended to

measure the recirculation in the southern Fram Strait. Finally, the moorings on the western slope of Spitsbergen will be redeployed. The first part of the cruise will end on 16. September in Longyearbyen, where some participants will be exchanged.

The second part of the cruise will start with the continuation of the meridional section south through the Greenland Sea (Fig. 1). At 75°N, a second zonal transect with high horizontal resolution will be carried out to determine the convective state of the Greenland Sea. In the central Greenland Sea, two moorings will be recovered and redeployed. The meridional transect will be continued to the Jan-Mayen-Ridge, where a section across the East Greenland Current will commence. Three further sections across the East Greenland continental slope will be done further to the south, two of them will reach the Icelandic shelf break. The third will be located south of Denmark Strait and end at the foot of the continental slope. From there, "Polarstern" will return to Bremerhaven, where the cruise will end on 15. October.

Tab. 1 Moorings to be exchanged during ARK XIV/2

Moorings ID	Latitude	Longitude	Water depth/m
SF1-1 Argos 140 ID: 27856	76°13.328'N	15°32.321'E	329
SF2-1 No Argos	76°47.795'N	11°32.397'E	1500
SF3-1 Argos 101 ID: 24336	76°59.870'N	12°17.320'E	600
SF4-1 No Argos	76°56.546'N	12°10.290'E	900
SF5-1 No Argos	76°52.957'N	11°53.530'E	1200
VFS1-1 Argos 166 ID: 10356	78°49.815' N	08°38.180'E	321
VFS2-1 Argos 106 ID: 24309	78°51.645'N	08°20.146'E	736
VFS3-1 Argos 138 ID: 27852	78°50.754'N	07°57.673'E	1050
VFS4-1 Argos 165 ID: 10355	78°49.685'N	06°56.014'E	1530
VFS5-1 Argos 168 ID: 10575	78°49.430'N	06°27.030'E	2030
VFS6-1 Argos 111 ID: 24314	78°49.700'N	04°59.656'E	2680
VFS7-1 Argos 162 ID: 10352	78°48.740'N	04°02.650'E	2350
VFS8-1 Argos 169 ID: 10576	78°49.886'N	02°36.688'E	2505
VFS9-1 Argos 167 ID: 10574	78°59.403'N	00°15.682'E	2500
VFS10-1 Argos 164 ID: 10354	79°00.457'N	02°02.503'W	2610
VFS11-1 No Argos	78°59.020'N	03°06.580'W	2440
VFS12-1 No Argos	78°59.839'N	04°13.658'W	1830
VFS13-1 No Argos	78°58.330'N	05°19.150'W	1050
VFS14-1 No Argos	79°01.750'N	06°51.120'W	274
AWI-J 003	74°54.9' N	04°36.0' W	3565
AWI-J 004	75°05.0' N	03°29.1' W	3655

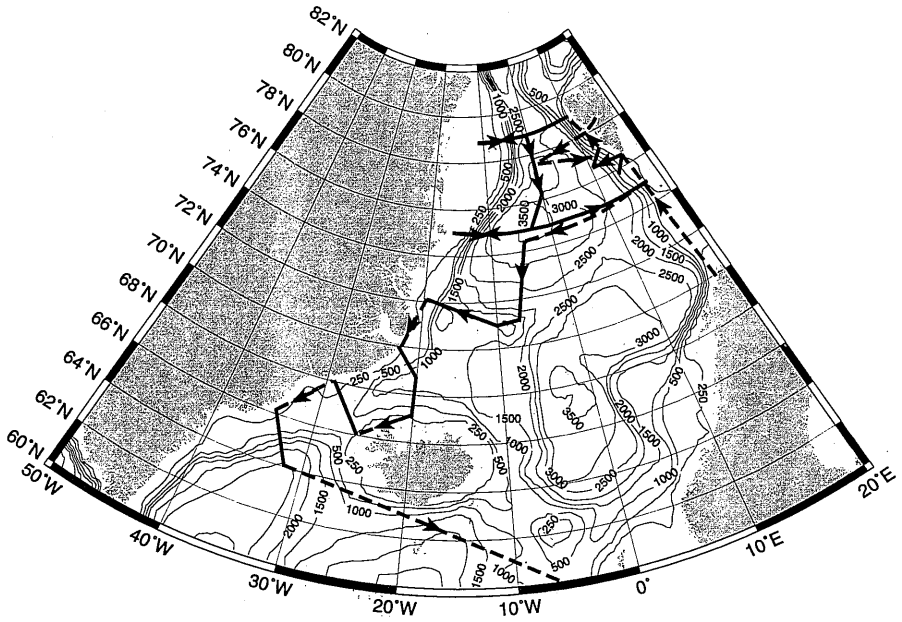


Fig. 1 Cruise track for ARK XIV/2. Hydrographic sections are indicated by full lines.

2. Scientific Programmes

2.1 Physical Oceanography

2.1.1 Shelf plumes from the Storfjord (AWI, IfMK, IfMHH, IOW, IUP)

Objectives

Whereas in the Nordic Seas the ventilation of deeper layers is dominated by open ocean convection, in the Arctic Ocean the sinking of shelf water plumes is the major ventilation process. For example, water masses from the Storfjord and the Barents Sea sink along the continental slope off Spitsbergen into the deep ocean. The plumes of newly formed water can be detected by the measurement of temperature, salinity, tracers and, possibly, also suspended sediment (via light attenuation), the latter since it is hypothesised that the suspended matter can help create the density gain required for a sinking plume. As the plumes are subject of significant variability, time series are needed to understand the dynamics of the sinking plumes and their injection from the shelf into the open ocean.

Work at Sea

Measurements will be made to estimate the effect of the Storfjord on deep ocean ventilation within the framework of the German ARKTIEF programme. For this purpose, two sections will be surveyed with CTD/water sampler profiles on the western continental slope of Svalbard and oceanographic moorings will be recovered and redeployed.

2.1.2 Exchanges through Fram Strait (AWI, IfMK, IfMHH, IOW, IMR, IST, NPI, UNIS)

Objectives

Exchanges between the North Atlantic and the Arctic Ocean result in the most dramatic water mass conversions in the World Ocean: warm and saline Atlantic waters, flowing through the Nordic Seas into the Arctic Ocean, are modified by cooling and freezing into shallow fresh waters (and ice) and saline deep waters. The outflow from the Nordic Seas to the south provides the initial driving of the global thermohaline circulation cell; the outflow to the north has a major impact on the large scale circulation of the Arctic Ocean. Measurement of these fluxes is a major prerequisite for the quantification of the rate of overturning within the large circulation cells of the Arctic and the Atlantic Oceans, and is also a basic requirement for understanding the role of these ocean areas play in climate variability on interannual to decadal scales.

Fram Strait represents the only deep connection between the Arctic Ocean and the Nordic Seas. Just as the freshwater transport from the Arctic Ocean is thought to be of major influence on water mass formation in the Nordic Seas, the transport of warm and saline Atlantic water significantly affects the water mass characteristics in the Arctic Ocean. The inflow from the Arctic Ocean into the Nordic Seas determines to a large extent the formation of water masses which are advected through

Denmark Strait to the south and participate in the formation of the North Atlantic Deep Water. The obtained data will be used, in combination with a regional model, to investigate the nature and origin of the transport fluctuations as well as the modification of signals during their propagation through the strait.

The specific objectives are:

- to measure the current, temperature and salinity fields on sections across Fram Strait
- to determine the characteristic time scales of the fluctuations, in particular, the contribution of the seasonal cycle
- to calculate seasonal and annual mean transports of mass, heat and salt
- to understand the origin of the fluctuations
- to detect the influences of low frequency fluctuations of the transports through Fram Strait on remote variations further south
- to detect interannual variability of the described processes.

Polar oceans are generally weakly stratified and hence oceanic currents are primarily determined by the barotropic flow component. Thus, geostrophic calculations based on hydrographic sections are not sufficient to determine the current field to the required accuracy. In these ice-covered areas, the barotropic component can only be determined from direct current measurements, since satellite altimetry is not yet able to properly measure sea level fluctuations under ice. Due to relatively large contributions of boundary and frontal areas and the small Rossby radius of deformation, relatively high horizontal resolution is required for the measurements.

Work at Sea

We intend to quantify the current fields of the East Greenland and the West Spitsbergen Currents by direct measurements using moored instruments. The current field will be measured with 14 mooring arrays, deployed across Fram Strait at latitudes between approximately 78 and 79°N, in water depths of between 200 m and 2600 m water depth (Tab. 1). For a sufficient vertical resolution, 3 to 4 instruments per mooring are required. Temperatures and salinities are measured together with the currents, to allow derivation of the heat and salt transports.

Salinity sensors on moored instruments still suffer from uncertainties and are too expensive to be deployed in a large number. Therefore repeated CTD sections are planned to ensure calibration of the moored instruments and to supply sufficient spatial resolution. The CTD-measurements will be complemented by water samples to measure nutrients, oxygen, stable isotopes of oxygen and other tracers to identify trends in the variability in the properties of the advected water masses. The CTD-survey will be accompanied by measurements with an ADCP to control the effect of the interpolation between the moored current meters. One hydrographic section will cross Fram Strait from the Svalbard shelf to the East Greenland shelf. A second section is planned in a quasi-meridional sense to estimate the cross strait circulation. The cruise contributes to the EU-MAST programme VEINS (Variability of Exchanges in the Northern Seas)

2.1.3 The hydrographic conditions in the Greenland Sea (AWI, IMR)

Objectives

In the Greenland Sea, bottom water renewal by deep convection occurs in interaction with ice coverage and climatic conditions. Since the advent of the Greenland Sea Project in 1988, some major results have been obtained:

- No bottom water renewal by deep winter convection took place during the project.
- Without deep winter convection, the bottom water is becoming warmer and saltier.

A number of questions arise from the observations, for example:

- Does ice coverage inhibit or facilitate winter convection?
- Given the lack of convective events, how can tracer concentrations in the deep waters increase?
- Are the changes of bottom water properties generally due to the impact of deep Arctic waters, or do other mechanisms exist which also modify the Greenland Sea Deep Water?

Up to now, it has not been possible to observe deep convective events directly, and it is presumed that ship-based attempts are not likely to be adequate because of the small spatial and short time scales involved. Observations in two successive years can help to investigate both the preconditioning of the gyre to the formation of bottom water and also the results of water mass modification. Such investigations lead to estimates of formation rates for deep and intermediate waters and the associated changes of heat and salt content. The measurements will allow determination of the necessary conditions for convection and the role of sea ice formation. Furthermore, transport estimates for the current systems of the Greenland Sea can be improved.

Work at Sea

The measurements consist of ship-borne CTD-profiles and CTD-profiling moorings, the latter having been developed in AWI. On the self-profiling moorings, the CTD-measurements are taken from top to bottom and indicate time and extent of water mass modifications, thus helping to identify relations between forcing and results. In 1998, two of these moorings will be redeployed, and the standard zonal transect on 75°N (approx. 53 stations) will be performed.

2.1.4 Tracer investigations in the Nordic Seas (IfMK, IOW)

Objectives

(1) To study the processes which determine the deep water characteristics in the deep Greenland Sea. One of these processes is deep convection. From previous measurements, it is known that the intensity and depth of deep convection vary on a decadal time scale. Up till now, the role of vertical diffusion has been neglected, but

our observations from 1997 show that, in periods of weak convection, vertical diffusion may play a major role in the ventilation of the deep Greenland Sea.

(2) To study the brine-enriched dense outflow from Storfjord with tracers. The formation of deep water by this process is of negligible influence on the Greenland and Norwegian Sea, but is thought to be a relevant process for the Eurasian and Canadian Basin. Our measurements from 1997 show that compared to previous results, the characteristics of the outflow vary with time and that the outflow itself can be trapped on the shelf.

(3) The boundary sections perpendicular to the East Greenland shelf, taken between Fram Strait and south of Denmark Strait, will help to study the structure of the boundary current, its modification along the shelf and the modification of the tracer signal of the water masses involved.

Work at Sea

The planned analysis of the CFC and CCl₄ distribution will help to estimate the intensity and depth of the convection in the previous winter. To estimate the vertical diffusion, we will use combined CTD-LADCP measurements .

2.1.5 Tracer investigations in the Nordic Seas (IUPH)

Objectives

The objective is to investigate the temporal evolution of the water fluxes in the Northern Seas, to quantify the magnitude of their variability, and to improve the understanding of processes responsible for the variability by measurements of the tracer distributions. With this purpose we intend:

-To continue the time series measurements of tracer distributions in the water masses of the Nordic Seas.

-To investigate the circulation of shallow and subsurface water masses and to measure the variability of tracer fluxes between the Arctic Ocean and the Atlantic Ocean.

-To estimate time scales of water mass formation and assess mean residence times by determining tracer ages for the various water types and mixtures.

-To monitor the release of brine-enriched shelf water from Storfjord into the Norwegian Sea and to estimate the contribution to the deep waters of the Northern Seas.

- To contribute to and to improve the parametrization of the processes of convection and of water and property transports through key passages as Fram Strait and Denmark Strait (recirculation, overflows, entrainment, etc.).

Work at sea

Tracer sampling over the full water column is planned along all the sections occupied during the cruise. Both the spacing of stations where our tracers will be sampled and the vertical sampling resolution will be guided by the water mass structure determined from the CTD profiles. All the tracer samples will be drawn from sample bottles mounted to a rosette/CTD system. We anticipate collecting about 700 samples for each of the tracers tritium, helium and oxygen-18. (Each sample triplet requires about 1.5 litres of water). Furthermore, a maximum of 75 water samples will be collected for the analysis of the SF-6 content, (requiring an additional sample volume of about 3 litres). The SF-6 sampling will be restricted to particular stations in the deep basins and to some positions on the east Greenland continental slope. All analyses will be performed in the Heidelberg tracer laboratories.

Extreme care has to be taken so that the tracer content in the water is not altered by degassing or contamination with ambient air. The CFCs and the helium isotopes, together with oxygen and SF-6, are most sensitive to degassing and atmospheric contamination and therefore should be drawn from the bottles first. To avoid any extraordinary contamination of our samples, none of the respective trace substances should be released inside the ship, especially next to the rosette/CTD system. Possible sources of trouble are: helium from gas cylinders, luminescent watches that might be tagged with tritium, and, more seriously, tritium used as marker in biological experiments.

2.1.6 Measurements of stable isotopes (UEA)

Objectives

We intend to measure the isotopic composition of the seawater, specifically the ratio of oxygen isotopes ^{18}O and ^{16}O . This provides a conservative tracer similar to salinity, in that it is determined at the sea surface by relative evaporation and precipitation. However, sea ice melting and formation has a strong impact on the salinity of the water, but only minimal impact on the isotopic characteristics. This decoupling of the two tracers enables us to distinguish freshwater of meteoric origin from freshwater derived from sea-ice melt. In combination with velocity estimates (e.g. from current meters, hydrographic or ADCP measurements), the fluxes of these freshwater components can be derived. It will also be interesting to examine the influence of the different freshwater components in the convective region of the Greenland Sea.

Work at Sea

The isotopic measurements will be performed in the Stable Isotope Laboratory at U.E.A., thus work at sea will be primarily sample collection. Up to around 1700 water samples will be drawn, sealed and stored for shipping to the U.K. If possible, samples of sea ice will also be taken, to better enable the quantification of that freshwater endmember in the calculations.

2.1.7 Measurement of SF6 (UEA, WHOI)

Objectives

In summer 1996, a tracer release experiment using SF6 was undertaken. 320 kg of sulphur hexafluoride were injected onto a single density surface in the centre of the Greenland Sea, at about 300 m depth. The objectives of the experiment were to monitor the rate of spread of the tracer both in the vertical and the horizontal, and to learn more about the circulation of the region and how it is affected by the processes of deep convection, water mass conversion and mixing.

Thus far, the tracer has been followed as it spread slowly throughout the main gyre of the Greenland Sea. Vertical mixing rates have been measured both in the summer and during the Deep Convection event that occurred in the winter of 1996/97. Overall, mixing rates in the vertical and horizontal have been fast compared to previous experiments of this type done in more quiescent regions of the world ocean. For example, vertical mixing was 100 times faster in winter in the Greenland Sea than in the North Atlantic pycnocline. Horizontal mixing rates have up to now averaged about three times faster than in the North Atlantic. These rates are somewhat slower than might have been anticipated considering the very energetic nature of the Greenland Sea. As of late 1997, no observations had been made that suggested the tracer was leaving the Greenland Sea basin.

Work at Sea

The purpose of the measurements is to survey the tracer distribution at the time of the cruise. Expectations are that the tracer will be beginning to leave the Greenland Sea. We wish in particular to see if it can be found up towards Fram Strait, down towards the Denmark Strait and in regions such as the Jan Mayen Fracture Zone. It is hoped, therefore, to analyse water samples from most of the stations which the ship will occupy. The measurements are part of the MAST-III programme ESOP-2 (European sub-Polar Oceans programme phase 2).

2.2 Marine Chemistry

2.2.1 Investigation of nutrients (AWI, IST)

Objectives

The nutrient measurements are closely connected with the physical and planktological investigations. On one hand, the development of phytoplankton blooms is especially dependent on the available nutrients; on the other hand, nutrients can be used as tracers for the identification of water masses. The distribution of nutrient concentrations will be followed in the Fram Strait region and on the Greenland Sea transect and across the Greenland shelf and slope. In comparison with similar transects in former years, the seasonal and interannual variability will be determined. During this cruise, the investigations will be expanded further to the south along the continental slope of Greenland. The different water masses, with their different nutrient concentrations, influence the development of phytoplankton blooms. During this study, the variability of nutrients

in the surface water will be determined which will show whether there is a limitation of phytoplankton growth during this late season of the year.

With reference to the water mass determination, especially silicate but also phosphate can be used as tracers for the outflow of upper halocline Arctic surface water along the Greenland continental slope, since this water mass is especially rich in silicate compared to Atlantic waters. To determine the structure of this outflow, as well as its nutrient concentrations and distributions, transects with high spatial resolution are planned along the Greenland coast.

The aim of the Istituto Sperimentale Talassografico of Trieste is the determination of the budgets and of the fluxes of some chemical substances (dissolved oxygen, silicate, phosphate and nitrate, organic nitrogen, phosphorus and carbon) through Fram Strait. The main task is to characterise the different water masses found in the Strait according to these chemical parameters in order to obtain time series of water and salt fluxes between the Arctic and the Nordic Seas and to quantify the magnitude and the variability of these fluxes. Chemical constituents, and especially conservative tracers such as NO and PO (Broecker, 1974), have been widely used to identify and follow different water masses in the Arctic Ocean since, particularly in the upper 200 m, these chemical tracers provide a valuable addition to water mass characterisation based only on temperature and salinity data.

Work at Sea

In Fram Strait region, two hydrographic surveys are scheduled each year, from spring 1997 to summer 1999, and, during the late summer campaigns, sea water sampling for the determination of chemical parameters is carried out in combination with the temperature and salinity measurements obtained with CTD-profiling system. During the hydrographic surveys, discrete water samples are collected at different depths with 12 litre bottles lowered with the CTD. Samples for the analysis of dissolved oxygen and dissolved inorganic nutrients (silicate, phosphate, nitrate and nitrite) are planned to be analysed directly on board ship.

Dissolved oxygen is measured according to the Winkler method using potentiometric titration; inorganic nutrients are determined with a Chemlab Continuous Flow Analyser, according to the procedures described by Grasshof et al. (1983). Samples for the determination of dissolved organic nitrogen, phosphorus and carbon are stored frozen after collection and analysed in the laboratory in Italy after UV photo-oxidation for nitrogen and phosphorus, and with High Temperature Catalytic Oxidation for organic carbon (Sigimura and Suzuki, 1988).

From water samples on the other sections, the nutrients nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate, and the total dissolved nitrogen are determined immediately on board with an Autoanalyser-system using standard methods.

2.2.2 Investigations of the quantity, quality and distribution of dissolved organic matter (AWI)

Objectives

The aim of the project is to investigate the quantity, quality and distribution of dissolved organic matter (DOM) in the Arctic Ocean and adjacent seas. Special interest is taken in the fate of terrestrial derived DOM, discharged into the Arctic ocean, as well as diagenetic changes of DOM during its transition from its sources to the north Atlantic. The central question is how important could the Arctic be as a source for terrestrial derived DOM to the global ocean. This cruise will extend the existing data set from the Arctic Ocean and Fram Strait to the southern Nordic Seas, hopefully including North-Atlantic-Deep-Water source water. Recovered DOM samples will be characterised on a bulk and on a molecular level, including elemental, isotopic, lignin, amino acid, and carbohydrate composition.

Work at Sea

The work plan on the ship can be divided in three parts.

The major part will be the collection of large volume (>200l) samples and their ultrafiltration to characterise DOM on a bulk and on a molecular level. A rosette sampler will be used to collect 200l samples at 15 to 20 stations/depths. The samples will be transferred from the water sampler bottles to 50l Polypropylene bottles and ultrafiltration will be performed immediately after sampling, using an Amicon Ultrafiltrationsystem. Each large volume sample will take about 12h processing time.

The second part is the collection of small volume (<1l) water samples for the analyses of dissolved organic carbon (DOC), and dissolved organic nitrogen (DON). These samples will be taken at about 30 to 50 stations, using a rosette sampler with water bottles. Samples will be taken along with samples for inorganic nutrients. We plan to measure some of the DOC samples on board and freeze the rest for later analysis.

The third part of the work plan is optional and represents experimental work, investigating the bioreactivity of DOM at in-situ temperatures. For this purpose, we plan to do DOM decomposition experiments during which respiration and bacterial production will be measured in dependence of nutrients. This will indicate potential loss of DOC and diagenetic changes in DOM caused by bacterial activity.

2.2.3. Methane in the upper water column (AWI)

Objectives

Methane is an important component of the global carbon cycle and a potent greenhouse gas. Sea water is often supersaturated on methane. It is typically at its maximum concentration in near-surface waters, which could support a significant sea-air flux. As a possible source for methane, zooplankton biomass, fresh fecal pellets and various suspended particles will be examined. The main aim of these

investigations is to understand the coupling between methane production by methanogenic bacteria and the zooplankton bloom.

Work at Sea

The methane in-situ production will be investigated in the upper water column on a transect from Svalbard to Greenland. Methane will be measured in the pack-ice zone, in the marginal ice zone and in the open water. In addition, samples for biological investigations will also be collected.

2.3. Marine Biology

2.3.1 Ecological investigations in the deep Arctic Ocean

Objectives

Benthic deep-sea ecosystems are fuelled by the input of organic matter sinking vertically through the water column or being transported advectively. For the deep Arctic Ocean, we hypothesise that the advectively mediated food energy is probably of higher importance than the vertically derived organic matter input to the seafloor. Investigations of the pathways for organic substances and of benthic processes, and a comparison with results from other deep-sea regions, will allow us to understand the functioning of benthic deep-sea ecosystem of the Arctic Ocean.

The aims of this particular scientific programme are the quantitative assessment of the smallest size classes of benthic organisms (bacteria, nano- and meiofauna) and analyses of biogenic sediment compounds indicating benthic activities and biomasses to elucidate biological and early diagenetic processes.

Work at Sea

Sediment sampling will be done with a multiple corer (MC), an instrument which allows the collection of almost undisturbed sediment samples, which is especially important for biochemical analyses at the sediment-water interface. Biochemical analyses for estimating heterotrophic activity in the uppermost centimetres of the sediments have to be done on board to avoid losses in activities during storage. Sediment samples for the determination of chloroplastic pigments and benthic biomass will partly be analysed on board or stored in deep freezers for later analyses at the home institute. Sediment sampling is planned for a number of stations on a transect southwest of Svalbard (Storfjord outflow).

3. Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

ARK XIV-2 Teil / part 1 + 2

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Teil 1 Part 1	Teil 2 Part 2
<u>Finland</u>			
IMR Finnish Institute of Marine Research P.O.B. 33 Lyypekinkuja 3 a FIN-00931 Helsinki			1
<u>France</u>			
IFREMER IFREMER/DITI/NOE Technopolis 40 155 rue J. J. Rousseau F-92138 Issy les Moulineaux cedex		2	
<u>Germany</u>			
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße D-27568 Bremerhaven		13	12
DWD Deutscher Wetterdienst - Seewetteramt - Bernhard-Nocht-Str. 76 D-20359 Hamburg		3	3
HSW Helicopter-Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 D-22393 Hamburg		4	
IfMHH Institut für Meereskunde der Universität Hamburg Troplowitzstr. 7 D-22529 Hamburg		2	2
IfMK Institut für Meereskunde der Universität Kiel Düsternbrooker Weg 20 D-24105 Kiel		5	9

Adresse Address	Teilnehmer Participants	Teil 1 Part 1	Teil 2 Part 2
IOW Institut für Ostseeforschung an der Universität Rostock Seestraße 14 D-18112 Rostock		2	1
IUPH Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 366 D-69120 Heidelberg		2	2
IUPT IUP-Institut für Umweltphysik Abt. Tracer-Ozeanographie Universität Bremen, FB 1 Postfach 33 04 40 D-28334 Bremen		2	
<u>Italy</u>			
IST Istituto Sperimentale Talassografico Viale R. Gessi, 2 34123 Trieste		2	
<u>Norway</u>			
NPI Norsk Polarinstittutt Storgata 25A Box 399 N-9001 Tromsøe			
UNIS The University Courses on Svalbard P. O. Box 156 N-9170 Longyearbyen		1	
<u>UK</u>			
UEA School of Environmental Sciences University of East Anglia NORWICH NR4 7TJ		2	1

USA

WHOI	Woodshole Oceanographic Institution Woodshole, Massachusetts 02543-1053	1	1
UT	University of Texas at Austin Marine Science Institute 750 Channel View Drive Port Aransas, TX 78373		1

4. Fahrtteilnehmer / Participants

ARK XIV/2 Teil / part 1 + 2

Name	Vorname	Institution	Teil / part
Amon	Rainer	AWI	2
Anderssen	Karen	IfMHH	1, 2
Badewien	Thomas	IOW	1
Budéus	Gereon	AWI	2
Civitarese	Guisepppe	IST	2
Christl	Marcus	IUPH	2
Damm	Ellen	AWI	1
Dankert	Jutta	IOW	1, 2
Dauelsberg	Anke	AWI	1
Diek	Wolfgang	AWI	2
Dietze	Heiner	IfMK	2
Dinkeldein	Wolfgang	HSW	1
Dittmer	Klaus	DWD	1, 2
Elbrächter	Martina	IfMK	1, 2
Fahrbach	Eberhard	AWI	1, 2
Fehmer	Dirk	IfMK	2
Feldt	Oliver	HSW	1
Hartmann	Carmen	AWI	1, 2
Hauschildt	Heike	IfMK	2
Herklotz	Kai	AWI	2
Hildebrandt	Hauke	IUPH	1
Köhler	Herbert	DWD	1, 2
Langreder	Jens	IUPT	1
Lahrmann	Uwe	HSW	1
Ledwell	James	WHOI	1, 2
Lipizer	Marina	IST	1
Louchouarn	Patrick	UT	2
Lübben	Andrea	IfMHH	1, 2
Makus	Jürgen	HSW	1
Meredith	Michael	UEA	1
Meyer	Ralf	AWI	1, 2
Monsees	Matthias	IUPT	1
Morsdorf	Felix	IfMK	1
Neumann	Thomas	IfMK	2
Oliver	Kevin	UEA	1
Plugge	Rainer	AWI	2
Ratje	Andreas	AWI	1, 2
Rhein	Monika	IfMK	2
Ries	Jonas	AWI	2
Ronski	Stephanie	AWI	2
Rost	Björn	AWI	2
Roth	Peter	AWI	1
Röthig	Lutz	DWD	1, 2
Rudels	Bert	IMR	2

Name	Vorname	Institution	Teil / part
Schauer	Ursula	AWI	1
Schewe	Ingo	AWI	1
Schuler	Steffen	IUPH	1
Schünemann	Henrike	IfMK	2
Schütt	Ekkehard	AWI	1
Schewski	Mario	IfMK	2
Schuster	Sandra	IfMK	1
Trieschmann	Babette	IfMK	1
Tverberg	Vigdis	UNIS	1
Walter	Maren	IfMK	1, 2
Walz	Volker	IUPH	2
Westernstroeer	Ulrike	AWI	1, 2
Wisotzki	Andreas	AWI	1
Woodgate	Rebecca	AWI	1
NN		IFREMER	1
NN		IFREMER	1

5. Schiffspersonal / Ship's Crew

Pahl	Uwe	Master	German
Schwarze	Stefan	1. Offc.	German
Knoop	Detlef	Ch. Eng.	German
Fallei	Holger	2. Offc.	German
Spielke	Steffen	2. Offc.	German
N.N.		2. Offc.	German
N.N.		Doctor	German
Koch	Georg	R. Offc.	German
Erreth	Mon. Gyula	2. Eng.	German
Ziemann	Olaf	2. Eng.	German
Fleischer	Martin	2. Eng.	German
Bretfeld	Holger	Electron.	German
Muhle	Helmut	Electron.	German
Greitemann-Hackl	A.	Electron.	German
Roschinsky	Jörg	Electron.	German
Muhle	Heiko	Eletr.	German
Clasen	Burkhard	Boatsw.	German
Reise	Lutz	Carpenter	German
Gil Iglesias	Luis	A.B.	Spain
Pousada Martinez	S.	A.B.	Spain
Kreis	Reinhard	A.B.	German
Bindernagel	Knuth	A.B.	German
Schultz	Ottomar	A.B.	German
Burzan	G.-Ekkehard	A.B.	German
Bäcker	Andreas	A.B.	German
Moser	Siegfried	A.B.	German
Müller	Klaus	Storek.	German
Ipsen	Michael	Mot-man	German
Voy	Bernd	Mot-man	German
Grafe	Jens	Mot-man	German
Hartmann	Ernst-Uwe	Mot-man	German
Preußner	Jörg	Mot-man	German
Haubold	Wolfgang	Cook	German
Völske	Thomas	Cooksmate	German
Martens	Michael	Cooksmate	German
Jürgens	Monika	1. Stwdess	German
NN		Stwdess	German
Czyborra	Bärbel	2. Stwdess	German
Deuß	Stefanie	2. Stwdess	German
Neves	Alexandre	2. Stwdess	Portug.
Huang	Wu-Mei	2. Steward	China
Mui	Kee Fung	2. Steward	Hongk.
Yu	Kwok Yuen	Laundryman	China

