

BERICHTE
aus dem
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE
an der
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT · KIEL

Nr. 173

1987

Forschungsschiff METEOR

Reise Nr. 4

Kapverden-Expedition

Oktober - Dezember 1986

Berichte der wissenschaftlichen Leiter

G. Siedler, H. Schmickler (Koordinatoren)
T.J. Müller, H.-W. Schenke, W. Zenk

DOI 10.3289/IFM-BER-173

Kopien dieser Arbeit können bezogen werden von:
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Abt. Meeresphysik
Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel 1 - FRG -

BERICHTE
aus dem
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE
an der
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT · KIEL

Nr. 173

1 9 8 7

Forschungsschiff METEOR

Reise Nr. 4

Kapverden-Expedition

Oktober - Dezember 1986

Berichte der wissenschaftlichen Leiter

G. Siedler, H. Schmickler (Koordinatoren)
T.J. Müller, H.-W. Schenke, W. Zenk

Kopien dieser Arbeit können bezogen werden von:
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Abt. Meeresphysik
Düsternbrooker Weg 20
2300 Kiel 1 - FRG -

ISSN 0341 - 8561 -

Die "Berichte der wissenschaftlichen Leiter" erscheinen im Anschluß an Expeditionen des Forschungsschiffes "Meteor" als Arbeitsunterlagen für die Beteiligten, als Berichte für die DFG und ihre Senatskommission für Ozeanographie und als Information für Interessierte.

Das Vorhaben wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Anschriften der Verfasser:

G. Siedler, T.J. Müller, W.Zenk
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel
Düsternbrooker Weg 20
D-2300 Kiel

H. Schmickler
Institut für Meereskunde der Universität Hamburg
Leitstelle Meteor
Tropowitzstr. 7
D-2000 Hamburg

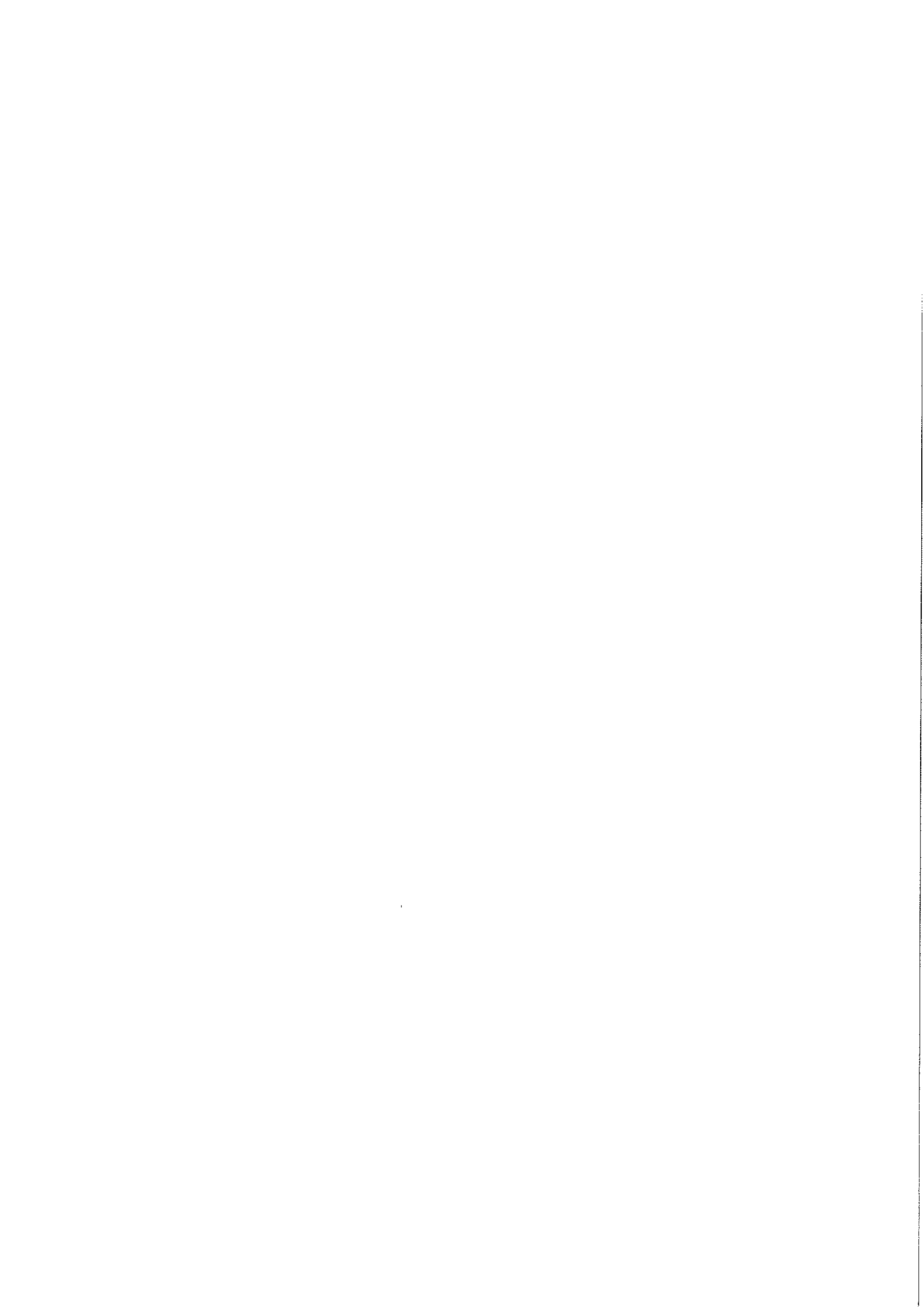
H.-W. Schenke
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
Columbus-Center
D-2850 Bremerhaven

Zusammenfassung

Der erste Teil der METEOR-Fahrt Nr. 4 zwischen Kiel und Lissabon umfaßte ein technisch-wissenschaftliches Programm zur Erprobung des Fächerecholotsystems HYDROSWEEP und der integrierten Navigationsanlage INS. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über den Ablauf der Arbeiten und die Ergebnisse dieses überwiegend schifftechnischen Vorhabens. Der zweite Teil der Fahrt von Lissabon über Sta.Cruz und Dakar nach Kiel enthielt ein multidisziplinäres Forschungsprogramm im Kanaren- und Kap-Verde-Becken. Schwerpunkt war die Untersuchung der Zirkulation und Vermischung im östlichen Teil des nordatlantischen Subtropenwirbels. Zusätzlich zu den hierfür erforderlichen physikalischen und chemischen Meßprogrammen wurden chemische Probennahmen zur Bestimmung des ozeanischen Partikelflusses, luftchemische Beobachtungen des Sahara-Aerosols und aerologische Messungen zur Parametrisierung der atmosphärischen Grenzschicht durchgeführt. Der Bericht beschreibt den Ablauf der Arbeiten und zeigt vorläufige Ergebnisse.

Summary

The first part of METEOR cruise no. 4 between Kiel and Lisbon included a technical and scientific testing program. The aim was to test the new side-looking echosounder system HYDROSWEEP and the integrated navigation system INS. This report summarizes the activities and presents results of this project. The second part of the cruise from Lisbon via Sta.Cruz and Dakar to Kiel included a multidisciplinary research program in the Canary and Cape Verde Basins. The principal aim was to study the circulation and mixing in the eastern part of the North Atlantic subtropical gyre. In addition to the related physical and chemical measurements the following program was carried out: Sampling with sediment traps for the determination of the oceanic particle flux, air chemistry measurements for the observation of Sahara aerosol, and aerological measurements in the atmospheric boundary layer. The report summarizes the observational program, and tentative results are presented.



<u>Inhalt:</u>	<u>Seite</u>
1. Forschungsthemen und Arbeitsgebiete	5
2. Fahrtabschnitt 1, Kiel-Brest-Lissabon, 3.10. - 26.10.1986	8
2.1 Teilnehmer	8
2.2 Technisch-wissenschaftliches Erprobungsprogramm	9
2.3 Ablauf der Reise	13
2.4 Vorläufige Ergebnisse	19
2.4.1 HYDROSWEEP	19
2.4.2 Navigation	34
2.4.3 PARASOUND	35
2.4.4 Luftchemie	40
2.4.5 Zusammenfassung	41
3. Fahrtabschnitte 2-4, Lissabon - Sta.Cruz - Dakar - Kiel, 26.10. - 6.12.1986	44
3.1 Teilnehmer	44
3.2 Forschungsprogramm	46
3.2.1 Meeresphysik, Tracerphysik	46
3.2.2 GEK-Messungen	47
3.2.3 Meereschemie	48
3.2.4 Luftchemie	49
3.2.5 Aerologie	50
3.3 Ablauf der Reise	51
3.4 Vorläufige Ergebnisse	59
3.4.1 Hydrographie, GEK-Messungen	59
3.4.2 Verankerte Geräte	83
3.4.3 Meereschemie	108
3.4.4 Luftchemie	109
3.4.5 Aerologie	112
4. Listen	113
4.1 Stationen	113
4.2 XBT	115
4.3 Verankerungen	120
Schlußbemerkung	121
Literatur	122

<u>Contents:</u>	<u>Page</u>
1. Research topics and working area	5
2. Leg 1, Kiel-Brest-Lissabon, 3 Oct. - 26 Oct. 1986	8
2.1 Participants	8
2.2 Technical and scientific testing program	9
2.3 Activities	13
2.4 Tentative results	19
2.4.1 HYDROSWEEP	19
2.4.2 Navigation	34
2.4.3 PARASOUND	35
2.4.4 Air chemistry	40
2.4.5 Summary	41
3. Legs 2-4, Lissabon - Sta.Cruz - Dakar - Kiel, 26 Oct. - 6 Dec. 1986	44
3.1 Participants	44
3.2 Research program	46
3.2.1 Marine physics, tracer physics	46
3.2.2 GEK observations	47
3.2.3 Marine chemistry	48
3.2.4 Air chemistry	49
3.2.5 Aerology	50
3.3 Activities	51
3.4 Tentative results	59
3.4.1 Hydrography, GEK observations	59
3.4.2 Moored Devices	83
3.4.3 Marine Chemistry	108
3.4.4 Air chemistry	109
3.4.5 Aerology	112
4. Lists	113
4.1 Stations	113
4.2 XBT	115
4.3 Moorings	120
Final remarks	121
References	122

1. Forschungsthema und Arbeitsgebiete

Die Kapverden-Expedition verknüpfte die technisch-wissenschaftliche Erprobung von Lotgeräten und der Navigationsanlage im ersten Teil mit Forschungsvorhaben verschiedener Disziplinen im zweiten Teil. Bei den schiffstechnischen Arbeiten in der Biskaya und in der Nähe des Mittelatlantischen Rückens (Abb. 1.1) ging es vor allem um Erprobungen des Fächerecholotsystems HYDROSPWEEP und der integrierten Navigationsanlage INS. Die wissenschaftlichen Untersuchungen behandelten die großräumigen Transporte in der Warmwassersphäre des subtropischen und tropischen Nordatlantiks, den Austausch von Wärme und Salz, von Nährstoffen und Tracern sowie die Bildung und den Transport partikulär gebundener Spurenelemente und organischer Spurenstoffe. Außerdem wurden ein luftchemisches und ein aerologisches Programm durchgeführt.

Das Arbeitsgebiet bei den Kapverden (Abb. 1.2) befindet sich im südöstlichen Teil des Subtropenwirbels, der auf der Westseite des Nordatlantiks den Golfstrom und auf der Ostseite den Azoren- und Kanarenstrom umfaßt, im Süden verbunden durch den Nordäquatorialstrom. Bei den Kapverden liegt ferner als Sperre für den Stoffaustausch die Grenze zwischen dem Nord- und dem Südatlantischen Zentralwasser. Spurenstoffuntersuchungen hatten hier eine starke Abnahme der Konzentrationen von Nord nach Süd gezeigt, und es gab Hinweise darauf, daß an dieser Grenze auch ein Übergang zwischen den großräumigen Strömungen des Subtropenwirbels und kleinskaligen Wirbelbewegungen im Süden erfolgt.

Wassermassenbeobachtungen und Strömungsmessungen mit verankerten Geräten und geschleppten Sonden sollten Auskunft über den Stoff-, Wärme- und Impulsaustausch in dieser Region geben. Außerdem waren im Nordteil des Kanarenbeckens als Fortsetzung laufender Strömungsmeßprogramme Verankerungsarbeiten vorgesehen. Die Untersuchungen zu den Transport- und Austauschvorgängen im Nordatlantik sollen Grundlagen für die Entwicklung von Klima-Vorhersagemodellen bereitstellen. Bei solchen Modellen ist man auf eine realistische Berücksichtigung der großräumigen ozeanischen Transporte angewiesen.

Parallel zu den ozeanischen Beobachtungen wurde im luftchemischen Meßprogramm die Größenverteilung von Aerosolen aus der Sahara erfaßt, um ihre Bedeutung für die Verminderung der Sonnenstrahlung in diesem Seegebiet zu klären. Außerdem wurden aerologische Ballonaufstiege zur Untersuchung der atmosphärischen Grenzschicht durchgeführt.

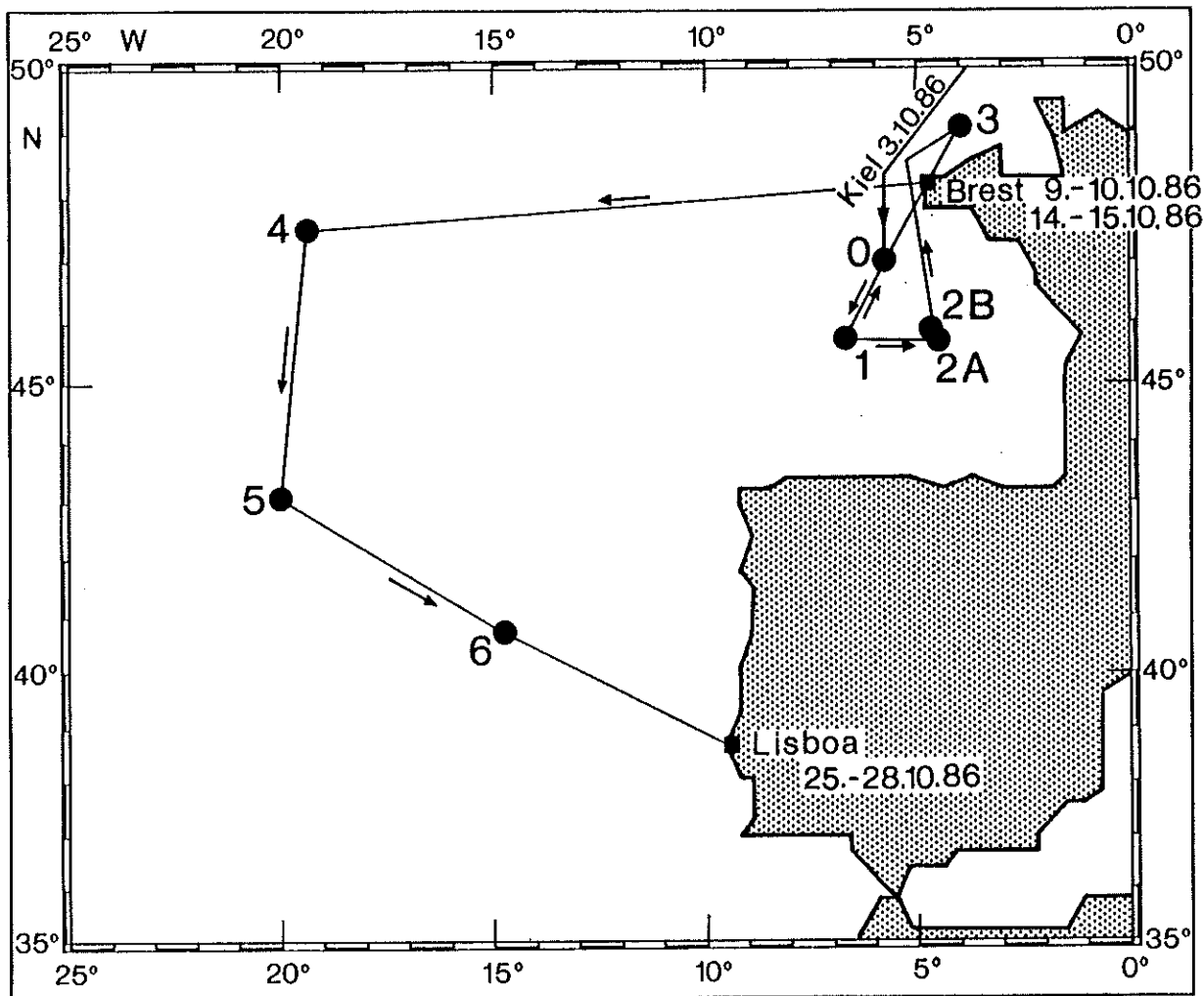


Abb. 1.1: Fahrtroute und Vermessungsgebiete 0 bis 6 für Tests der Lot- und Navigationsanlagen während M4/1

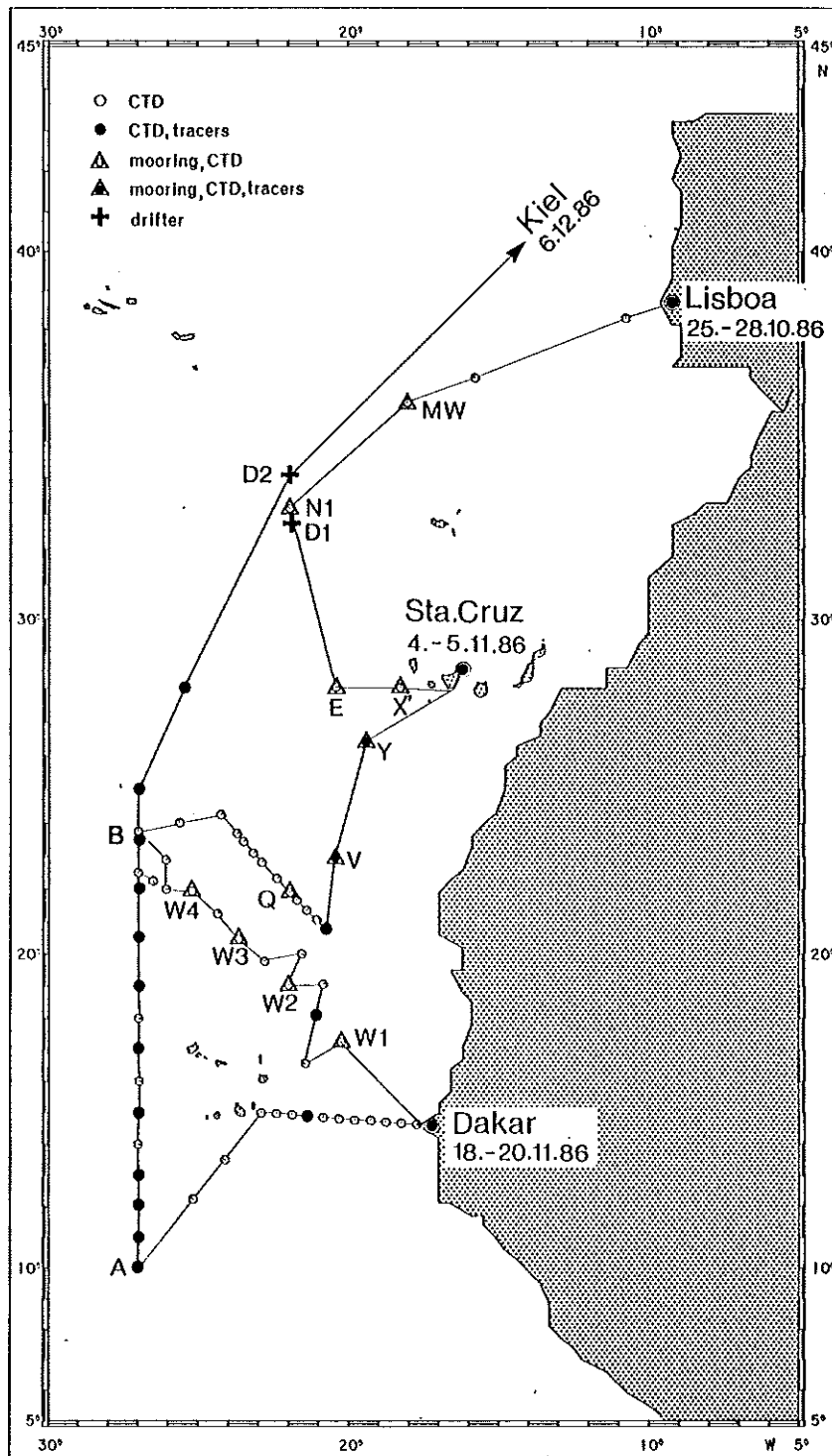


Abb. 1.2: Fahrtroute während M4/2, M4/3 und M4/4 mit Positionen für CTD-Stationen und Verankerungsarbeiten. Von Position Y bis Dakar wurden XBT-Messungen, von Dakar bis Position D2 XBT- und GEK-Messungen durchgeführt

2. Fahrtabschnitt 1

Kiel - Brest - Lissabon, 3.10. - 26.10.1986

2.1 Teilnehmer

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Schenke, H.-W., Dr.-Ing., wiss. Fahrtleiter

Heidland, K., Dipl.-Ing.

Jahnke, C., Frau

Stael v.Holstein, V., Dipl.-Ing., Frau

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Kudrass, H.-R., Dr.

Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg

Gruber, M., Kapt.Dipl.-Ing.

Klueger, H., Dipl.-Ing.

Schrick, K.-W., Prof. Dr.-Ing.

IFREMER/Bureau National des Donnees Oceaniques,
Centre de Brest de l'IFREMER, Brest, Frankreich

Moussat, E.

Institut für Angewandte Physik der Universität Kiel

Frenzel, S.

Institut für Erdmessung, Universität Hannover

Heimberg, F., Dipl.-Ing.

Hornburg, W., stud.geod.

Institut für Kartographie, Universität Hannover,

Claussen, H., Dipl.-Ing.

Institut für Meteorologie der Universität Mainz,

Franken, F., Ing.

Friederich, B., TA

Stingl, J., Dipl.-Met.

Krupp Atlas Elektronik GmbH, Bremen

Aechter, B.

Becker, G., Frau

Block, P.

Bruns, R.

Freking, B.

Neu, W.

Oesterle, A., Frau

Sander, H.-D.

Voss, W.

Ziese, R.

Schlichting Werft GmbH, Lübeck-Travemünde

Otten, K.-P., Dipl.-Min.

Zentralstelle für Schiffs- und Maschinentechnik, Hamburg

Hoffmann, K., Dipl.-Ing.

2.2 Technisch-wissenschaftliches Erprobungsprogramm

Der erste Fahrtabschnitt der METEOR-Fahrt Nr. 4 mit schiffstechnischen Aufgaben sah als zentrale Aufgabe eine umfassende Kalibrierung und Erprobung des Fächerlotsystems HYDROSWEEP und der Integrierten Navigationsanlage INS vor. Die Untersuchungen sollten vorwiegend in bereits vermessenen Gebieten erfolgen, um Vergleiche und Analysen anstellen und ggf. Korrekturen anbringen zu können. Die Erfahrungen z.B. auf der POLARSTERN hatten gezeigt, daß eine Kalibrierung von Fächerloten in großen Wassertiefen unverzichtbar ist. Es mußten daher möglichst Gebiete mit großen Wassertiefen angefahren werden. Die Kalibrierung der HYDROSWEEP-Anlage sollte u.a. in den bekannten Testgebieten des IFREMER (Abb. 1.1) in der Biskaya durchgeführt werden. Im Anschluß an die Kalibrierung sollte eine detaillierte technisch-wissenschaftliche Erprobung in der Iberischen Tiefsee und im Bereich des Peake Trough erfolgen.

Die Erprobung soll über folgende Fragestellungen Auskunft geben:

- Leistungsfähigkeit, Genauigkeit und Handhabung des Fächerlotes HYDROSWEEP im Flachwasserbereich und in der Tiefsee,
- Untersuchungen zur Bestimmung der mittleren Wasserschallgeschwindigkeit mit dem HYDROSWEEP,
- Überprüfung der Integrierten Navigationsanlage INS und Vergleiche mit präzisen GPS/NAVSTAR-Positionsdaten,
- Funktion, Bedienbarkeit und Ergebnisanalyse des Post-Processing-Systems HYDROMAP für HYDROSWEEP- und Navigationsdaten.
- Überprüfung des neuen Pilottonverfahrens für das Sedimentlotsystem PARASOUND.
- Untersuchungen zum Unterwasser-Geräuschpegel des Schiffes.
- Überprüfung weiterer schiffstechnischer Einrichtungen, z.B. Winden.

Zusätzlich zu diesem technisch-wissenschaftlichen Programm war ein luft-chemisches Programm des Instituts für Meteorologie der Universität Mainz vorgesehen (s. 3.2.4).

Kalibrierung der HYDROSWEEP-Anlage

Nach dem im September erfolgten Umbau des Bugbereiches der METEOR sollte die Erprobung und anschließende Abnahme des Kartierungsplotes HYDROSWEEP der Firma Krupp Atlas Elektronik GmbH erfolgen. In dem dafür vorgesehenen Teil waren folgende Arbeiten geplant:

- Flachwassertests bei Wassertiefen von 10 bis 50 m auf der Anreise in die Biskaya,
- Kalibrierung der Anlage mit Anlaufen eines weitgehend ebenen Areal mit einer mittleren Wassertiefe von mindestens 4000 m,
- Bestimmung der systematischen Fehler und der statistischen Kenngrößen dieser Fehler,
- theoretische Berechnung der Grenzreichweite auf Grund der gemessenen Daten des Bodenrückstreumaßes und des Eigenstörpegels der METEOR,
- Bestimmung der Fehlergrößen bei Ortung und am Hang,
- nochmalige Flachwasservermessung nach erfolgter Kalibrierung im Tiefwasser einschließlich der Erstellung einer Isobathenkarte,
- weitere Tests, um die Arbeitsfähigkeit des Systems bei unterschiedlichen Seegangseinflüssen zu belegen.

Da die Fehlererfassung des Systems HYDROSWEEP nur möglich ist, wenn exakte Daten zur Positionsbestimmung vorliegen, sollte speziell für den Problemkreis "Fehlerbestimmung am Hang" zusätzlich zu den Standardsensoren ein GPS-Navigationssystem eingesetzt werden.

Wissenschaftliche Erprobung von HYDROSWEEP

Für die neu entwickelte HYDROSWEEP-Anlage war eine umfassende Erprobung sowie der Vergleich mit Sollwerten unbedingt erforderlich, damit für die wissenschaftliche Nutzung die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der gemessenen Daten abgeschätzt werden können. Die Tiefwassererprobung sollte hauptsächlich im Peake Trough (Lokation 5 in Abb. 1.1) bei Wassertiefen von ca. 6000 m erfolgen. Der Vergleich mit SEABEAM-Vermessungen erfolgte in der Iberischen Tiefsee (Lokation 4 in Abb. 1.1) anhand von Daten, die 1983 im NOAMP-Projekt gewonnen wurden. Folgende Punkte sollten im Rahmen der HYDROSWEEP-Erprobung gezielt untersucht werden:

- Funktionsüberprüfung und Datenanalyse bei Wassertiefen zwischen 4000 und 6000 m,
- Untersuchungen zur Genauigkeit der äußeren Schallkegel im Flachwasser- und Tiefseebereich, besonders im Hinblick auf Fragen der Überlappung einzelner Meßstreifen bei flächenhafter Vermessung,
- Analyse der Meßdaten und Ergebnisse bei unterschiedlichen Schiffsgeschwindigkeiten und bei Kurvenfahrten,
- Überprüfung der Meßdaten und der fertigen Karten bei stark bewegter Meeresbodentopographie, besonders bei Fahrten an Steilhängen, und Umfang des Meßdatenverlustes bei Geländeneigungen größer als 25 Grad,
- Untersuchungen zur Richtungsabhängigkeit bei Fahrten über Steilhänge.

Die schräg verlaufenden Sonarstrahlen müssen refraktions- und laufzeit-korrigiert werden. Die Bestimmung der hierzu notwendigen Wasserschallgeschwindigkeit ist beim HYDROSWEEP durch ein Verfahren realisiert, bei dem in bestimmten Abständen die vertikal unter dem Schiffskurs liegende Wasserschicht mit dem gesamten Sonarfächer durchmessen wird. Hierzu wird die gesamte Sende- und Empfangsrichtung elektronisch um einen rechten Winkel gedreht. Durch Vergleiche zwischen den senkrechten Wassertiefen und den Schrägstrecken entlang des Schiffstracks kann die aktuelle Schallbrechung errechnet werden. Es war vorgesehen, in den Kalibrierungs- und Erprobungsgebieten die vertikale Schallgeschwindigkeitsverteilung durch mehrere CTD-profile zu bestimmen, um die mit HYDROSWEEP erhaltenen Wasserschallprofile zu überprüfen.

Überprüfung des Integrierten Navigationssystems INS

Im Rahmen der Erprobungsfahrt war weiterhin eine umfassende Überprüfung der integrierten Navigationsanlage vorgesehen. Es wurden zwei GPS/NAVSTAR-Empfänger (Global Positioning System) an Bord installiert, um unabhängige Vergleiche der Positionsdaten durchführen zu können. Da das GPS nur für etwa 12 bis 14 Stunden täglich verfügbar war, mußte für spezielle Untersuchungen die aktuelle Satellitenkonstellation berücksichtigt werden. Es war zunächst geplant, die GPS-Daten zu registrieren und sie bei der späteren Datenbearbeitung (Post-Processing) mit den Positionen der INS zu vergleichen. Ziel der Untersuchungen war es, Aussagen über die erreichbare absolute Genauigkeit der Integrierten Navigationsanlage auf hoher See in mittleren geographischen Breiten zu machen. Die sehr hohe Auflösung der HYDROSWEEP-Anlage erlaubt eine detaillierte Erfassung kleiner Strukturen am Meeresboden. Es war daher vorgesehen, die Leistungsfähigkeit der INS auch mit Hilfe der Meeresbodentopographie zu überprüfen. Zu diesem Zweck sollten Profile in unterschiedlichen Wassertiefen mehrfach abgefahren werden.

Post-Processing

Die im Verlauf der Kalibrierung und Erprobung gewonnenen Navigations- und Bathymetriedaten sollten an Bord mit dem systemeigenen Post-Processing-System HYDROMAP bearbeitet und mit zwei unabhängigen Programmen verglichen werden. Vorrangiges Ziel war es, bereits an Bord fertige Arbeitskarten anzufertigen. Hierbei sollten Nutzerfreundlichkeit, Übersichtlichkeit der Bearbeitungsprozesse und die praktischen Anwendungsmöglichkeiten der Auswertergebnisse untersucht werden. Vergleiche unabhängiger Auswertungen im Post-Processing sind später vorgesehen.

2.3 Ablauf der Reise

Ab 2.10.86 erfolgten die Installationsarbeiten für die GPS- und Syledis-Antennen sowie die Übernahme des VAX-Rechners vom IfM Kiel. Der Fahrtabschnitt begann dann am 3.10.86 um 10:00 Uhr mit dem Auslaufen in Kiel und Bunkern in Brunsbüttel. Während der Anreise in die Erprobungsgebiete in der Biskaya erfolgte die endgültige Einrichtung der Labor- und Computerarbeitsplätze. Weiterhin fanden Planungsbesprechungen zum Ablauf der Erprobungen statt.

Am 5.10.86 mußte wegen eines medizinischen Notfalls von der Reiseroute geringfügig abgewichen werden. Ein erkranktes Besatzungsmitglied wurde gegen 14:00 Uhr von einem Rettungshubschrauber der britischen Marine übernommen und in ein Hospital nach Southampton geflogen.

Am 6.10.86 wurde die Lokation O bei $47^{\circ} 00,0' N$ und $5^{\circ} 43,0' W$ am C. d'Audierne am oberen Kontinentalrand erreicht (Abb. 1.1). Beginnend von dieser Ausgangsposition wurde an einem gleichförmig abfallenden Hang von etwa 800 bis 4000 m Wassertiefe ein erstes HYDROSWEEP-Eichprofil orthogonal zum Verlauf der Isobathen gefahren. Die Navigation des Schiffes während der Profilfahrt erfolgte mit dem Global Positioning System GPS, das während der Expedition zweimal pro Tag genutzt werden konnte. Im gesamten Arbeitsgebiet erstreckten sich die Beobachtungszeiträume für GPS von etwa 01:00 UTC bis 07:00 UTC und von 13:00 UTC bis 21:00 UTC.

Ab einer Wassertiefe von etwa 1200 m zeigten sich auch nach dem Umbau des Bugbereichs von METEOR erhebliche Störungen bei den HYDROSWEEP-Messungen. Es stellte sich sehr schnell heraus, daß diese erneut durch Blasenbildung am Schiffsboden verursacht wurden. Zur optischen Überprüfung wurde im Hydrographenschacht eine Unterwasserkamera installiert. Es folgten umfangreiche Tests und Untersuchungen, um zunächst die Hauptursache der Luftblasenschleierbildung herauszufinden. Weitere Untersuchungen wurden im Bereich der Lokation O nicht mehr durchgeführt.

Am 7.10.86 versegelte die METEOR zur Lokation 1, Position $45^{\circ} 50.0' N$ und $6^{\circ} 40.0' W$ (siehe Abb. 1.1). Dort wurde zunächst mit den systematischen Unterwasserbeobachtungen der Luftblasenschleier fortgefahren. Es zeigte sich, daß die Luftblasenunterziehung bei Fahrt mit der Dünung wesentlich geringer ist als gegen die Dünung.

Am 8.10.86 wurde an der Lokation 1 im GPS-Fenster von ca. 04:00 bis 09:00 UTC eine erste flächenhafte HYDROSWEEP-Vermessung bei einer Wassertiefe von ca. 4800 m und mit einer Geschwindigkeit von 6 kn durchgeführt. Bei dem sehr ebenen Meeresboden traten Höhenänderungen von nur +/- 20 bis 30 m auf.

Am 8.10.86 von 10 bis 13 UTC wurde mit der Winde 2 auf der Position $45^{\circ} 50.2' N$ und $6^{\circ} 36.8' W$ eine CTD-Sonde mit Schallsensor bis 4500 m Seillänge gefahren. Die Ergebnisse dieser und aller folgenden CTD-Stationen (s. 4.1., Stationen 288 - 292) wurden zur Verbesserung des von HYDROSWEEP gelieferten Wasserschallmodells verwendet. Bei dieser CTD-Station wurde gleichzeitig die neue Spulvorrichtung 2 getestet. Dabei zeigte sich, daß der Umschaltvorgang in der Spulrichtung vom Fieren zum Hieven nur durch manuellen Eingriff initialisiert werden konnte.

Am 7. und 8.10.86 wurden von KAE präzise Geräuschpegelmessungen durchgeführt. Es wurden 40 - 44 db gemessen. Fahrtabhängigkeiten oder systematische Einflüsse wurden nicht festgestellt. Der Eckwert von max. 44 db liegt innerhalb der vorgegebenen Spezifikation von 50 db/ μP . Ausgehend von den akustischen Bedingungen ist die Einsatzfähigkeit der METEOR als Vermessungsschiff damit gewährleistet.

Die Tests und Erprobungen dieser ersten Tage hatten gezeigt, daß eine wesentliche Ursache für die Luftblasenbildung in den oberen Omnithrusteröffnungen zu suchen ist. Um möglichst gute Voraussetzungen zum weiteren Test der HYDROSWEEP-Anlage zu schaffen, wurde daher entschieden, nach Brest zu versegeln und dort diese Öffnungen mit Stahlplatten zu verschließen.

Während der Fahrt nach Brest wurde erneut der Kontinentalhang überfahren und mit HYDROSWEEP vermessen. Die Ergebnisse waren beeindruckend, der gesamte Kontinentalhang konnte bei Fahrtgeschwindigkeiten von 12 und 6 Knoten mit dem vollen HYDROSWEEP-Fächer erfaßt und detailliert vermessen werden.

Am 9.10.86 um 09:30 Uhr wurde Brest erreicht. Die Marine Brest wurde über die Änderung der Fahrtplanung unterrichtet. In Brest wurden die Herren Abich und Krüger ausgeschifft.

Nach Beendigung der Schweißarbeiten lief METEOR am 10.10.86 um 01:06 von Brest in Richtung Lokation 1 aus. Bei der Überfahrt über den Schelfrand wurden an der Lokation 0 weitere HYDROSWEEP-Vermessungen durchgeführt und Vergleiche mit den ersten Vermessungen gemacht.

Am 10.10.86 um 14:00 UTC wurde entsprechend dem Erprobungsplan die HYDROSWEEP-Vermessung an der Lokation 1 durchgeführt. Die Navigation erfolgte mit GPS und INS. Erneut wurden Luftblasen unter dem Schiffsboden festgestellt. Es herrschte eine ausgereifte lange Dünung vor. Die dadurch erzeugten Stampfbewegungen des Schiffes tragen einen wesentlichen Anteil zur Bildung eines Luft-Wasser-Gemisches bei, das dann unter das Schiff gezogen wird und die Messungen empfindlich stört.

Zwischen den GPS-Fenstern wurden Erprobungen mit den Winden 3 und 9 durchgeführt.

Am 11.10.86 wurde die Lokation 2A auf $45^{\circ} 43.0' N$ und $04^{\circ} 28.0' W$ erreicht. Mit den Messungen an dieser Lokation sollte an einem gleichmäßigen Schräghang die erzielbare Genauigkeit in Abhängigkeit von der Geländeneigung und der Fahrtrichtung untersucht werden. Hierzu wurde ein Kreuzprofil gefahren, mit Fahrtrichtungen parallel zu den Isobathen und senkrecht dazu. Zur Überprüfung der Richtungsabhängigkeit wurden beide Profile mit entgegengesetzter Richtung durchfahren. Wegen der hohen Anforderung an die Genauigkeit mußte die Navigation des Schiffes mit GPS erfolgen.

Ab 12.10.86 um 09:30 UTC erfolgte die Vermessung der Lokation 2B, ca. 10 sm nordwestlich von 2A. Dieses Gebiet ist ebenso wie die Lokation 2A bereits von der JEAN CHARCOT mit SEABEAM vermessen worden. Da das Arbeitsgebiet bis zum 12.10.86 um 24:00 UTC verlassen werden mußte, wurde das geplante Raster zunächst mit INS vollständig abgefahren. Anschließend erfolgte eine genaue Vermessung mit GPS, wobei die beiden letzten Profile 1011 bis 1415 erneut nur mit der INS vermessen wurden, da GPS nicht mehr zur Verfügung stand.

Bei einem Profilabstand von 2 km und einer mittleren Wassertiefe von 3500 m betrug die Streifenbreite ca. 7000 m. Es war also eine mehr als doppelte Überlappung der Streifen gewährleistet. Die Profile wurden mit unterschiedlicher Schiffsgeschwindigkeit aufgenommen. Mit den hier gewonnenen Daten steht für detaillierte Genauigkeitsüberprüfungen ausgezeichnetes Datenmaterial zur Verfügung.

Die HYDROSWEEP-Vermessungen der Lokation 2B wurden an Bord mit den vorhandenen Post-Processing-Programmen des Instituts für Kartographie, TASH, und SEABONE des Alfred-Wegener-Instituts ausgewertet.

Am 12.10.86 wurde festgestellt, daß die in Brest angeschweißten Stahlplatten an den Omnithrusteröffnungen herausgedrückt worden waren. Um 23:00 UTC versegelte METEOR von der Lokation 2B zum Flachwasser-Testgebiet Lokation 3, Position $49^{\circ} 05.5' N$, $3^{\circ} 57.0' W$. Die Fahrtstrecke betrug etwa 240 Seemeilen. Die Lokation 3 liegt 15 Seemeilen nördlich der Ile de Batz und war uns von der Marine Brest für diese Zwecke zugewiesen worden. Es war vorgesehen, die Flachwassertests mit dem Syledis-System durchzuführen, um höchste Genauigkeit von wenigen Metern in den Positionen zu erreichen. Von der Marine Brest wurde jedoch mitgeteilt, daß für das zugewiesene Gebiet keine Syledis-Ketten vorhanden wären. Deshalb konnte die Navigation nur mit dem INS durchgeführt werden. GPS-Daten wurden, soweit vorhanden, aufgezeichnet. Die Wassertiefe in diesem Gebiet beträgt 80 - 90 m. Als Profilabstand wurde 150 m gewählt, womit theoretisch eine Überdeckung von 10% gewährleistet war. Um zu enge Kurvenfahrten am Ende der 4 km langen Profile zu vermeiden, wurde zunächst jeweils ein Profil übersprungen. Anschließend wurden die Zwischenprofile vermessen. Diese Flachwasservermessungen an der Lokation 3 dauerten vom 14.10.86 01:30 UTC bis um 12:00 UTC. Anschließend lief METEOR erneut nach Brest, wo sie gegen 22:00 UTC festmachte. In Brest gingen folgende Eingeschiffte von Bord: Fr. Becker, Block, Bruns, Freking, Sander, Voss, Ziese, Otten. Eingeschiffte wurden Moussat, Fr. Oesterle und Prof. Schrick.

Am 15.10.86 um 01:00 UTC lief METEOR aus Brest in Richtung Iberische Tiefsee aus, um im NOAMP-Gebiet Vergleichsmessungen zu vorhandenen SEABEAM-Kartierungen durchzuführen. Während der Anreise von etwa 600 sm wurde die HYDROSWEEP-Anlage durch die an Bord verbliebenen KAE-Mitarbeiter mehrfach

Überprüft, wobei die Ausläufer eines stabilen Sturmtiefs südlich von Grönland ständig eine lange ausgereifte Dünung aus westlichen Richtungen bescherten. Gute HYDROSWEEP-Messungen waren daher nicht möglich. Auch bei geringen Windstärken von 3 - 4 waren bei dem zu fahrenden Kurs gegen die Dünung keine Signale vom Meeresboden zu empfangen. Zahlreiche Tests mit Kurs- und Geschwindigkeitsänderungen wurden während dieser Anreise durchgeführt, um eine optimale Fahrtrichtung für HYDROSWEEP-Vermessungen zu bestimmen. Es wurde erneut bestätigt, daß nur dann einwandfreie Signale empfangen werden, wenn die Dünung von der Steuerbordseite oder von Achtern kommt. Andererseits waren aber bei einem Kurs von 180 Grad und einer Dünung aus 320 Grad sogar bei 13 Knoten Fahrt sehr gute HYDROSWEEP-Messungen möglich.

METEOR erreichte die Lokation 4 im NOAMP-Gebiet bei 47° 30' N und 19° 22' W am 17.10.86 um 04:00 UTC. Die Testprofile wurden dort angelegt, wo bereits gute SEABEAM-Messungen von POLARSTERN vorlagen. Markante Meeresbodenstrukturen im Gebiet des sog. "Dreizack", das bereits während der METEOR-Reise Nr. 2 Gegenstand gezielter mariner Untersuchungen war, boten sich als Erprobungsgebiet besonders an. Es war vorgesehen, in zwei Vermessungsabschnitten einmal mit Nord-Süd-Profilen und danach mit Ost-West-Profilen das geplante Gebiet unter bestmöglicher Ausnutzung der GPS-Fenster zu erfassen.

Bei starker Dünung aus 300 Grad zeigte sich jedoch bald, daß die Messungen der nordgehenden Profile nicht nutzbar waren, die südgehenden mit der Dünung von Steuerbordseite ergaben dagegen einwandfreie Werte. Profile wurden zum Teil auch in Ost-West-Richtung mit achterlicher Dünung gefahren. Insgesamt erlaubten es die aktuellen Dünungs- und Windverhältnisse nicht, das Testgebiet in der Iberischen Tiefsee um den "Dreizack" systematisch zu vermessen. Bei ungünstiger werdender Wettersituation wurde deshalb am Vormittag des 19.10.86 die Vermessung abgebrochen und dieses Testgebiet in Richtung Peake Trough verlassen.

Während der Überfahrt konnten bei starker achterlicher Dünung und Windstärken von 5 bis 6 sogar bei einer Fahrtgeschwindigkeit von etwa 12 Knoten gute HYDROSWEEP-Messungen durchgeführt werden.

Am Nachmittag des 19.10.86 erreichte METEOR die Lokation 5, Peake Trough, Position $43^{\circ} 05' N$ und $20^{\circ} 00' W$. Das Gebiet wurde mit Parallelprofilen im Abstand von 8 km vermessen, für spezielle Untersuchungen wurde im westlichen Teil des Peake Trough ein Profilabstand von 4 km gewählt. Die Länge der einzelnen Profile betrug 18 Seemeilen. Die Navigation wurde fast ausschließlich mit GPS durchgeführt. Die Hauptdünungsrichtung von 280° Grad erlaubten HYDROSWEEP-Profile bei einem Kurs von 190° Grad und 9 - 10 kn Geschwindigkeit. Beim Gegenkurs waren die Datenausfälle zu groß, oder es wurde überhaupt kein Signal empfangen. Während des Gegenkurses wurden daher zeitweise PARASOUND-Messungen durchgeführt, die sonst die HYDROSWEEP-Messungen störten. Diese Messungen waren im Zentralbereich des Grabens teilweise von sehr guter Qualität.

Zur Aufnahmeverdichtung und um die Leistungsfähigkeit von HYDROSWEEP bei großen Geländeneigungen und Wassertiefen weiter zu testen, wurden zwischen den GPS-Fenstern ergänzend zusätzliche Profile unter alleiniger INS-Navigation angelegt. Der Zentralbereich des Peake Deep wurde auf diese Weise flächendeckend vermessen, davon im westlichen Teil mit doppelter Überdeckung.

Aufgrund der sich verschlechternden Wetterverhältnisse wurden die Vermessungen am 22.10.86 um 09:00 UTC beendet und Kurs auf Lissabon genommen. Während der Rückfahrt wurden zusätzlich zwei kleinere Seamounts vermessen. Der erste Seamount bei Lokation 6 bei $40^{\circ} 45' N$ und $14^{\circ} 45' W$ wurde teilweise mit GPS am 23.10.86 vermessen, der zweite am 24.10.86 auf der Position $40^{\circ} 30' N$ und $14^{\circ} 00' W$. Beide Vermessungen zeigten erneut, daß HYDROSWEEP-Vermessungen bei einer langen ausgereiften Dünung wegen der Luftblasen nur in einer Richtung erfolgen können.

Während der Reise wurden auf dem VAX-Rechner Programme für statistische Untersuchungen der HYDROSWEEP-Messungen entwickelt. Erste Ergebnisse hierzu bestätigen den vom Hersteller angegebenen inneren Fehler des Systems von ± 10 m in der Tiefsee.

2.4 Vorläufige Ergebnisse

2.4.1 HYDROSWEEP-Erprobung

Da mit der VAX 11/730 des IfM Kiel während der Expedition ein wissenschaftlicher Bordrechner zur Verfügung stand, konnten noch während der Reise vorläufige Ergebnisse erzielt werden, die im wissenschaftlichen Fahrtbericht zusammengefaßt sind. Der Ablauf von Messung und Auswertung der Daten ist in der Abb. 2.1 dargestellt. Als Grundlage für das Post-Processing der HYDROSWEEP-Daten wurden die SEABEAM-Auswerteprogramme des Alfred-Wegener-Instituts verwendet (SCHENKE u. ULRICH 1986).

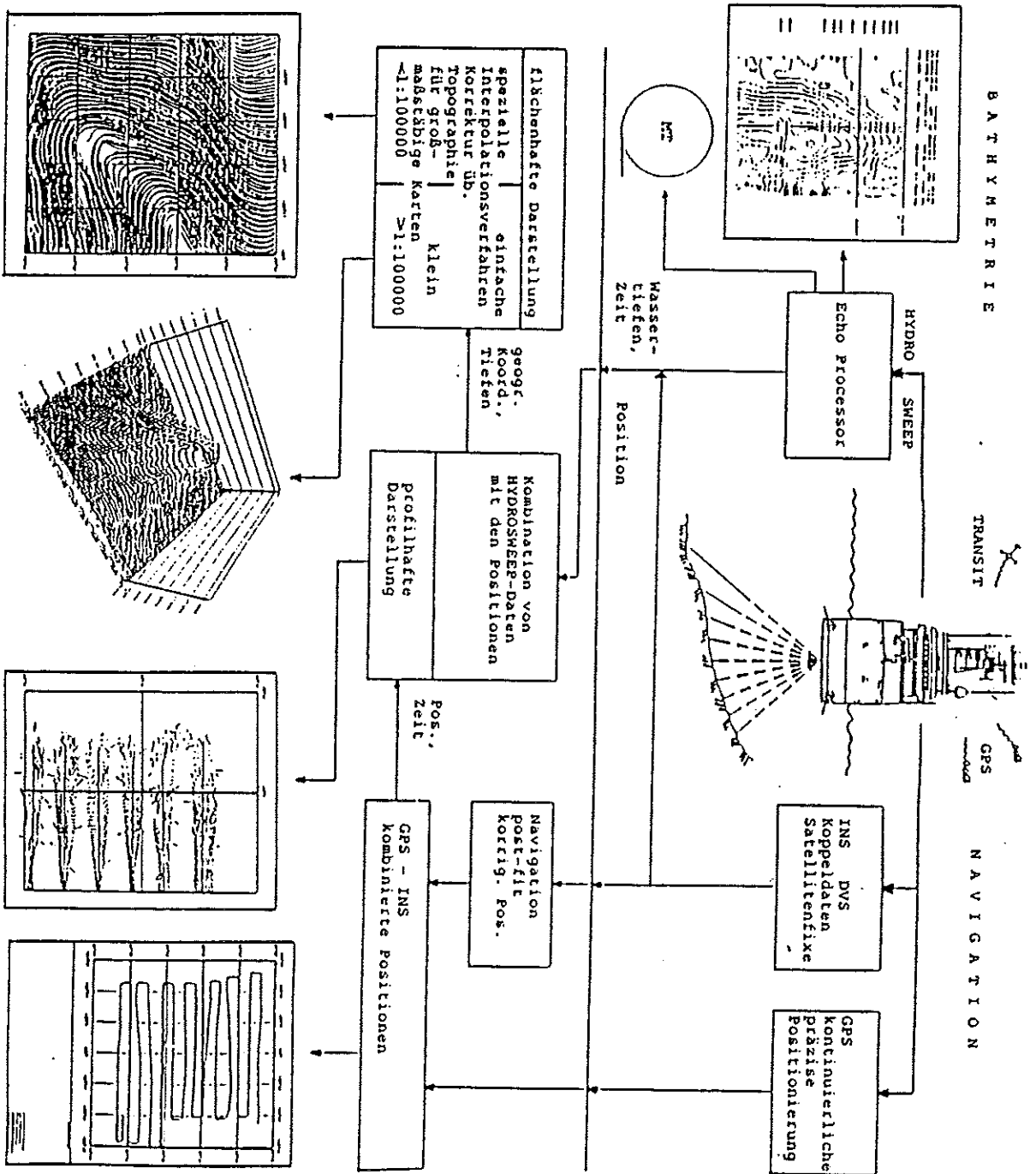
Im Rahmen der Vorbereitung wurden Anpassungsprogramme für die Verarbeitung der HYDROSWEEP-Daten und der Navigationsdaten aus der INS entwickelt. Um eine Überprüfung der Auswertemodelle zu ermöglichen, wurden die Programme TASH der Universität Hannover (KRUSE 1987) und SEABONE des Alfred-Wegener-Instituts zur Berechnung der digitalen Geländemodelle (DGM) und der Isolien verwendet.

Die an Bord begonnenen und im Rahmen des Post-Processing fortgesetzten Auswertungen und Untersuchungen umfassen bisher im wesentlichen folgende Untersuchungen:

1. Berechnung des Meßrauschens und damit der inneren Genauigkeit der HYDROSWEEP-Messungen.
2. Berechnung eines digitalen Geländemodells aus den HYDROSWEEP-Messungen und Vergleich mit vorhandenen SEABEAM-Vermessungen.
3. Überprüfung der Genauigkeit einzelner HYDROSWEEP-Streifen bei großer Überlappung der Streifen.

Zu 1.: Die Längsüberdeckung aufeinanderfolgender HYDROSWEEP-Messungen beträgt bei einer Wassertiefe von 4000 m, einer Schiffsgeschwindigkeit von 10 Knoten und einer Meßfolge von 13 Sekunden etwa 58%. Um ein Maß für das Meßrauschen aller 59 Beams angeben zu können, wurde nach einer Trendabspaltung mittels Regressionsgeraden durch 10 Meßepochen die Streuung für einzelne Beams berechnet. Eine

Abb. 2.1: Auswerteverfahren der HYDROSWEEP-Messungen an Bord und an Land



detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich in HÖLTJE (1987). Die Berechnungen der Standardabweichungen wurden für die Flachwasservermessung der Lokation 3 und für einige Profile der Lokation 2B durchgeführt. Das Ergebnis der Flachwasservermessung zeigt Standardabweichungen von etwa ± 1 m im Zentralbereich des Sonarfächers (Abb. 2.2), nach außen steigen die Standardabweichungen auf etwa ± 1 bis 2 m.

Im Bereich der Lokation 2B wurden die Profile 3 und 5 untersucht (Abb. 2.3). Der Vergleich zwischen den Profilen zeigt, daß die Standardabweichungen beim Profil 5, das kleinere Tiefenanomalien aufweist, geringfügig niedriger sind. Die Werte für die Standardabweichungen liegen bis zum Beam 15 deutlich unter ± 10 m.

Die berechneten Standardabweichungen zeigen bei allen Profilen eine Systematik. Sofern keine groben Meßfehler in den Daten vorhanden sind, nimmt das Meßrauschen, wie zu erwarten, vom Zentralbeam zu den äußeren Beams zu. Die Ursache hierfür liegt in den geometrischen Verhältnissen und in den physikalischen Eigenschaften des Mediums Wasser und des Meeresbodens. Es wurde festgestellt, daß das Ansteigen des Meßrauschen nach außen bei HYDROSWEEP-Messungen kleiner ist als bei SEABEAM-Messungen. Die berechneten Standardabweichungen für die Lokation 2B bei max. 4000 m Wassertiefe liegen etwa bei ± 15 m. Sie sind damit etwa halb so groß wie die vom Hersteller angegebene innere Genauigkeit über den gesamten Fächer von 1% der Wassertiefe.

Zu 2.: Vollständige Auswertungen und detaillierte Untersuchungen im Post-Processing wurden bisher nur mit den Messungen der Lokation 2B durchgeführt, da von diesem Testgebiet umfassendes Datenmaterial vorliegt und die Meßwerte nicht durch die Luftblasenunterziehungen gestört sind. Vorläufige Auswertungen und Vergleiche liegen von den Lokationen 2A, 4 und 5 vor. Die HYDROSWEEP-Daten dieser Messungen müssen durch einen sehr zeitaufwendigen Bearbeitungsprozess von groben Meßfehlern bereinigt werden. Weitere Testprofile wurden am Kontinentalhang an der Lokation 0 und in der Tiefsee-Ebene an der Lokation 1 angelegt. Diese Testprofile konnten jedoch wegen notwendiger Kalibrierungsarbeiten an der HYDROSWEEP-Anlage zeitweise nicht vollständig durchgemessen werden.

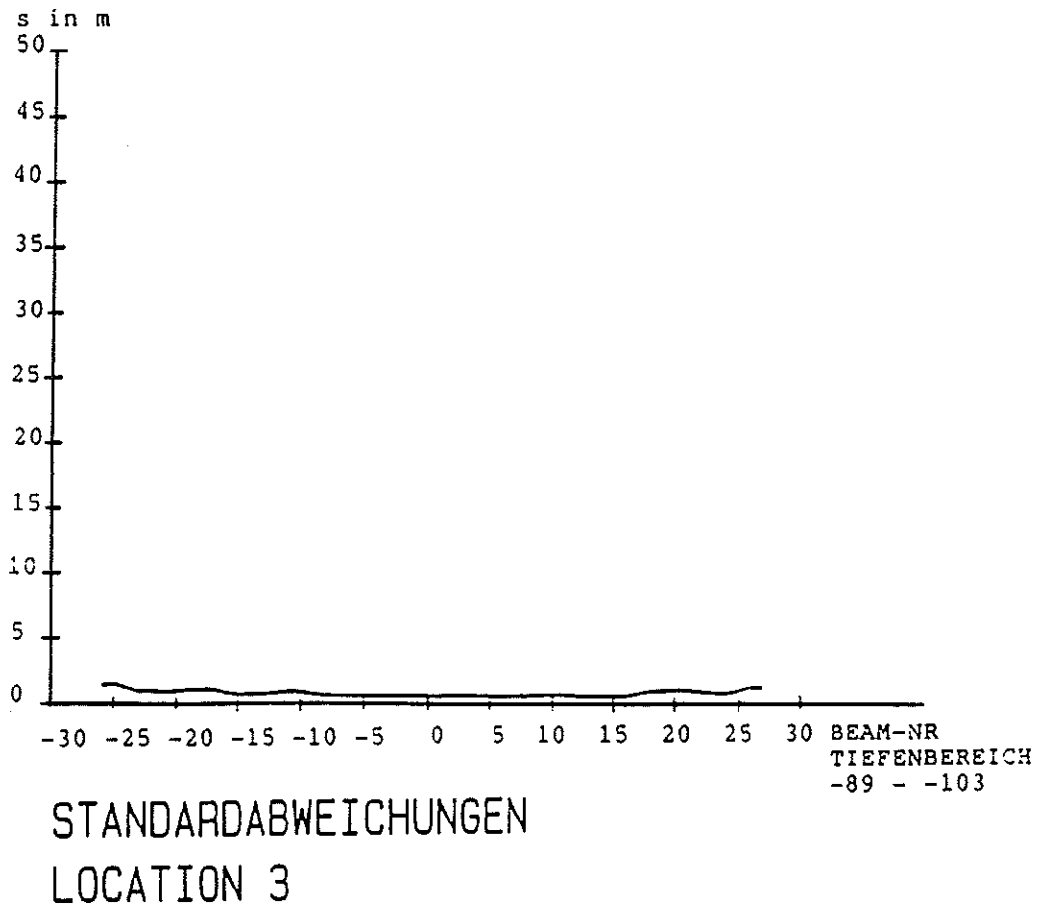
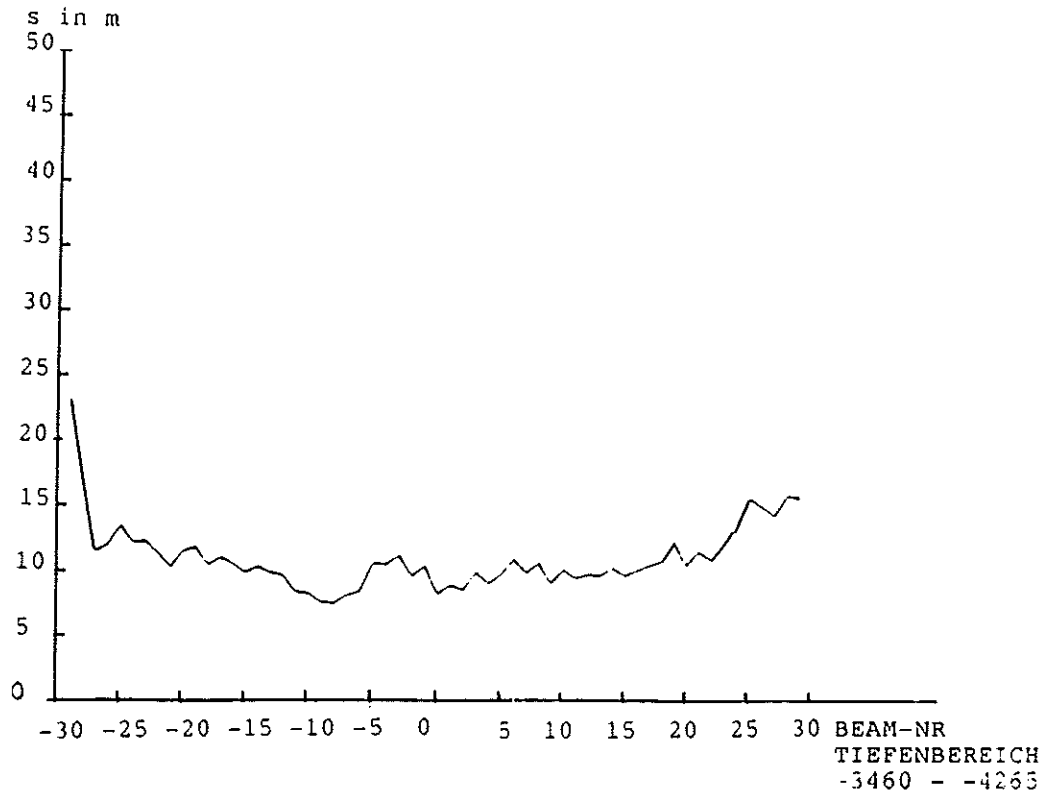
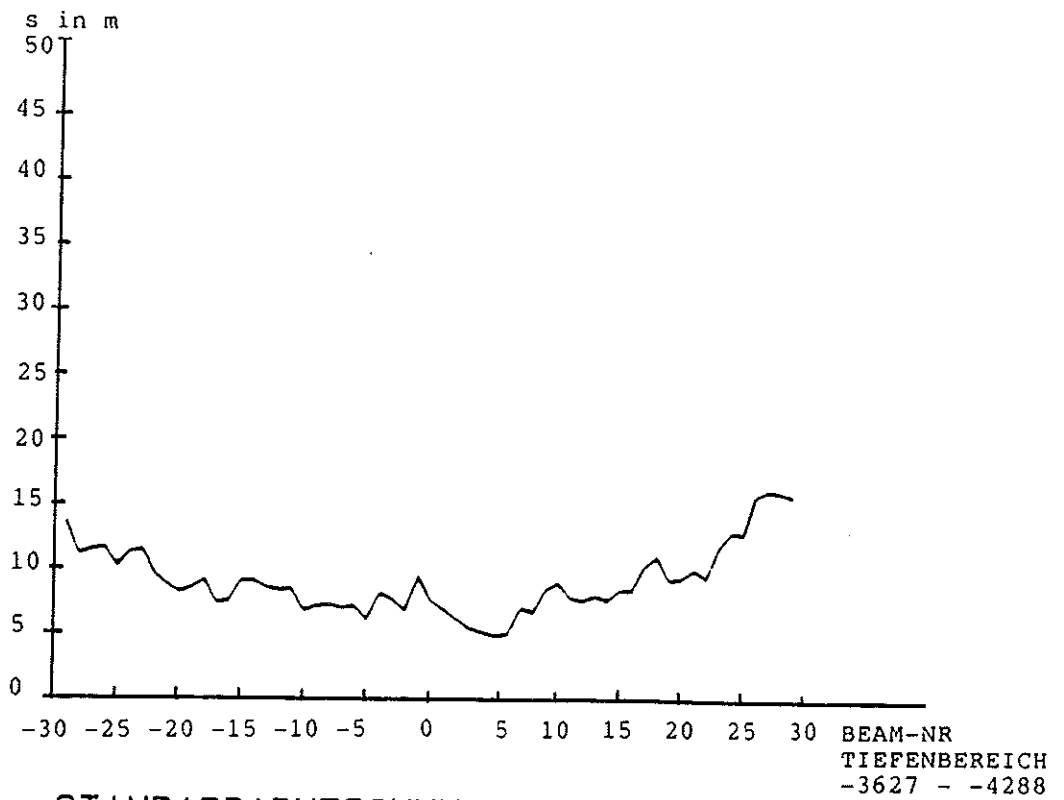


Abb.2.2: Standardabweichungen der Flachwasservermessungen an der Location 3 (aus Höltje 1987)



STANDARDABWEICHUNGEN 3-3
LOCATION 2B



STANDARDABWEICHUNGEN 3-5
LOCATION 2B

Abb.2.3: Standardabweichungen an der Location 2B
Profil 3 und Profil 5 (aus Höltje 1987)

Funktionsbeschreibungen und Bedienungsanleitungen zur HYDROSWEEP-Anlage finden sich in Handbüchern (OCEAN CONSULT, 1986; KRUPP ATLAS, 1986) und im wissenschaftlichen Fahrtbericht M4/1 (SCHENKE, 1986). Neben der farbigen Höhenschichtliniendarstellung und der Querprofil-darstellung der Messergebnisse der HYDROSWEEP-Anlage auf der System-konsole erfolgt eine on-line-Herstellung einer Isolinienkarte auf einem Pixeldrucker. Zur Berechnung der Isolinien werden aus gefilter-ten Daten zweier Fächermessungen durch Interpolation Höhenlinien und Gefällerrichtungen errechnet. Diese on-line-Isolinienkarte dient zu-nächst zur Überprüfung der Datenqualität; sie wird aber auch als er-ste Arbeitskarte Verwendung finden. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß weder Richtungs- noch Positionskorrekturen angebracht sind. Die Abb. 2.4 enthält einen on-line-Plot des Profils 5 der Lokation 2B. Der Isolinienabstand beträgt 50 m. Trotzdem sind feinere Oberflächenstrukturen gut zu erkennen. Die Auswertung im Post-Processing wurde hauptsächlich mit dem Programm TASH (KRUSE, 1987) durchgeführt. Zur Überprüfung der HYDROSWEEP-Messungen stand eine bathymetrische Karte 1:100 000, basierend auf SEABEAM-Vermessungen der JEAN CHARCOT vom IFREMER, zur Verfügung (IFREMER, 1982). Die Abb. 2.5 enthält einen Ausschnitt dieser Karte mit dem Testgebiet der Lokation 2B. Die Lokation 2A befindet sich ebenfalls im Bereich dieser Karte.

Da auch nach einer Verbesserung der Positionsdaten der Integrierten Navigationsanlage noch Fehler von teilweise mehreren hundert Metern festgestellt wurden, erfolgte die Berechnung des digitalen Gelände-modells ausschließlich mit GPS-Positionsdaten. Ein Ergebnis dieser Auswertungen enthält die Abb. 2.6. Der Vergleich zwischen den erzielten Ergebnissen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung in der morphologischen Struktur des Testgebietes. Ein direkter Vergleich zwischen digitalen Geländemodellen ist nicht möglich, da die SEABEAM-Karte nicht als DGM zur Verfügung steht. Es ist jedoch fest-zustellen, daß die Auswertung der HYDROSWEEP-Vermessung mit dem TASH-Programm mehr Detailinformationen der Meeresbodentopographie liefert als die SEABEAM-Vermessung.

TIME 19:14:46 HMS UTC POSITION LAT 045:50.253 N HEADG 67.2 DEG
DATE 12:10:86 DMY UTC WGS72 LON 004:40.509 W SPEED 8.9 KT
CRUISE METEOR M4 STATION LOC. 2 B TRACK NR. 0607 ANNOTAT. MAN.
SCALE ACROSS 9000.0 M AHEAD 9000.0 M INC.ISOLINE 50 M FILTER FULL

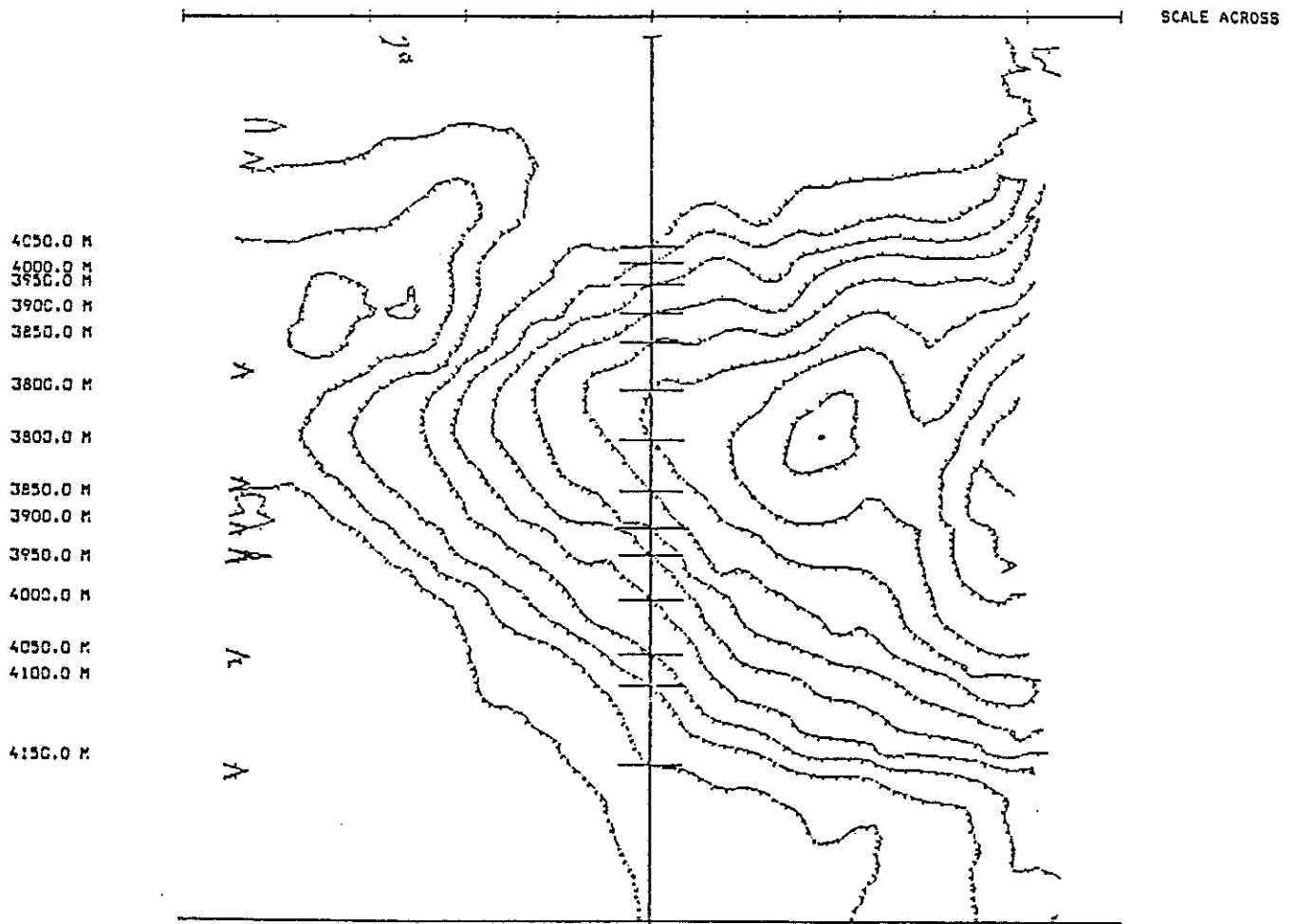


Abb.2.4: On-line-Plot der HYDROSWEEP-Messung

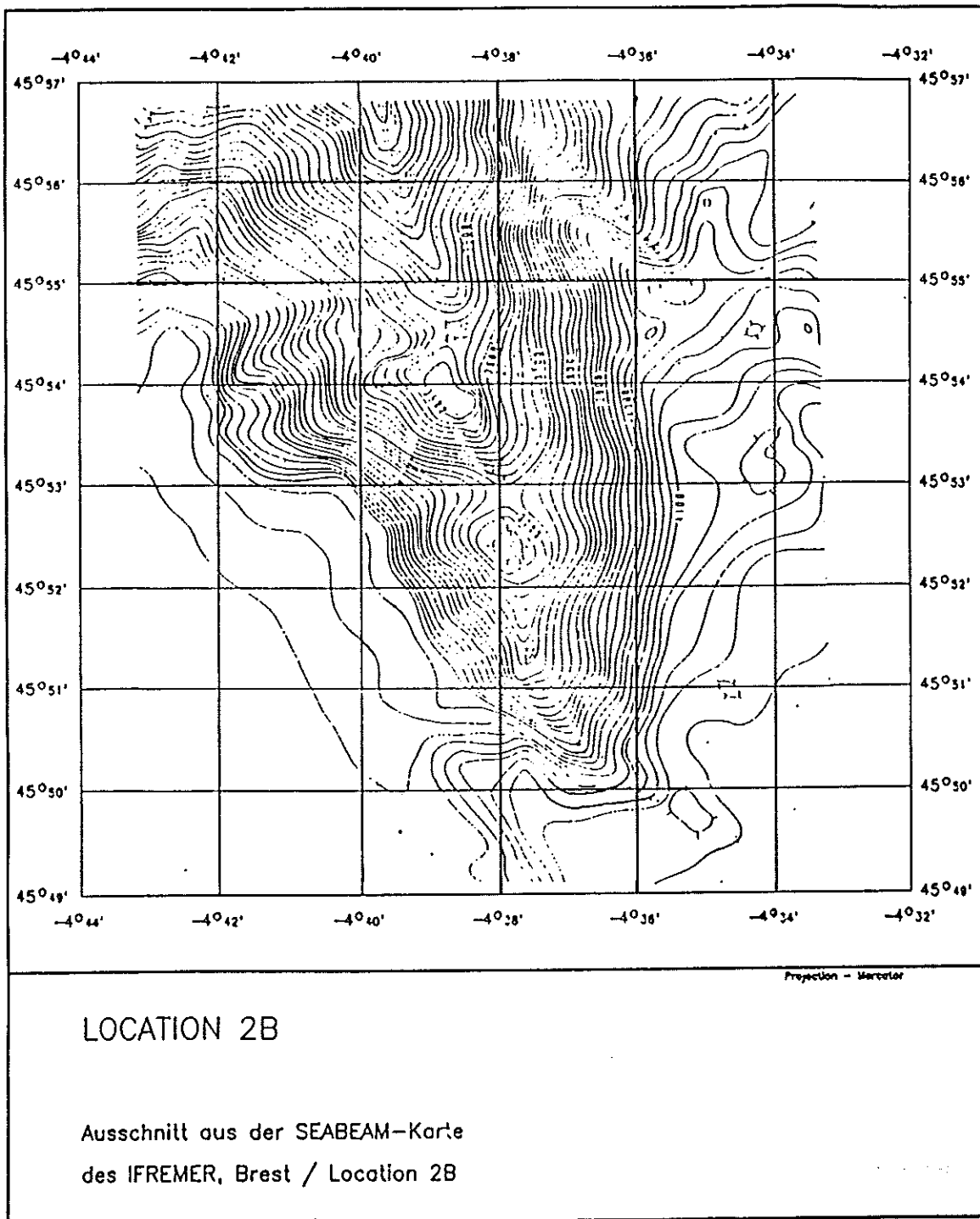


Abb.2.5: Ausschnitt der SEABEAM-Vermessung der JEAN CHARCOT, Isolinienabstand 20m.

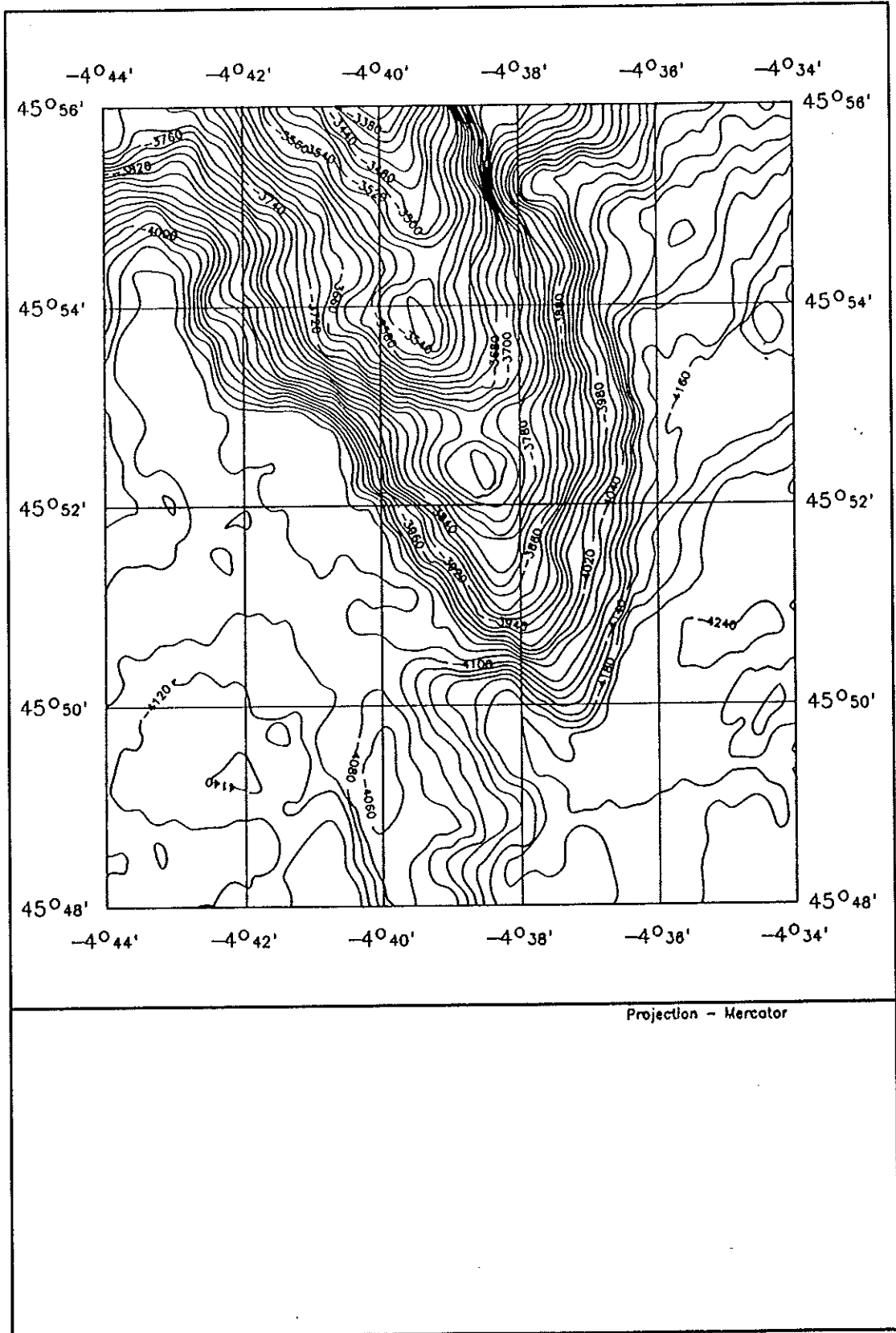


Abb.2.6: Location 2B / Isolinienauswertung der HYDROSWEEP-Vermessung mit TASH, Isolinienabstand 20 m.

Das NOAMP-Gebiet in der Iberischen Tiefsee bietet aufgrund der seit 1983 durchgeführten flächenhaften SEABEAM-Vermessungen sehr gute Möglichkeiten zur Überprüfung der HYDROSWEEP-Anlage. Wegen der besonders für HYDROSWEEP-Messungen schlechten Wetterverhältnisse während dieses Fahrtabschnittes konnte nur ein sehr kleines Gebiet vermessen werden (SCHENKE, 1986).

Die bisher im Bereich der Lokation 4 in der Iberischen Tiefsee erfolgten Auswertungen am sog. "Dreizack" des NOAMP-Gebietes zeigen gute Übereinstimmungen. Jedoch müssen auch hier noch weitere Bereinigungen der HYDROSWEEP-Daten erfolgen, so daß noch keine endgültige Aussagen gemacht werden können. Um zuverlässige Angaben über die Genauigkeit im Vergleich zu SEABEAM-Messungen machen zu können, ist es notwendig, die SEABEAM-Rohdaten der POLARSTERN mit den gleichen Programmen, mit denen die HYDROSWEEP-Messungen ausgewertet wurden, zu prozessieren. Die Auswertungen der SEABEAM-Messungen wurden von der Firma PREUSSAG durchgeführt. Es stehen bisher nur Karten 1:50 000 mit sehr stark geglätteten Isobathen zur Verfügung. Ein Beispiel hierzu ist den Abbildungen 2.7 (SEABEAM-Auswertung) und 2.8 (HYDROSWEEP-Auswertung) zu entnehmen. Die Auswertung der SEABEAM-Vermessung enthält wegen der starken Glättung weitaus weniger Detailinformationen als die HYDROSWEEP-Karte (Abb. 2.8). Besonders die markante Form der Nordwest-Seite des Seamounts ist bei der SEABEAM-Vermessung, obgleich sie in den Rohdaten vorhanden ist, nicht zu erkennen. Dieser Vergleich zeigt, daß es notwendig ist, die SEABEAM- und die HYDROSWEEP-Messungen mit gleichen Programmen und gleichen Modellparametern auszuwerten. Letzteres wird nicht immer möglich sein, da die Anzahl der Messungen und die Größe der Flächenelemente verschieden sind.

Zu 3.: Der unter 1. festgestellte Genauigkeitsverlust in den äußeren Beams zeigt sich auch bei der Berechnung der Isolinien. Es wurden daher spezielle Untersuchungen mit den Profilen 1, 2 und 3 durchgeführt, da sie große Überlappungen aufweisen. Die Abb. 2.10 enthält einen Ausschnitt aus dem inneren Bereich des Profils 3. Dieser Ausschnitt liegt im Randbereich des Profils 1 und im mittleren Bereich des Profils 2. Der Vergleich dieser drei Profile zeigt große Lagefehler in den Isolinien des Profils 1. Sie betragen teilweise einige hundert Meter.

Es muß daher untersucht werden, inwieweit diese Genauigkeitsverluste bei der Herstellung großmaßstäblicher Karten 1:25 000 oder 1:50 000 zu so fehlerhaften Isolinienberechnungen führen, daß die Messungen der äußeren Beams eliminiert werden müssen.

Aus den mit GPS vermessenen Profilen der Lokation 2B (Abb. 2.9) wurde mit den unter 2. ermittelten optimalen Parametern ein Soll-DGM ermittelt, mit dem die einzelnen Profile verglichen wurden. Hierdurch können Aussagen über die Genauigkeit der einzelnen HYDROSWEEP-Messungen getroffen werden. Im Rahmen der Genauigkeitsuntersuchungen wurden Vergleiche zwischen dem Soll-DGM und den einzelnen gemessenen Tiefenpunkten in jedem Profil durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten für alle Profile, also auch für die nur mit INS gefahrenen. Für die GPS-Positionen kann eine Genauigkeit von ca. +/- 20 bis 30m erwartet werden, bei der Navigation nur mit INS muß bei einem gradlinigem Kurs von einer Positionsgenauigkeit von +/- 100 bis 150 m ausgegangen werden. Die Messungen eines jeden HYDROSWEEP-Streifens wurden mit den entsprechenden Rasterhöhen des Soll-DGM verglichen. Die Abweichungen ergeben einen empirischen Wert für die absolute Genauigkeit. In jedem untersuchten Profil wurden etwa 8000 Punkte verglichen. Folgende mittlere Abweichungen wurden berechnet:

- für Tiefenmessungen mit GPS-Positionen +/- 20 m
- für Tiefenmessungen mit INS Positionen +/- 33 m.

Auch diese Genauigkeitsuntersuchungen zeigen, daß die HYDROSWEEP-Messungen ohne Ausnahme im Bereich der vom Hersteller angegebenen Meßfehler liegen.

Die bisher erzielten Ergebnisse und Untersuchungen zeigen, daß das HYDROSWEEP-System in der Lage ist, den Meeresboden weitgehend unabhängig von Struktur und Morphologie mit dem gesamten Sonarfächer bis zu einer Tiefe von 6 000 m kontinuierlich zu vermessen. Hierzu ist es jedoch notwendig, die immer noch zeitweise unter dem Schiffsboden auftretenden Luftblasenschleier von den Wandlerfenstern fernzuhalten oder weitgehend zu reduzieren. In welchem Umfang die äußeren Beams des Fächers zur Berechnung ei-

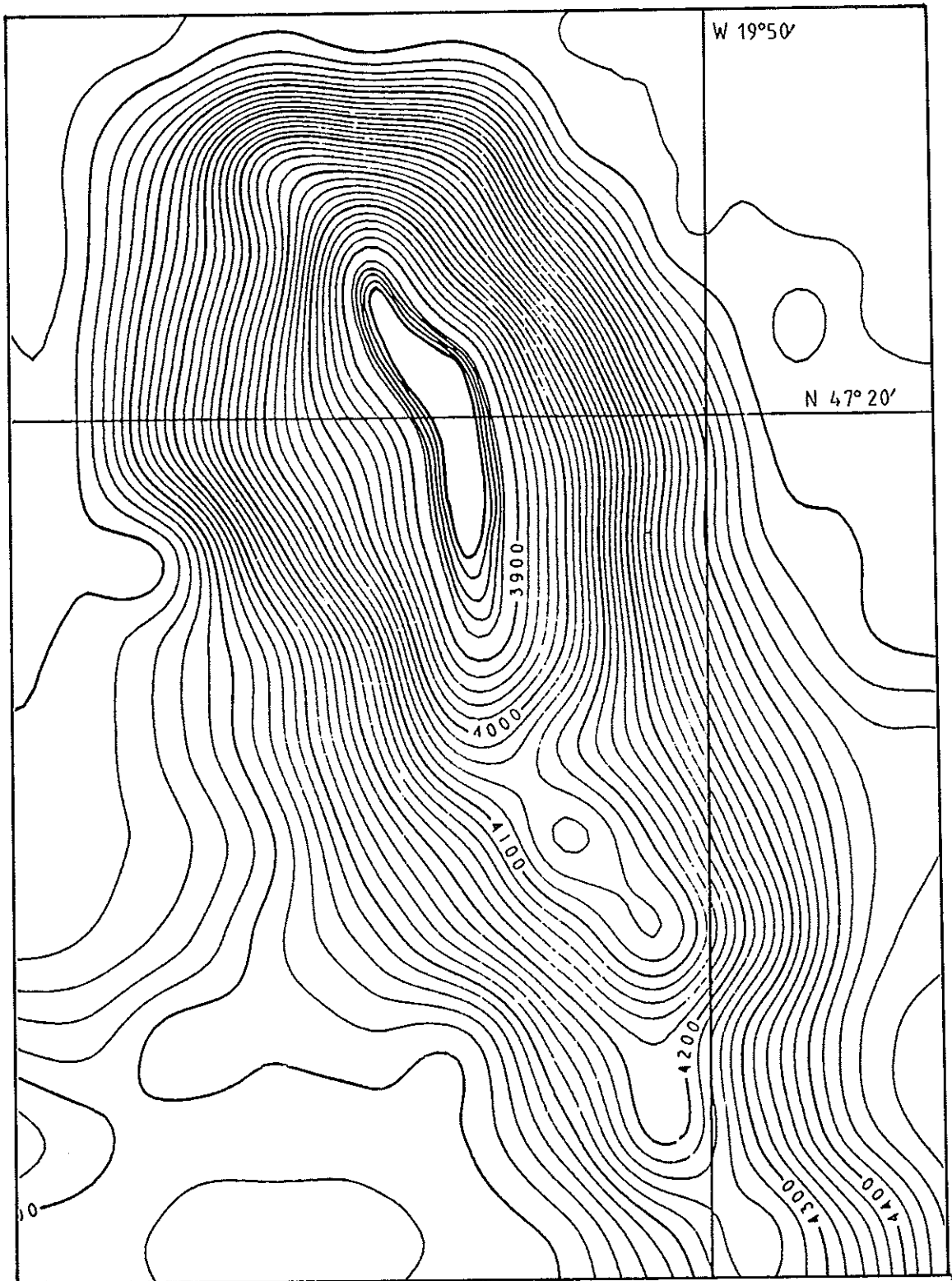


Abb.2.7: Isolinienauswertung der SEABEAM-Vermessung von Testgebiet Location 4/Iberische Tiefsee, Isolinienabstand 20 m.

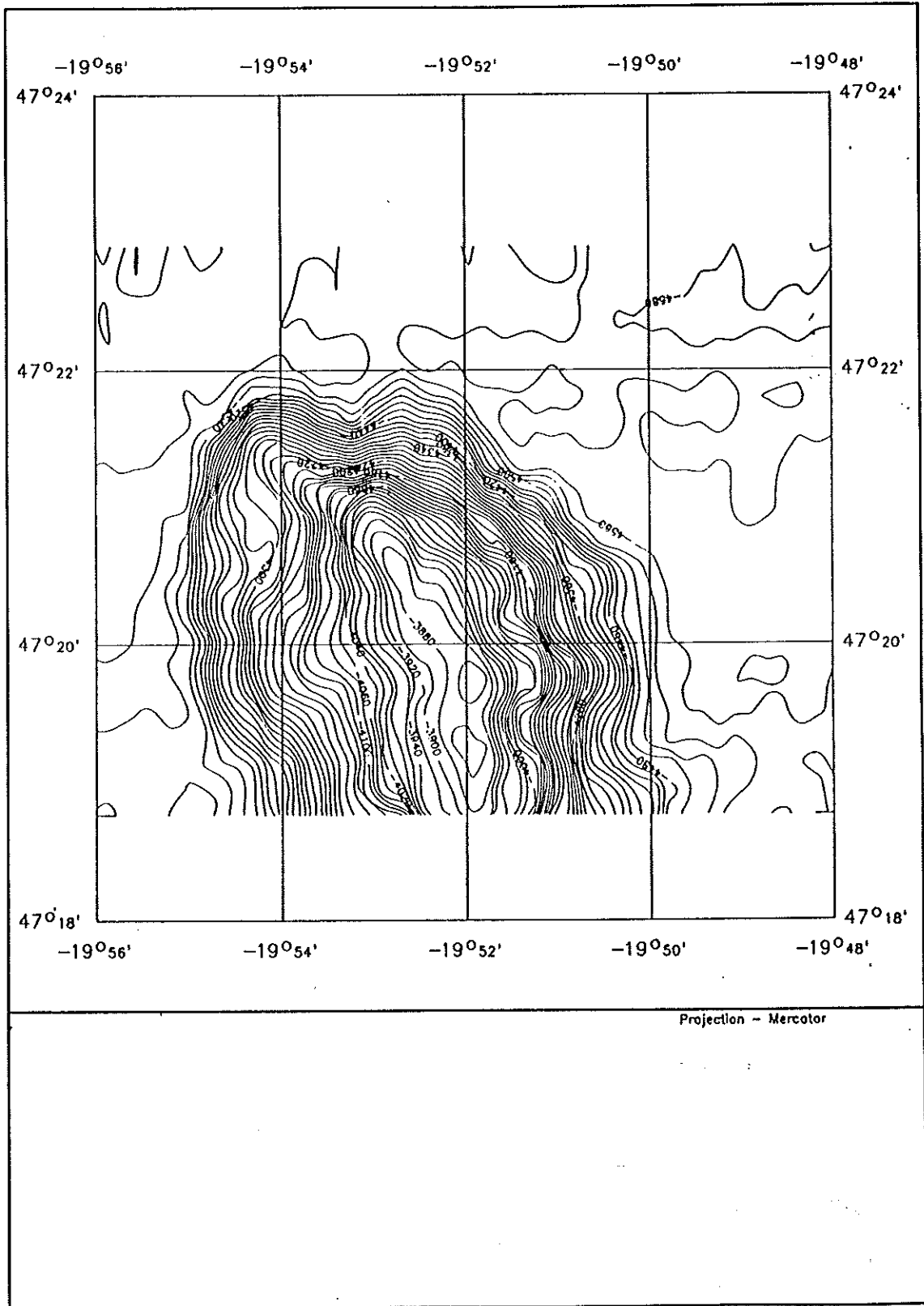


Abb.2.8: Isolinienauswertung der HYDROSWEEP-Vermessung von Testgebiet Location 4/Iberische Tiefsee, Isolinienabstand 20 m.

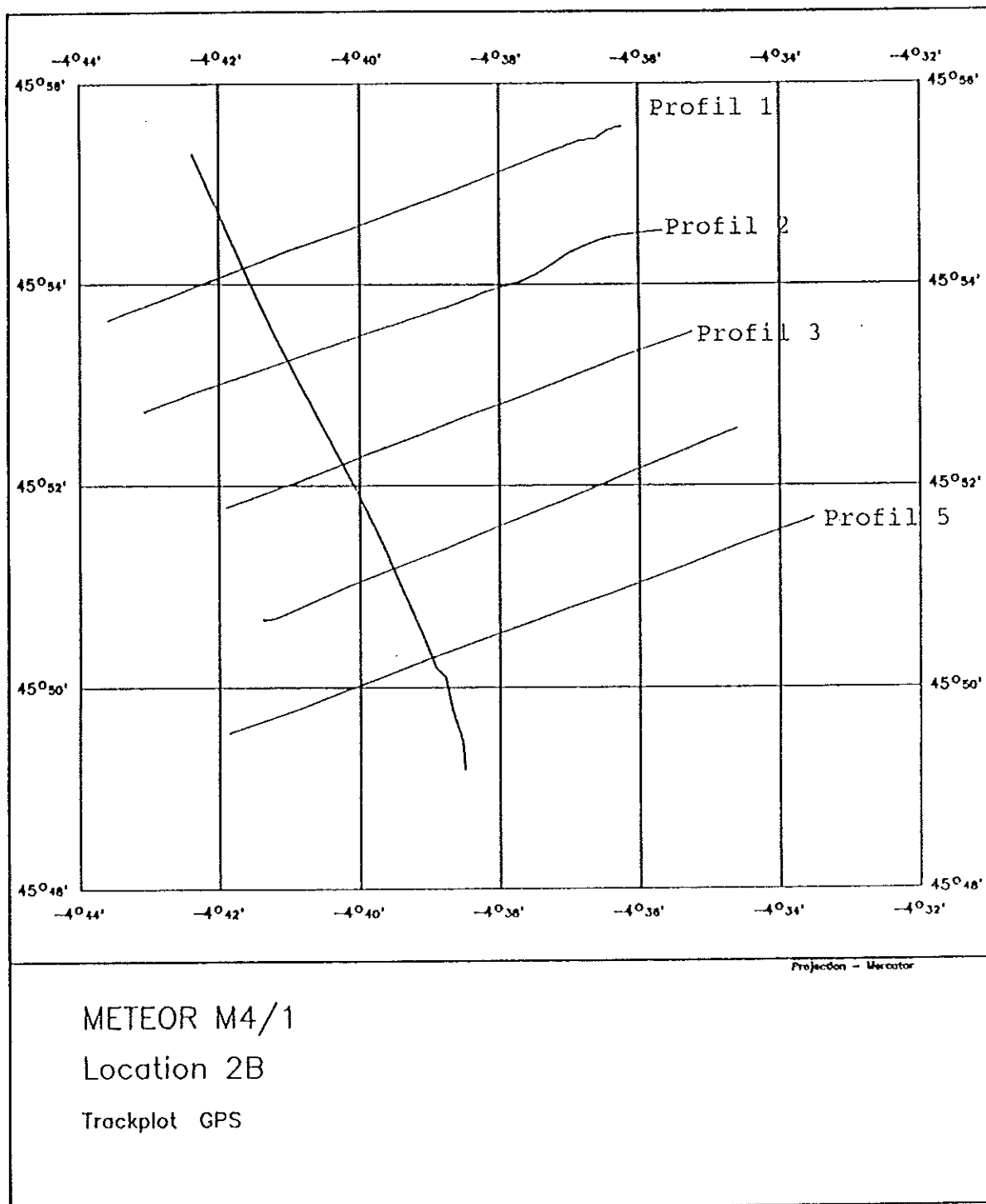


Abb.2.9: Mit GPS vermessene HYDROSWEEP-Profile für die Erprobung

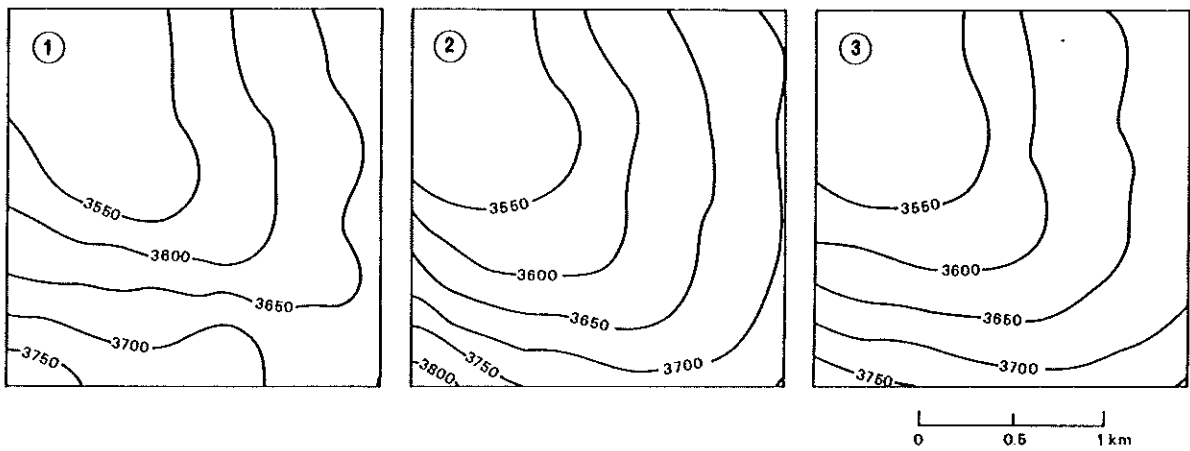


Abb. 2.10: Ergebnisse des digitalen Geländemodells (DGM) im zentralen Bereich des Profils 3 unter Benutzung der überlappenden Bereiche von Profil 1 (links), 2 (Mitte) und 3 (rechts). Lage der Profile s. Abb. 2.9.

nes digitalen Geländemodells für großmaßstäbige Karten verwendet werden können, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Ebenso muß die Datenzuverlässigkeit und Qualität bei größeren Wassertiefen sorgfältig analysiert werden, wobei der Einfluß ungünstiger Dünungsverhältnisse berücksichtigt werden muß.

2.4.2 Navigation

Um die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der HYDROSWEEP-Anlage sinnvoll überprüfen zu können, müßte die Möglichkeit bestehen, Wiederholungsmessungen auf vorgegebenen Profilen durchzuführen. Das ist mit herkömmlichen integrierten Navigationsanlagen, wie sie mit der INS auf der METEOR genutzt wird, nicht möglich, da auf hoher See mit den TRANSIT-Satellitenfixen nur etwa stündlich ein quasi-wahrer Ort bestimmt werden kann. Aus diesem Grunde wurden für die Erprobungsfahrt GPS-Empfänger eingesetzt, die es ermöglichen, zumindestens während 11 bis 12 Stunden am Tag, aufgeteilt in zwei Meßfenster, eine kontinuierliche präzise Navigation des Schiffes mit einer absoluten Genauigkeit von etwa +/- 20 bis 30 m durchzuführen.

Es wurden zwei P-Code Navigationsempfänger des Typs Texas Instruments TI 4100 eingesetzt. Bei Verfügbarkeit von GPS-Satelliten erfolgte das Abfahren der vorgegebenen Profile mit GPS mit Hilfe eines Navigationsprogramms des Instituts für Erdmessung der Universität Hannover. Die tägliche Beobachtungsdauer betrug etwa 13 - 14 Stunden, wobei Messungen zu vier, drei und zwei Satelliten mittels Stützung über ein Rubidium-Normal möglich waren. Die eingesetzten GPS-Empfänger des Typs TI 4100 erwiesen sich als äußerst zuverlässig. Die Aufzeichnung der Positionskordinaten erfolgte auf der VAX 11/730 und auf einem HP 200. Die Hauptaufgaben der Navigationsgruppe lagen im Betrieb und in der Überwachung der GPS-Empfänger, sowie in der Vor- und Nachbereitung der Navigationsplanung. Während der Profilmfahrten waren folgende Arbeiten notwendig:

- Sicherung der Rohdaten auf den Plattendateien der VAX und des HP-Rechners
- Erzeugung einer Positionsdatei zur Erstellung eines on-line Trackplots
- Ausgabe von Zeit und Position an die HYDROSWEEP-Anlage nach Filterung
- Anzeige von Zeit, Ort, Geschwindigkeit, Profilabstand und Wegpunkte auf einem Brückenmonitor zur Schiffsführung.

Es zeigte sich, daß es nur mit GPS möglich war, vorgegebene Profile mehrfach mit hoher Genauigkeit zu durchfahren. Beispiele hierzu sind Profilfahrten der Lokationen 2A und 2B. Die Koordinaten der GPS-Navigation wurden nach einer Glättung direkt in den HYDROSWEEP-Datensatz eingespeist, so daß eine sofortige Auswertung nach Beendigung der Profilfahrt möglich war. Aus diesem Grund konnte ohne aufwendige Datenbereinigung eine sofortige Auswertung der HYDROSWEEP-Messungen an Bord erfolgen.

Ein weiteres Ziel der Schiffsführung mit GPS war es, die Leistungsfähigkeit der INS zu überprüfen. Es zeigte sich sehr schnell, daß, sobald GPS zur Verfügung stand, die nautische Schiffsführung mit dem Navigationsprogramm des GPS-Systems operierte. Hierzu wurde als Hilfsmittel ein Monitor mit Navigationsinformationen auf der Brücke installiert. Das Abfahren vorgegebener Profile wurde wesentlich verbessert. Ein Vergleich zwischen den Koppelpositionen der INS und den GPS-Positionen ist in der Abb. 2.11 enthalten.

2.4.3 PARASOUND

Im Verlauf der Expedition ergab sich mehrfach die Gelegenheit zwischen den Testgebieten und auch während der HYDROSWEEP-Messungen, die nach der METEOR-Fahrt M1 (HEINRICH, 1986) modifizierte PARASOUND-Anlage zu testen. Ein umfassender Erprobungsbericht sowie eine Anleitung zum Betrieb der Anlage sind von Herrn Dr. H.R. Kudraß von der BGR in Hannover angefertigt worden. Sie sind Bestandteil des wissenschaftlichen Fahrtberichts (Schenke, 1986).

Die PARASOUND-Anlage wurde während des ersten Teils des Abschnitts M4/1 auf der Fahrt von Kiel nach Brest für den Tiefsee-Einsatz um einen Pilottonbetrieb erweitert. Bei dieser Betriebsart folgen auf einem 18 kHz Pilotton, mit dem die Wassertiefe ermittelt wird, im Abstand von etwa 400 ms parametrische Meßsignale, deren zeitliche Abstände mit größerer Wassertiefe zunehmen. Bei 2000 m sind es 2 Signale und bei 5000 m bereits 12. Das Verfahren dient in der Tiefsee dazu, eine höhere Signalfolge und damit eine bessere Auflösung der Sedimentlagen zu erreichen, als es mit nur einem Signal möglich wäre.

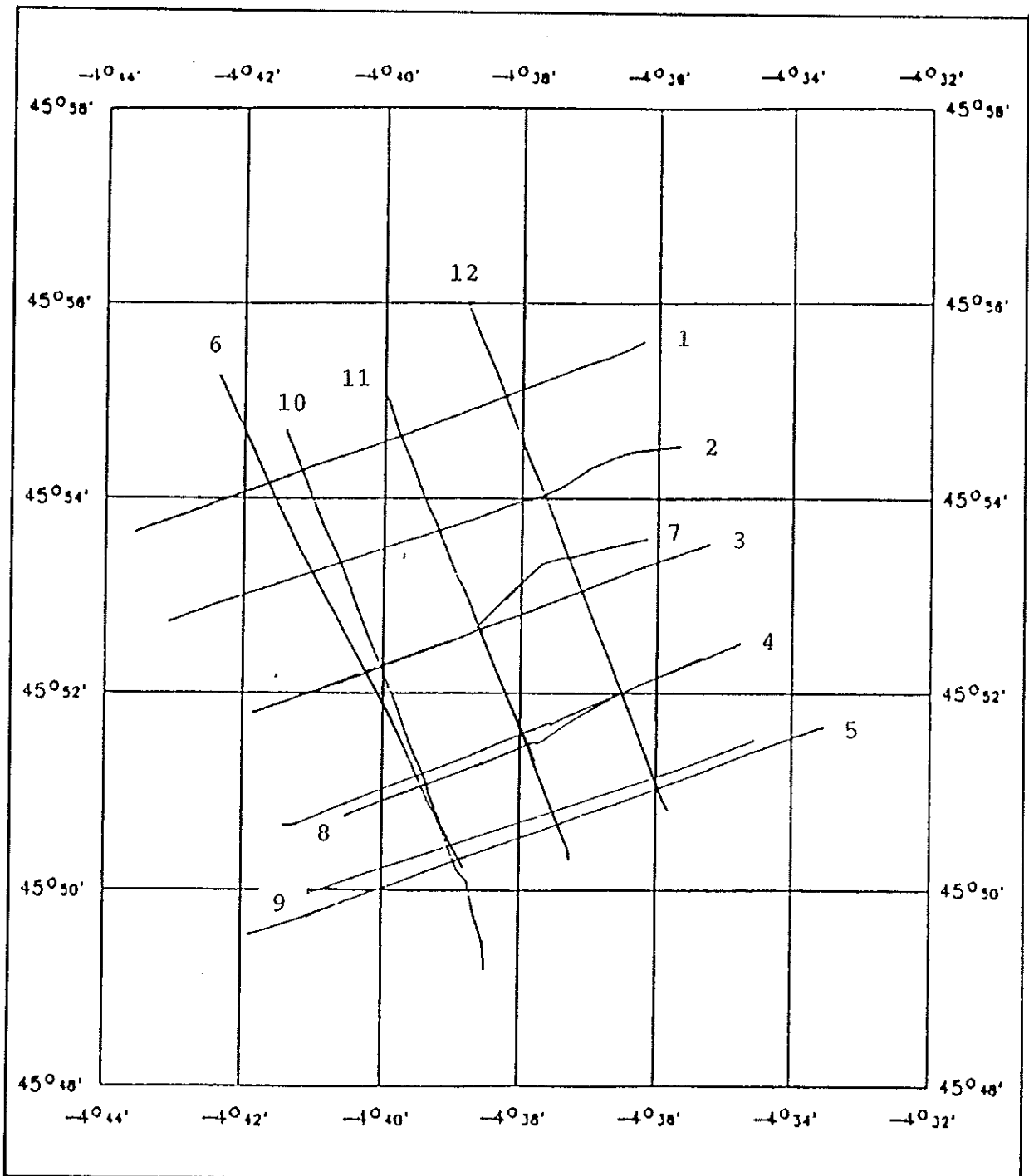


Abb.2.11: Vergleich GPS-INS-Profile von Location 2B
Track 1 bis 6 : mit GPS positioniert (GPS-Tracks)
Track 7 bis 12: mit INS positioniert (INS-Tracks)

Im Flachwasserbetrieb konnte bei der Fahrt durch den Englischen Kanal die Basis der dort vorhandenen Riesenrippel unter einer Sandüberdeckung von etwa 15 Metern gut erfaßt werden (Abb. 2.12). In einigen Gebieten reichte die Energie aus, um ca. 5 m mächtige Sandschichten und etwa 10 m der eozänen Kalk-Mergel-Gesteine zu durchdringen. Teilweise wurde sogar innerhalb 30 m mächtiger Sandkörper, die sich im Bereich der Schelfkante, z.B. an der Castor Bank gebildet hatten, sichtbar.

In den Turbiditsedimenten der Biskaya Tiefsee-Ebene erzielte das PARASOUND in einer Wassertiefe von 4850 m eine Eindringung von etwa 30 m. Im NOAMP-Gebiet konnten bei Wassertiefen von 4550 m etwa 20 m Eindringung erreicht werden. Ansonsten waren die Vermessungen hier durch starken Seegang erheblich gestört.

Die Lokation 5, Peake Deep ist ein gegenüber der Umgebung um mehr als 1000 m abgesenktes, in sich abgeschlossenes Becken mit einer Länge von etwa 100 km und einer Breite von etwa 20 km. Der Boden ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit mächtigen pelagischen Sedimenten bedeckt. In diesen Sedimenten erreichte das PARASOUND eine Eindringung von nahezu 100 m. In der Vertikalen zeigt sich eine Wechselfolge von engliegenden Reflektoren, die zum Beckenrand hin zusammenlaufen (Abb. 2.13).

Da die Einarbeitung in die Nutzung der PARASOUND-Anlage sich besonders hinsichtlich der verschiedenen Einstellmöglichkeiten als sehr schwierig und zeitaufwendig erwies, wurde eine Beschreibung und eine Auflistung der Standardeinstellungen für Normal- und Pilottonbetrieb erarbeitet.

Folgende Änderungsvorschläge wurden für das PARASOUND erarbeitet:

1. Die Scope-Aufzeichnungen sollte auf eine Tochteranzeige auf der Brücke übertragen werden können. Dies ist besonders bei marin-geologischen Probenahmen notwendig.
2. Die automatische Annotierung von Geräteparametern muß auf ein Minimum reduziert werden, da sie die Aufzeichnungen erheblich stören.
3. Im Pilottonverfahren sollte die Signalfolge bei Wassertiefen zwischen 1000 und 3000 Metern erhöht werden, um eine bessere Sedimentdarstellung zu erreichen.

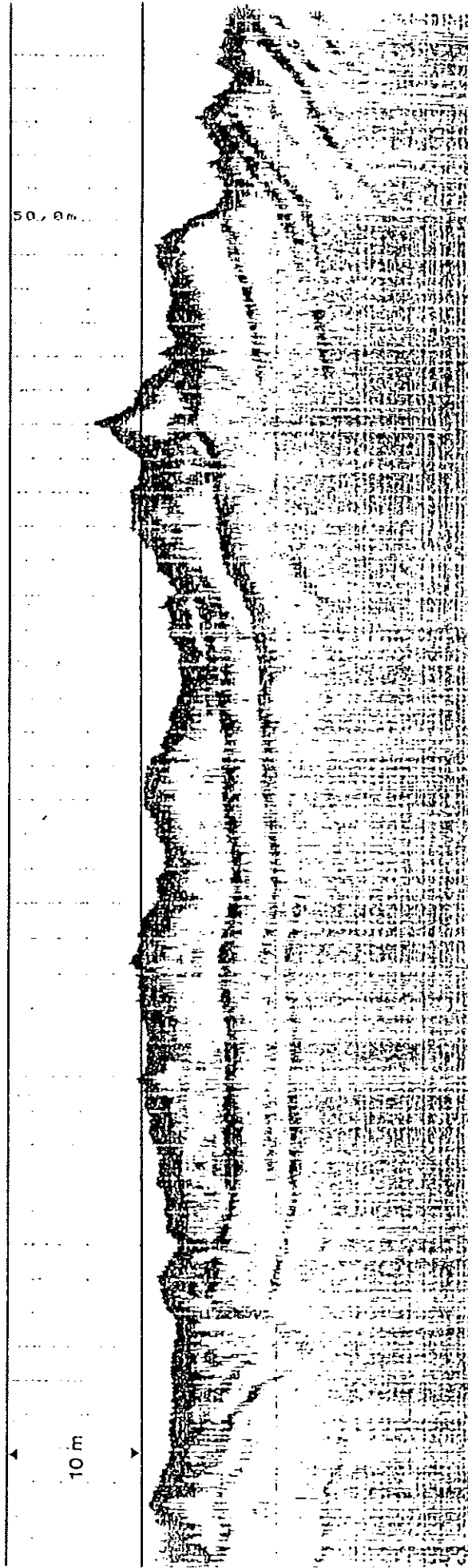


Abb.2.12: Eozäne Sedimente im Englischen Kanal (50°31,45'N, 00°3,78'W), links mit gefüllter Rinne, rechts mit Riesenrippel und Schichtkämmen, 3.5 kHz, 3 Pulse

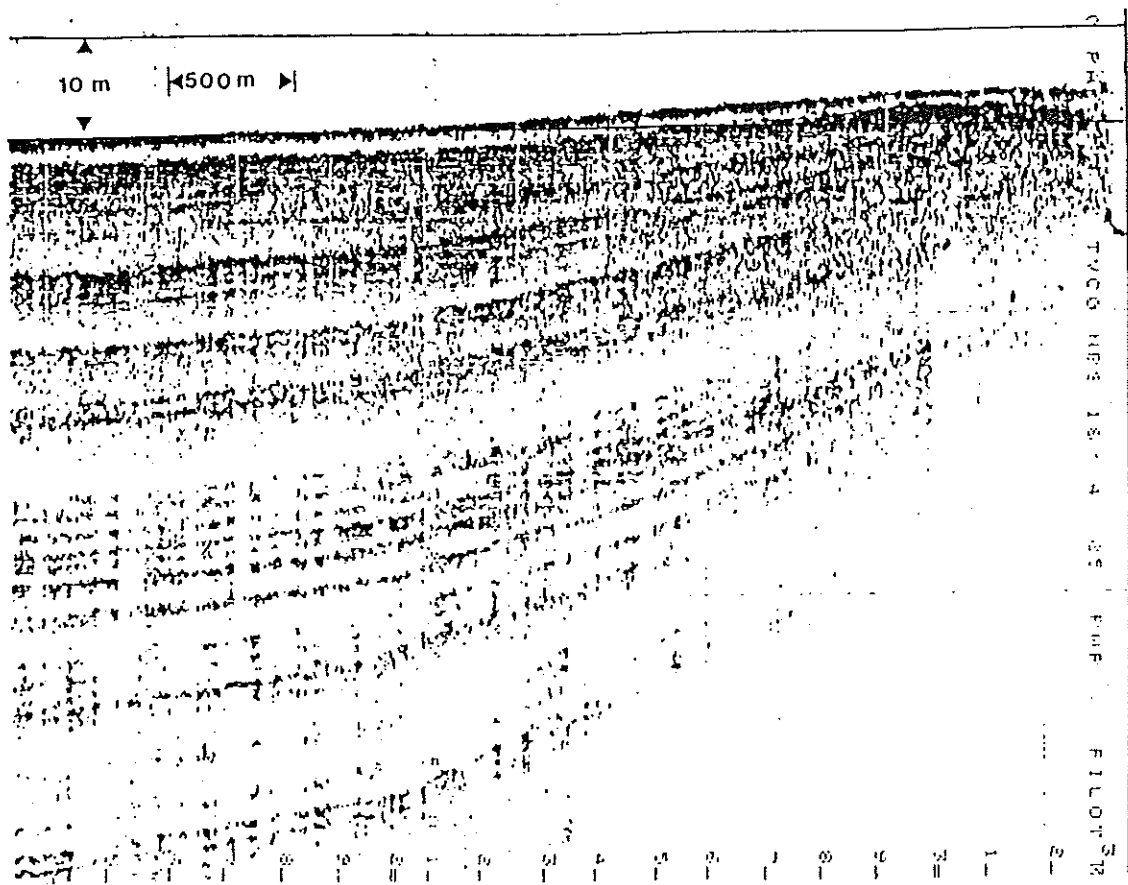


Abb.2.13: Pelagische Sedimente nach rechts gegen ozeanisches Basement auskeilend, Peake Tief (43 08,65'N, 19 49,07'W), Wassertiefe 5969 m, 4 kHz, 4 Pulse

2.4.4 Luftchemie

Wissenschaftliche Zielsetzung der gesamten METEOR-Expedition M4 war die Erforschung des ozeanographischen Wüsten-aerosols. Wichtigste Aufgabe des ersten Fahrtabschnittes war der Aufbau und die Überprüfung aller für die folgenden Abschnitte notwendigen Meßapparaturen im Aerologielabor. Es war vorgesehen, erste Messungen in den von Wüsten weniger beeinflussten Gebieten des Atlantiks zur Erfassung der Größenverteilung des gesamten Größenspektrums der Teilchen durchzuführen. Die Bestimmung der Gesamtmasse des Aerosols der unteren Luftschicht und seiner vertikalen Mächtigkeit waren weitere Ziele. Aufgrund der Wetterlagen und wegen der ungünstigen Wind- und Dünungsverhältnisse konnten nur an wenigen Tagen erfolgreiche Messungen mit den Anlagen erzielt werden.

Nach anfänglichen technischen Schwierigkeiten wegen der Abwärme der elektronischen Geräte konnten in den verbleibenden Tagen, wenn bei vorderlichen Windrichtungen die Möglichkeit gegeben war, einige Proben gewonnen werden. Es konnten wichtige Referenzmessungen im Gebieten des Atlantik durchgeführt werden, in denen der Einfluß durch das Wüstenklima gering ist.

Alle Geräte der Aerosolmeßanlagen überstanden die Testphase des 1. Fahrtabschnittes erfolgreich und konnten somit auf den folgenden Fahrtabschnitten eingesetzt werden.

2.4.5 Zusammenfassung

Während des ersten Fahrtabschnitts der METEOR-Reise Nr. 4 wurde hauptsächlich ein umfangreiches technisch-wissenschaftliches Erprobungsprogramm mit der HYDROSWEEP-Anlage durchgeführt, um Leistungsfähigkeit und Genauigkeit dieses Fächersonarsystems zu überprüfen.

Wichtigste Voraussetzung für eine präzise Vermessung des Meeresbodens mit höchster Auflösung ist eine gute Positionsbestimmung des Schiffes. Hierzu wurden während der Erprobungsfahrt mehrere GPS-Empfänger eingesetzt, die zur Zeit für etwa 11 bis 12 Stunden am Tag eine absolute Genauigkeit in der Positionierung von weit besser als 50 m erlauben. Pro Tag waren zwei GPS-Beobachtungsfenster nutzbar, die abhängig von der geographischen Lage etwa zwischen 01:00 und 08:00 UTC sowie zwischen 14:00 und 20:00 UTC lagen. Dazwischen mußte die Positionierung mit der integrierten Bord-Navigationsanlage INS erfolgen.

Auf der Grundlage der präzisen GPS-Positionsdaten wurde es möglich, bereits an Bord ein Post-Processing der HYDROSWEEP-Daten mit HYDROMAP und zwei eigenen unabhängigen Programmen durchzuführen.

Die erzielten Ergebnisse zeigen, daß das HYDROSWEEP-System in der Lage ist, den Meeresboden weitgehend unabhängig von der Struktur und Morphologie mit dem gesamten Sonarfächer bis zu einer Tiefe von mindestens 6000 m kontinuierlich zu vermessen, wenn es gelingt, die immer noch zeitweise unter dem Schiffsboden auftretenden Luftblasenschleier von den Wandler-Fenstern fernzuhalten oder weitgehend zu reduzieren.

Über die absolute Genauigkeit bei mehr als 4000 m Wassertiefe kann zur Zeit noch keine endgültige Aussage gemacht werden, da die Untersuchungen aus dem Testgebiet des Peake Trough noch nicht vollständig ausgewertet sind. Die innere Genauigkeit der HYDROSWEEP-Messungen liegt bei Wassertiefen von etwa 4000 m für alle Beams bei etwa +/- 10 m (1 Standardabweichung).

Geräuschpegelmessungen während des Einsatzes ergaben Eckwerte von maximal 44 db/ μ Pascal für den isotropen Störpegel. Damit sind die akustischen Randbedingungen für den Einsatz der METEOR als Vermessungsschiff laut Spezifikation eingehalten.

Die automatische Bestimmung des Wertes für die mittlere Wasserschallgeschwindigkeit mit HYDROSWEEP war wegen eines technischen Defektes während der Erprobung nicht möglich. Die Einbeziehung unabhängig bestimmter Wasserschallwerte aus CTD-Messungen in den Berechnungsprozess zeigte jedoch die grundsätzliche Funktionalität des verwendeten Verfahrens auf.

Das zum System gehörende Post-Processing-System HYDROMAP wies mehrere Mängelpunkte auf, die in vorhandenen Einzelberichten mit Verbesserungsvorschlägen zusammengefaßt sind. Erste Testauswertungen während der Fahrt ließen jedoch erkennen, daß das System nach einer Einweisung durch Fachleute einfach zu nutzen ist.

Die integrierte Navigationsanlage INS zeigte während der Reise einige Mängel, die dazu führten, daß Profile nicht mit der geforderten Genauigkeit abgefahren werden konnten. Fehler traten z.B. bei nachträglichen Aufdatierungen von Satellitenfixen und bei Neueingaben von Profilpunkten auf. Einzelheiten hierzu sind von der nautischen Schiffsführung festgehalten. Einige Punkte wurden bereits während des Abschnittes Brest-Lissabon behoben. Vergleiche zwischen GPS und INS zeigten, daß die Genauigkeit des INS dem allgemeinen Stand integrierter Anlagen entspricht und somit mit anderen Systemen (z.B. INDAS) vergleichbar ist.

Für die METEOR-Fahrt ist das Sedimentlotsystem PARASOUND zur Erhöhung der Meßfolge beim Einsatz in der Tiefsee mit dem Pilottonverfahren erweitert worden. Die Anlage setzt neue Maßstäbe für Sedimentecholote. Im Vergleich zu den üblichen 3,5 kHz Anlagen mit einem viel größeren Öffnungswinkel zeigt PARASOUND eine wesentliche bessere Auflösung der Feinstrukturen in den Tiefseesedimenten. Im Bereich des Schelfrands hat das stark gebündelte PARASOUND-Signal deutliche Vorteile vor allem in Gebieten mit aktivem Sandtransport und rauher Oberfläche. Die Möglichkeit, Sandkörper und die oberen 10 m von Festgesteinen mit hoher Auflösung darstellen zu können, wird die Untersuchungen der Schelfsedimente wesentlich erleichtern. Wenn es gelingt, die durch das Pilottonverfahren erzeugten Störungen in den HYDROSWEEP-Messungen zu beseitigen, wird die mit dem PARASOUND erreichbare hohe Auflösung der Feinstrukturen in den Tiefseesedimenten mit Eindringungen von 50 Metern und mehr gemeinsam mit der Bathymetrie einen wichtigen Beitrag zur dreidimensionalen Erfassung des Meeresbodens liefern.

Während des gesamten Fahrtabschnitts waren vorrangig die Lotanlagen zu testen. Wegen der geschilderten Bildung von Luftblasenteppichen unter dem Schiff mußte dies mit guten Ergebnissen vorwiegend bei achterlichen Winden geschehen, was die Probennahme von Aerosolen durch die luftchemische Arbeitsgruppe empfindlich störte. Diese Anlage konnte jedoch soweit in Betrieb genommen und getestet werden, daß sie auf dem Gegenwindkurs zum NOAMP-Gebiet und auf den folgenden Fahrtabschnitten einwandfrei arbeitete.

3. Fahrtabschnitte 2 - 4, ...

Lissabon - Sta.Cruz - Dakar - Kiel, 26.10. - 6.12.1986

3.1 Teilnehmer

<u>Meeresphysik</u>	Fahrtabschnitt
Institut für Meereskunde an der Universität Kiel	
Siedler, Prof. Dr. G., wiss. Fahrtleiter	2
Zenk, Dr. W., wiss. Fahrtleiter	3
Müller, Dr. T.J., wiss. Fahrtleiter	4
Behrend, W., TA	2,3
Bellach, L., cand. rer. nat.	2,3
Carlsen, D., TA	2,3
Holtorff, J., TA	2
Kipping, A., TA	2,3
Klein, B., Dipl.-Oz., Frau	3,4
Knoche, M., cand. rer. nat.	2,3
Koy, U., TA	2,3
Meyer, P., Dipl.-Ing.	2-4
Saure, G., Dipl.-Oz.	2-4
Sommer, H.-J., cand. rer. nat.	4
Stramma, Dr. L.	2,3
Tietze, Ch., TA, Frau	2-4
Zangenberg, N., cand. rer. nat.	3
<u>Tracerphysik</u>	
Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg	
Böhnisch, G., cand. rer. nat.	4
Oster, K., Dipl.-Phys.	4
Schimmele, M., Dipl.-Phys.	4
<u>Angewandte Physik (GEK-Messungen)</u>	
Institut für angewandte Physik der Universität Kiel	
Boll, P., Dipl.-Phys.	4
Hentschke, U., Dr.	4
Talmat, A., Ing.	4
Thomas, H.-R., Ing.	4

Meereschemie

Fahrtabschnitt

Institut für Meereskunde
an der Universität Kiel

Johannsen, H., TA	3,4
Pohl, Ch., TA, Frau	3
Schulz, D., Dipl.-Chem.	3

Luftchemie

Institut für Meteorologie
der Universität Mainz

Dreiling, V., Dipl.-Met.	2-4
Helmes, L., Dipl.-Met., Frau	2-4
Maser, R., cand. rer. nat.	2-4

Aerologie

Seewetteramt Hamburg
Deutscher Wetterdienst

Bassek, D., Funkwettertechniker	2-4
Gerdes, H.-U., Bordmeteorologe	2-4
Hofmann, H., TA	2-4

Ausländische Gäste

Väisälä, Helsinki, Finnland

Puhakka, E.M., Ing.	2
---------------------	---

Second Institute of Oceanography
Hangzhou, V.R. China

Xu Jianping	3,4
-------------	-----

3.2 Forschungsprogramm

3.2.1 Meeresphysik, Tracerphysik

Der Wasser- und Wärmetransport im subtropischen und tropischen Nordatlantik wird in den oberen 1000 m beherrscht vom ozeanweiten Subtropenwirbel. Den nordwärtigen Transporten im Golfstrom auf der Westseite stehen im zentralen und östlichen Teil südwärtige Transporte gegenüber. Die Kenntnis der Struktur des großräumigen Strömungssystems, der transportierten Wasser- und Wärmemenge und der Austauschvorgänge ist eine wichtige Grundlage für Modelle, mit denen Klimavorhersagen möglich werden sollen. Der Ozean stellt im System Ozean-Atmosphäre die träge Komponente dar, die langzeitige Änderungen in Zeiträumen von zehn bis hundert Jahren und mehr entscheidend beeinflusst.

Die Kapverden-Expedition war Teil des Programms im Sonderforschungsbereich "Warmwassersphäre des Atlantiks" an der Universität Kiel. Ziel war bei dieser Expedition die Klärung von Transport- und Vermischungsvorgängen im östlichen Atlantik, insbesondere im Gebiet bei den Kapverden. Neue Modelle zur Zirkulation des Zentralwassers, das sich hier zwischen etwa 50 und 800 m Tiefe befindet, gehen davon aus, daß sich unterhalb der direkt vom Wind bewegten Ekman-Schicht ein Regime befindet, wo Wassermassen entlang Flächen konstanter Dichte (Isopyknen) bei Erhaltung der potentiellen Vorticity bewegt werden und wo bei den Vermischungsprozessen der turbulente Austausch auf Isopyknenflächen dominiert. Dabei ergibt sich im Südosten des Subtropenwirbels eine Schattenzone, in der von Norden aus keine Erneuerung von Wassermassen stattfinden kann. Der Übergang zur Schattenzone liegt im Nordatlantik bei den Kapverden. Die Zone entspricht offenbar der Grenze zwischen dem Nord- und dem Südatlantischen Zentralwasser, wo bisherige Untersuchungen zur Verteilung von Temperatur, Salzgehalt, Tracern, Nährstoffen und Sauerstoff auf sehr schwache Vermischung über diese Grenze hinweg hinweisen. Auch geringe Austauschraten können jedoch eventuell wichtig sein, wenn langzeitige Änderungen im Klimasystem zu klären sind. Als weitere Besonderheit in diesem Gebiet findet man nördlich der Grenze relativ gleichförmige Strömungen, während an der Wassermassengrenze und südlich davon kleinere Wirbel im Größenbereich von 50 bis 100 km eine wichtige Rolle spielen. Es war zu vermuten, daß Instabilitäten in den großräumigen Strömungen zur Erzeugung dieser Wirbel führen.

Ziel der Arbeiten ist die Beantwortung der folgenden Fragen:

- Welche Vermischungsvorgänge dominieren an der Zentralwassergrenze?
- Sind Strömungen entlang ozeanischer Fronten in diesem Gebiet wichtig für den großräumigen Massentransport?
- Wird das Maximum der Energie kleiner Wirbel verursacht durch Instabilitäten am Rand des großräumigen Subtropenwirbels? Ist der Energietransfer wichtig für die Gesamtbilanz der mechanischen Energie? Gibt es durch Instabilitäten des großräumigen Subtropenwirbels erzeugte Wirbelfelder?
- Wie ändert sich langfristig das Strömungsfeld im östlichen Teil des Subtropenwirbels, also im Seegebiet zwischen den Azoren und den Kapverden?

3.2.2 GEK-Messungen

Im Hinblick auf die zentrale Zielsetzung des Sonderforschungsbereichs, nämlich die Erfassung und Quantifizierung von Massen- und Wärmetransporten in den verschiedenen Zweigen des Nordatlantischen Strömungssystems, sollten methodische Untersuchungen und angewandte Feldmessungen mit dem GEK (Geomagnetischer Elektrokinetograph) zusammen bearbeitet werden (Sanford, 1971; Krauss u.a., 1987).

Ausgehend von dem bisher erreichten Entwicklungsstand, insbesondere bei GEK-Messungen in Kombination mit CTD- und XBT-Schnitten, sollten zunächst verschiedene Meßmethoden und -verfahren daraufhin überprüft werden, inwieweit sie geeignet sind, den Massen- und Wärmetransport in der Warmwassersphäre durch Querschnitte von einigen Hundert Seemeilen Länge quantitativ zu erfassen, in welchem Maße die verschiedenen Verfahren mit ihren z.T. unterschiedlichen Zeitskalen vergleichbare Aussagen zu liefern in der Lage sind und welche Kombination von Methoden am besten für die Beantwortung der eingangs formulierten zentralen Fragestellung geeignet ist.

Ferner sollten über die methodischen Untersuchungen hinaus Feldmessungen durchgeführt werden, die die Programme der meeresphysikalischen Arbeitsgruppe ergänzen und zu verbesserten Kenntnissen der Rezirkulation im Azoren/Kanaren/Kapverden-Bereich führen. Hierbei ging es sowohl um die quantitative Erfassung der mittleren Transporte als auch um spezielle regionale Erscheinungsformen der untersuchten Stromzweige wie Mäandrierung und Wirbelbildung.

3.2.3 Meereschemie

Ein fundamentales Problem in der Meereschemie ist die Aufklärung des geochemischen Verhaltens der Elemente, d.h. die Frage nach der Vorhersagbarkeit der Konzentrationen sowie dem Verbleib der Elemente bzw. ihrer Verbindungen im Meerwasser. Von besonderem Interesse ist dabei die Aufklärung des Phänomens der auffallend niedrigen Konzentrationen von im Meerwasser gelösten Spurenelementen wie Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb und anderen. Bedeutsam ist offenbar die Adsorption ("scavenging") der gelösten Spurenelemente an den sedimentierenden, überwiegend in den Oberflächenschichten der Ozeane gebildeten Partikel. Als Hauptträger des vertikalen Spurenelementtransportes scheinen dabei die großen, schnell sinkenden Partikel organischen Ursprungs eine entscheidende Rolle zu spielen. Es gibt ferner Hinweise darauf, daß auch der Fluß partikulär vorliegender Spurenelemente terringenen Ursprungs aus der ozeanischen Deckschicht durch biologische Partikelbildung angeregt und gesteuert wird.

Weitgehend ungeklärt ist auch, wie die Bildung und Sedimentation der partikulären natürlichen organischen Spurenstoffe (z.B. individuelle Zucker, Aminosäuren oder Aminozucker) sowie der Vertikaltransport von chlorierten Kohlenwasserstoffen (wie PCB's oder DDT) in der Wassersäule verläuft. Bei der letzteren Stoffklasse interessiert vor allem die Frage, inwieweit die Tiefsee durch Partikeltransport als Senke der anthropogenen Verbindungen angesehen werden kann.

Beide Projekte werden im Rahmen des von der DFG geförderten Vorhabens "Partikelfluß im Nordatlantik" durchgeführt.

Die Ziele während der Kapverden-Expedition waren:

- Bestimmung der Sedimentationsraten ausgewählter Spurenelemente und organischer Spurenstoffe in Abhängigkeit vom biologischen Partikelfluß,
- Bestimmung der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung des sedimentierenden Materials in Abhängigkeit von Zeit, Wassertiefe und Partikelgröße,
- Erkenntnisse über den Mechanismus der Entstehung partikulärer Spurenstoffe, über die Art ihrer Bindung an die biogenen oder terrigenen Partikel in der Wassersäule sowie über die Geschwindigkeit ihrer Sedimentation in Abhängigkeit von der Jahreszeit.

3.2.4 Luftchemie

Die Produktivität von Wüsten als Funktion der Windgeschwindigkeit ist für atmosphärisches Aerosol mehr als zehnmal größer als die von Meeresoberflächen. Die durch die Luftbewegung zur Verfügung stehende Energie wird beim Ozean für die Zerteilung des Flüssigkeitsvolumens (Zerplatzen, Verspritzen) und die Suspension der entstehenden Teilchen verbraucht. Bei Wüsten liegt das Material bereits in zerteilter Form vor, und die Teilchen brauchen nur suspendiert zu werden. Der Wüstensand wird über weite Strecken häufig interkontinental transportiert. Die Wirkungen des mineralischen Aerosols sind vielfältig. Verursacht werden sie durch die mineralische Zusammensetzung (Dünen, Bildung von Ozeansediment, optischer Brechungsindex), die Größenverteilung (Transport, Strahlungshaushalt, Radioaktivität) und die vertikale Verteilung (Transport, vertikale Temperaturverteilung). Stichprobenartige Messungen gibt es über dem westlichen Nordatlantik im Bereich der aus der Sahara strömenden Luft zu vielen dieser Komponenten. Besonders spärlich erfaßt ist jedoch die Größenverteilung in Kombination mit der vertikalen Mächtigkeit der Staubschicht und ihrer Wirkung auf die Einstrahlung an der Meeresoberfläche. Es war das Ziel der Arbeiten bei der METEOR-Reise Nr. 4, Änderungen der Größenverteilung kontinuierlich mit sofort anzeigenden Geräten zu verfolgen. Damit sollte erreicht werden, daß der zeitlich schwankende Transport besser erfaßt und

eine direkte Korrelation mit der Gesamteinstrahlung erreicht wird. Darüber hinaus sollte durch Radiosondenaufstiege die vertikale Mächtigkeit der Saharastaubschicht bestimmt werden.

3.2.5 Aerologie

Die vorgesehenen aerologischen Sondierungen sollten die 1984 auf der 69. Meteor-Reise zur gleichen Jahreszeit und im gleichen Seegebiet durchgeführten Untersuchungen zur Struktur der maritimen atmosphärischen Grenzschicht ergänzen. Die von der Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre sowie durch das großräumige synoptische Feld geprägte Schichtung der unteren Atmosphäre bestimmt die Intensität der Vertikalflüsse von sensibler und latenter Wärme. Ziel der Untersuchung war eine verbesserte Parametrisierung der Prozesse in der Grenzschicht in Vorhersagemodellen für synoptische Felder. Auf dieser Meteor-Reise sollte dafür erstmals eine nahezu vollautomatische aerologische Station eingesetzt werden.

3.3 Ablauf der Reise

F.S. METEOR war am 25.10.86 in Lissabon eingelaufen, und die Teilnehmer waren bis auf den Fahrtleiter am Einlaufstag von Bord gegangen. Am 26.10.86 übernahm Prof. Siedler von Dr. Schenke die Fahrtleitung. Am gleichen Tag wurden folgende Teilnehmer eingeschifft: Behrend, Carlsen, Holtorff, Kipping, Koy, Meyer, Saure und Dreiling, Frau Helmes, Maser sowie Hofmann und Puhakka. Am 27.10.86 kamen hinzu: Bellach, Knoche, Stramma und Frau Tietze. Damit waren drei Arbeitsgruppen an Bord, eine meeresphysikalische Gruppe des Instituts für Meereskunde Kiel, eine luftchemische Gruppe der Universität Mainz und eine Radiosondengruppe des Seewetteramtes Hamburg.

Die Vorbereitungsarbeiten in den Labors und an Deck begannen am 27.10.86. Außerdem besuchte am Vormittag eine kleine Gruppe vom Schiff das Hydrographische Institut in Lissabon, und am Nachmittag erwiderten Mitarbeiter des Instituts den Besuch an Bord. Vormittags hatte auch eine Schülergruppe der deutschen Schule das Schiff besichtigt. Am Abend hatten Kapitän und beide Fahrtleiter mit Unterstützung durch die deutsche Botschaft zu einem Empfang eingeladen, an dem zahlreiche Vertreter des öffentlichen Lebens, der Forschungsinstitutionen und der deutschen Botschaft teilnahmen.

Die METEOR lief am 28.10.86, 9.00, von Lissabon aus und auf südwestlichem Kurs (Abb. 1.2) die Position der Verankerung MW/311 ($36^{\circ} 01,9$ N, $18^{\circ} 01,1$ W) an. Auf dem Weg wurden auf Station 293 (siehe 4.1) am 28.10.86 und auf Station 294 am 29.10.86 CTD-Messungen (Conductivity-Temperature-Depth-Sonde) durchgeführt, die der Erprobung der Geräte dienen sollten. Am 30.10.86 wurde die Verankerung MW geborgen, dann dort ein CTD-Profil aufgenommen. Am 31.10.86 wurde mittags die Station 296 erreicht, wo die Verankerung N1/276-7 ($33^{\circ} 08,5$ N, $21^{\circ} 57,6$ W) geborgen wurde. Anschließend wurde ein Satellitendrifter mit Sedimentfallen-Atrappe (Abb. 3.1) ausgebracht. Es folgten je 2 Meßprofile mit DIPS (Drahtgeführte induktive Profilsonde) und CTD in der Nacht, und am Vormittag des 1.11.86 wurde die Verankerung N1/276-8 auf einer Tiefe von 5276 m auf $33^{\circ} 06,7$ N, $21^{\circ} 55,1$ W ausgelegt. Auf südlichem Kurs lief METEOR dann zur Position der Verankerung E/294-3 ($28^{\circ} 02,8$ N, $20^{\circ} 25,1$ W) und nahm auf Station 297 am 2.11.86 diese Verankerung auf. Auch dort folgte eine CTD-Messung. Dann wurde auf östlichem Kurs die Position der Verankerung X/293-3 ($28^{\circ} 01,4$ N, $18^{\circ} 17,5$ W) angelaufen, wo

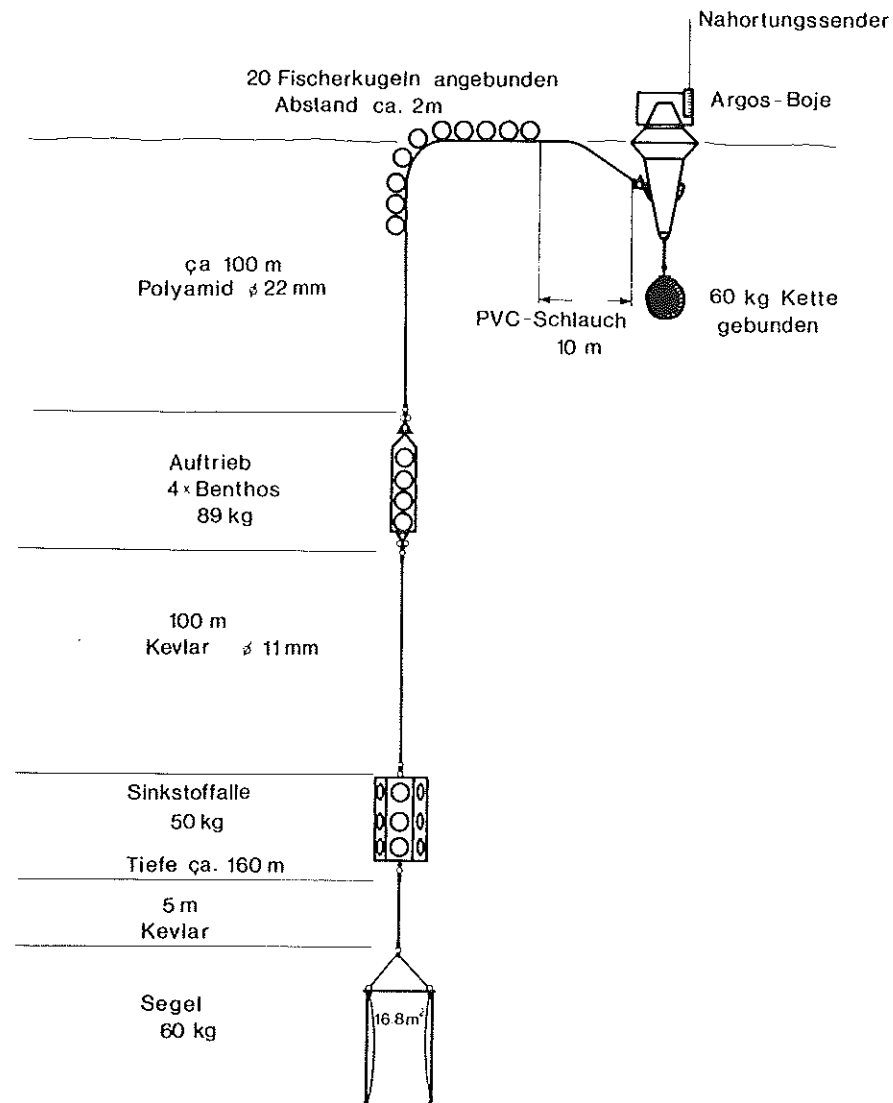


Abb. 3.1: Aufbau des treibenden Meßsystems mit Sinkstofffalle in 160 m Tiefe und ARGOS-Boje mit Nahortungssender an der Oberfläche

auf Station 298 am 3.11.86 die Verankerung aufgenommen und 2 CTD-Profile gewonnen wurden. Damit war das meeresphysikalische Programm dieses Fahrtabschnitts beendet.

Im luftchemischen Programm wurden während dieses Fahrtabschnitts Aerosolmessungen im Aitkenbereich, in den Bereichen der großen Teilchen und der Gesamtmasse ausgeführt. Nicht in nennenswertem Umfange möglich waren Filterprobennahmen und die optische Erfassung der vertikalen Aerosolmasse. Trotz ungünstiger Windverhältnisse konnte die Größenverteilung des maritimen Aerosols über längere Phasen hinweg gut bestimmt werden. Besonders interessant waren die geringen Massenkonzentrationen, die sich aus den zeitweilig schwachen Winden und der daraus resultierenden geringen Produktion von Seesalz erklären. In den letzten Stunden dieses Fahrtabschnitts traten aus diesem Hintergrund die Effekte der in Luv liegenden Kanarischen Inseln deutlich hervor.

Die Radiosondengruppe testete auf der METEOR ein neues Radiosondensystem, das in Zukunft auf Handels- und Forschungsschiffen zum Einsatz kommen soll. Damit sollen dann die wegfallenden Wetterschiffdaten in gewissem Umfang ersetzt werden. Das System bestand aus einem 10-Fuß-Container, in dem sich eine automatische Ballonstartvorrichtung und eine automatische Radiosonden-Empfangsanlage befanden. Die verschlüsselten Meldungen wurden über eine DCP-Anlage (Data Collection Platform) zum Satellitenempfangszentrum in Darmstadt übermittelt. Vom 29.10. - 3.11.86 wurden jeweils zu den Terminen 00.00 und 12.00 UTC Aufstiege gestartet. Da ab 30.10.86 die DCP-Anlage ausfiel, gingen die restlichen Daten über Telex zum Seewetteramt.

Am Morgen des 4.11.86 machte die METEOR im Hafen von Sta.Cruz fest.

Der Fahrtabschnitt 3 begann am 5.11.86 in Sta. Cruz mit der Übernahme der Fahrtleitung durch Dr. Zenk. Am Abend zuvor hatte ein sehr gut besuchter Empfang an Bord stattgefunden, zu dem der Koordinator, der Kapitän sowie der Fahrleiter mit Unterstützung des Vizekonsulates eingeladen hatten. Am Abreisetag der METEOR nutzten eine Gruppe der deutschen Schule und eine Studentenabordnung der Universität von La Laguna die Gelegenheit zu einer Führung durch das Schiff. Ferner wurden die seit mehreren Jahren bestehenden wissenschaftlichen Kontakte zum Instituto Espanol de Oceanografia auf Teneriffa durch die Entsendung einer kleinen Gruppe unter der Leitung von Prof. Siedler zu diesem Institut gepflegt.

Die Liste der Eingeschifften umfaßte beim Auslaufen (5.11., 20.00) folgende Namen: Behrend, Bellach, Carlsen, Fr. Helmes, Hofmann, Johannsen, Kipping, Fr. Klein, Knoche, Koy, Meyer, Fr. Pohl, Saure, Schulz, Stramma, Fr. Tietze, Xu, Zangenberg, Zenk. Somit waren drei Arbeitsgruppen vom vorherigen Fahrtabschnitt an Bord geblieben, eine meerephysikalische Gruppe des Instituts für Meereskunde Kiel, eine luftchemische Gruppe der Universität Mainz und die Radiosondengruppe des Hamburger Seewetteramtes. Eine meereschemische Gruppe des Kieler Instituts für Meereskunde war neu hinzugekommen.

In der Nacht zum 6.11. fuhr METEOR auf direktem Kurs zur Position $26^{\circ} 25,6'N$, $19^{\circ} 24,9'W$, wo am frühen Nachmittag die dort ein Jahr zuvor von POLARSTERN ausgelegte Thermistorketten-Verankerung Y/306 geborgen wurde. Hier - wie auch auf allen folgenden Verankerungspositionen - wurde eine CTD-Station mit Kranzwasserschöpfer (Rosette) bis in Bodennähe gefahren. Auf der Weiterfahrt zur Verankerung V/307 auf $22^{\circ} 56,7'N$, $20^{\circ} 30,7'W$ begannen regelmäßige XBT-Abwürfe (siehe 4.2) und systematische Aufzeichnungen der Oberflächenparameter Temperatur und Salzgehalt. Am 7.11. folgte programmgemäß die Aufnahme der Strommesserkette V/307 mit zugehöriger CTD-Station. Im weiteren Fahrtverlauf wurde die Eckposition $20^{\circ} 45'N$, $20^{\circ} 45'W$, anschließend die Verankerung Q/308 erreicht. Die Fahrt wurde regelmäßig für CTD-Messungen unterbrochen. Bis hierhin waren bereits die ersten drei von vier insgesamt auf diesem Abschnitt vorgesehenen Spurenstoffstationen abgearbeitet.

Die Aufnahme der Jahresverankerung Q/308 ($21^{\circ}59,0'N$, $22^{\circ}02,4'W$) am Morgen des 7.11. wurde nach der akustischen Auslösung durch das Ausbleiben des Bojensendersignals verzögert. Bei der späteren Bergung fehlten die große gelbe Auftriebskugel und der oberste Strommesser. Ein Bruch in der Zugstange dieses Gerätes hatte zum Verlust der genannten Komponenten geführt.

Auf der folgenden Fahrt zur Position $24^{\circ}15'N$, $24^{\circ}15'W$ sollte auf nordwestlichem Kurs der Kanarenstrom möglichst rechtwinklig durchfahren werden. Die alternierende Meßfolge von CTD-Sonden und XBT-Abwürfen wurde auf den anschließenden Kursen zur Position $23^{\circ}45'N$, $27^{\circ}00'W$ und zum Verankerungsort W4/314 beibehalten. Die sofortige Aufarbeitung der Nährstoff- und Sauerstoffproben aus dem Rosettenschöpfer erwies sich als sehr vorteilhaft bei der Suche nach der Zentralwassergrenze, welche nordwestlich von Q/308 überschritten wurde. Gleichzeitig wurden die Strommesserdaten auf den Kieler VAX-Rechner übertragen. Die Verankerung W4/314 wurde am frühen Nachmittag des 12.11. auf $21^{\circ}55,8'N$, $25^{\circ}14,2'W$ ausgelegt. Zwei neu entwickelte Sinkstoff-Fallen der Abteilung Meereschemie des Kieler IfM wurden dabei erstmals in eine Jahresverankerung einbezogen (Abb. 3.2). Der CTD-Station folgte eine Pingererprobung für Dr. Kinzer vom IfM Kiel. Einen ähnlichen Arbeitsablauf brachte der 13.11., an dem die Verankerung W3/313 auf $20^{\circ}29,6'N$, $23^{\circ}36,6'W$ ausgelegt wurde. Außerdem stand, wie schon am 11.11., eine Probennahme für die meereschemische Gruppe mit dem 400 Liter-Schöpfer auf dem Arbeitsprogramm. Die Aufnahme der Verankerung W2/309-1 vom Vorjahr verzögerte sich am folgenden Tag, da auch hier die gelbe Kugel und der obere Strommesser verloren gegangen waren. Im Gegensatz zu Q/308, wo diese Komponenten ebenfalls fehlten, liegt bei W2/309-1 ein Fischbiß als Ursache nahe. Nach einer vom direkten Kurs nach Dakar abweichenden CTD-Station (Nr. 321) wurde am 15.11. W2/309-2 auf $19^{\circ}02,2'N$, $21^{\circ}59,3'W$ ausgelegt.

Auf einem Zickzackkurs, der auch die vierte und letzte Helium/Tritium-Station (Nr. 324) einschloß, fuhr METEOR zur Position W1/312 weiter. Die Verankerung W1/312 wurde bei 4 m Wellenhöhe am Morgen des 17.11. problemlos auf der Position $17^{\circ}15,1'N$, $20^{\circ}15,9'W$ ausgelegt. Damit waren alle Veran-

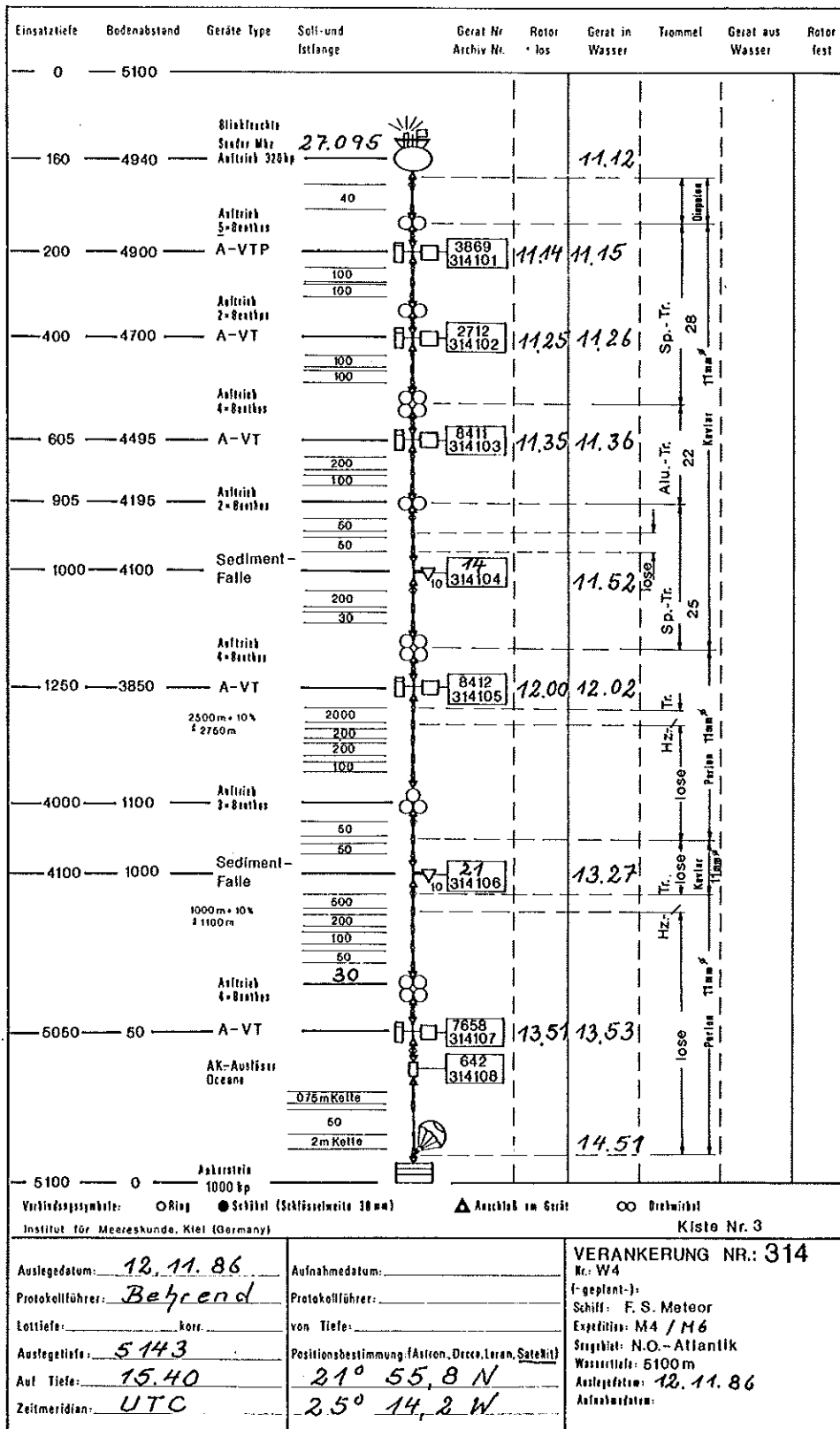


Abb. 3.2: Aufbau der Verankerung Nr. 314, ausgelegt am 12.11.86 mit fünf Strömungsmessern und zwei Sedimentfallen auf Position W4

kerungsarbeiten abgeschlossen, und METEOR lief auf direktem Kurs nach Dakar. Auf dem Wege dorthin wurden nochmals im 1-Std-Intervall XBT-Sonden bis zur Überschreitung des Längengrades 18°W abgeworfen.

METEOR traf am 18.11., 08.45, in Dakar ein, wo abends der Kapitän und der Fahrtleiter mit Unterstützung der deutschen Botschaft zum Empfang geladen hatten. Am folgenden Tag übergab Dr. Zenk die Fahrtleitung an Dr. T.J. Müller.

Das Schiff wurde am Vormittag des 19.11.86 von einer Gruppe von Wissenschaftlern und Journalisten der örtlichen Presse besichtigt. Im Laufe des Tages trafen die übrigen Fahrtteilnehmer ein, so daß die Labors eingerichtet bzw. übergeben werden konnten. Am Abend des 19.11. war dann der Personaltausch erfolgt. Ausgestiegen waren Frau Pohl sowie die Herren Behrend, Bellach, Carlsen, Kipping, Knoche, Koy, Schulz, Dr. Stramma, Zangenberg, Dr. Zenk. Eingeschifft wurden die Herren Boenisch, Budich, Boll, Dr. Hentschke, Müller, Oster, Schimmele, Sommer, Talmat, Thomas.

Die Arbeitsgruppen kamen aus den Bereichen der Meeresphysik, Meereschemie, Spurenstoffphysik, Aerosolphysik, Angewandten Physik und Meteorologie.

Am 13.11.86 war in Hamburg endgültig entschieden worden, diesen letzten Fahrtabschnitt wegen eines notwendigen Werftaufenthaltes um eine Woche zu kürzen. Als spätester Einlauftermin mit anschließendem sofortigen Löschen in Kiel war der 8.12. um 06:00 festgelegt worden. Das ursprünglich vorgesehene Programm mußte deshalb um die Schnitte und Stationen südlich der Linie Dakar - Kapverden erheblich gekürzt werden. Eine weitere Einschränkung war durch den Ausfall der Winde W2 gegeben, so daß nur noch Profile bis 3500 m gefahren werden konnten.

Am 20.11. um 10:24 lief METEOR bei nordöstlichen Winden aus Dakar zu einem hydrographischen Schnitt von der afrikanischen Küste in Richtung der Kapverden aus. Auf 11 Stationen wurden CTD-Profile bis 2000 m gewonnen und in 12 Tiefen mit einem Kranzwasserschöpfer Proben genommen, die zur Eichung

des CTD und der Bestimmung von Sauerstoff und Nährstoffen dienten. Eine dieser Stationen bildete den Abschluß eines Meridionalschnittes für Helium und Tritium, der während des vorangegangenen Abschnitts begonnen wurde, und diente ausserdem dazu, die Analyseanlage für Freone zu testen.

Nach Erreichen der Kapverden lief METEOR auf südwestlichem Kurs auf die südlichste Position 10°N , 27°W zu, unterbrochen von zwei CTD-Stationen. Hier begann ein Meridionalschnitt bis 28°N mit Stationsabständen zwischen 60 sm und 90 sm, auf dem mit Probennahmen für die Analyse von Freonen, Helium und Tritium zwei Schnitte aus früheren METEOR-Reisen wiederholt wurden. Ziel war es, die Vermischung im Frontalbereich der beiden atlantischen Zentralwassermassen und die Transporte im südöstlichen Teil des Subtropenwirbels zu untersuchen.

Am Spätnachmittag des 30.11. wurde die während des Abschnitts 2 ausgelegte satellitengeortete Driftboje mit der Attrappe einer Sedimentfalle knapp nördlich der Azorenfront auf ca. 34°N und 22°W aufgenommen. Bis hierhin wurden ergänzend zu den CTD-Stationen XBT-Messungen durchgeführt und ein GEK geschleppt. Die Aerosolmessungen und die Ballonaufstiege mit dem neuen Radiosondensystem wurden auch auf diesem Abschnitt fortgesetzt.

Nach einer schnellen Heimreise, die durch ein bei Island liegendes Orkantief mit südlichen bis südwestlichen Winden begünstigt wurde, machte METEOR am 6.12. in Kiel fest.

3.4 Vorläufige Ergebnisse

3.4.1 Hydrographie, GEK-Messungen

Für die hydrographischen Messungen wurde ein CTD (Conductivity Temperature Depth)-System vom Typ Neil Brown Mark III mit Sauerstoffsensor (NB3-O₂) eingesetzt, das mit einem 12 x 10l Kranzwasserschöpfer verbunden war, mit dem die Wasserproben zur in-situ Kalibrierung des CTD und zur Analyse von gelöstem Sauerstoff, Nährstoffen sowie der Spurengase Helium-3, Tritium, Freon-11 und -12 genommen wurden.

Während die Auswertung der Spurenstoffdaten noch andauert, konnten mit Hilfe des VAX-Rechners bereits an Bord erste Analysen der Verteilung von Temperatur, Salzgehalt, Dichte, Sauerstoff und der Nährstoffe sowie die in-situ Kalibrierung des CTD begonnen werden.

Druck-, Temperatur- und Leitfähigkeitssensoren der benutzten CTD-Sonde NB3-O₂ wurden in Anlehnung an bekannte Verfahren in-situ kalibriert (Müller u.a., 1987). Sie lieferte mit einheitlichen Koeffizienten, die für alle drei Fahrtabschnitte gelten, und niedrigen Standardabweichungen für die Restabweichungen zwischen Referenzwerten und kalibrierten CTD-Werten ein sehr gutes Ergebnis (Tabelle 3.1 u. Abb. 3.3).

Beim Sauerstoffsensor ist das Ergebnis dagegen bisher bei einem Fehler von 0.2 ml l⁻¹ unbefriedigend im Vergleich zu anderen Autoren (Owens und Millard, 1985), obwohl die Methoden, nämlich die Koeffizienten aus den beim Hieven gewonnenen Kalibrierpunkten zu bestimmen, vergleichbar sind. Es soll in weiteren Versuchen geklärt werden, ob das Ergebnis zu verbessern ist, wenn man die aus dem Hievprofil stammenden titrierten Daten und die Sensorwerte vom Fierprofil auf gleichen Dichteflächen als Kalibrierpunkte benutzt.

	a ₀	a ₁	a ₂	s	M	N	e
P/dbar	-1.69	0.0	0.0	0.15	110	50	<0.5%
T/°C	0.0	0.0	0.0	0.015	319	4	<0.015
C/mS cm ⁻¹	-0.73·10 ⁻²	-0.127·10 ⁻⁴	0.1979·10 ⁻⁴	0.002	236	50	<0.003

Tab. 3.1: In-situ Kalibrierkoeffizienten für Druck, Temperatur und Leitfähigkeit des CTD NB3-0₂ gemäß

$$\bar{\Psi} = a_0 + (1+a_1) \cdot \bar{\Psi}_{\text{CTD}} + a_2 \cdot \text{Stat}$$

mit Stat als Stationsnummer, s als Standardabweichung über die Restdifferenzen von M Kalibrierpunkten bei N Freiheitsgraden und dem zu erwartenden Fehler e(95% - Vertrauensniveau).

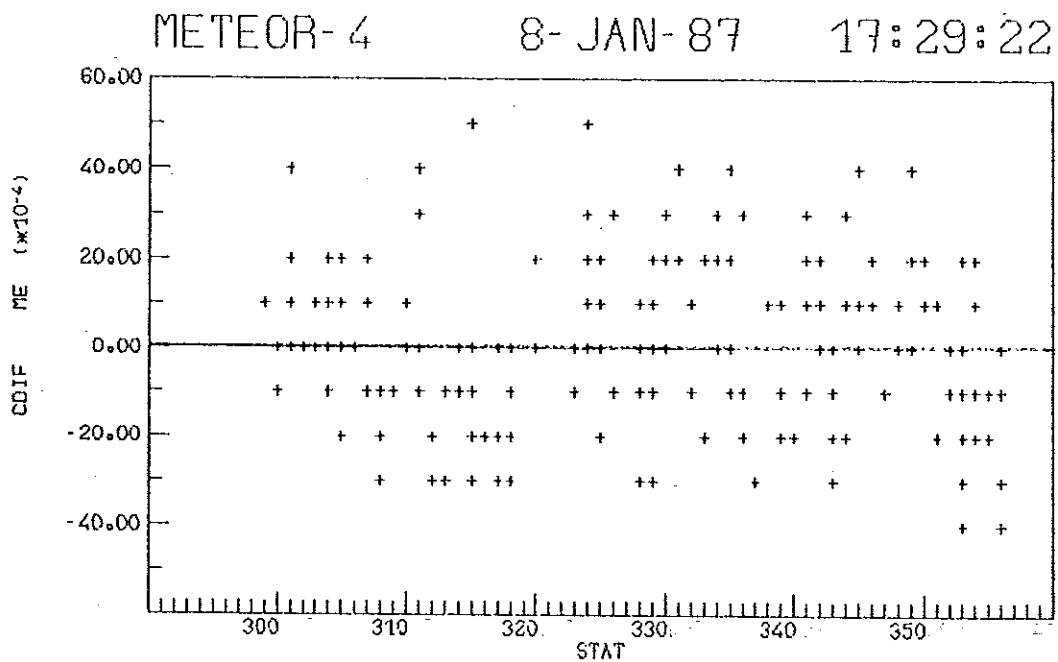


Abb. 3.3: Restdifferenzen nach der Kalibrierung des Leitfähigkeitssensors des CTD NB3-0₂ als Funktion der Stationsnummer

Aus der Fülle des gewonnenen Datenmaterials können hier lediglich Beispiele zur regionalen Hydrographie des Subtropenwirbels im Südosten des Nordatlantiks vorgestellt werden. Sie umfassen

- drei ausgewählte Stationen mit Vertikalprofilen der Temperatur, des Salz- und des gelösten Sauerstoffgehaltes sowie der beobachteten Nährstoffe,
- je einen hydrographischen Schnitt orthogonal zur Zentralwassergrenze und auf 27°W,
- einen hydrographischen Schnitt orthogonal zur Zentralwassergrenze in Dichtekoordinaten einschließlich der Sauerstoff- und Nährstoffverteilungen
- sowie die Horizontalverteilung der zuvor genannten Parameter auf einem ausgewählten Dichtehorizont im Tiefenbereich der oberen Hauptprungschicht.

Es war ein Ziel der Reise, die Hydrographie im Übergangsbereich zwischen Subtropenwirbel und der südöstlich davon gelegenen Schattenzone genauer zu untersuchen. In Abb. 3.4 sind die hydrographischen Parameter, wie sie mit dem CTD-System gemessen wurden, zusammen mit den Nährstoffverteilungen auf den CTD-Stationen 299, 324 und 339 als Vertikalprofile dargestellt. Station 299 liegt rund 300 km südlich der Kanaren bei Verankerung Y im Kanarenstrom. Eine typische Übergangstation in der Zentralwassergrenze stellt Station 324 südlich der Verankerung W2 dar. Station 339 dagegen liegt etwa 300 km südwestlich der Kapverden in der Schattenzone (Luyten u.a., 1983).

Signifikante Unterschiede in den Temperaturverteilungen (Abb. 3.4b) treten in Oberflächennähe und in der Hauptprungschicht auf. Station 299 zeigt einen wesentlich höheren Wärmeinhalt in den oberen 2000 m im Vergleich zur Station 339. Die Übergangstation 324 im Frontalbereich ist durch einen starken Einfluß vom Südatlantischen Zentralwasser geprägt.

Besonders markant sind die Unterschiede in den Salzgehaltsprofilen (Abb. 3.4c). Station 299 im Norden ist charakterisiert durch den in den Subtropen auffallend hohen Oberflächensalzgehalt (SSS > 37.0) und das intermediäre

Abb.3.4 a)

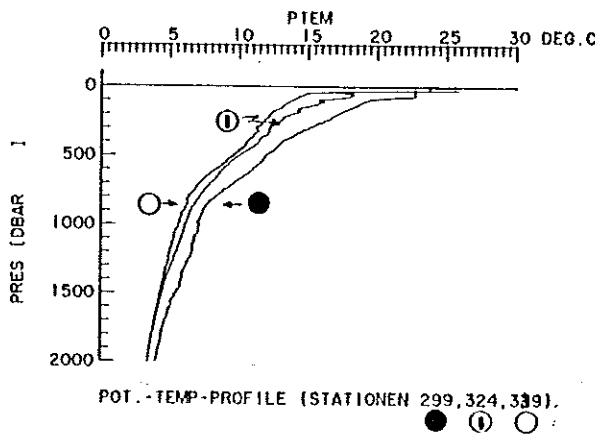
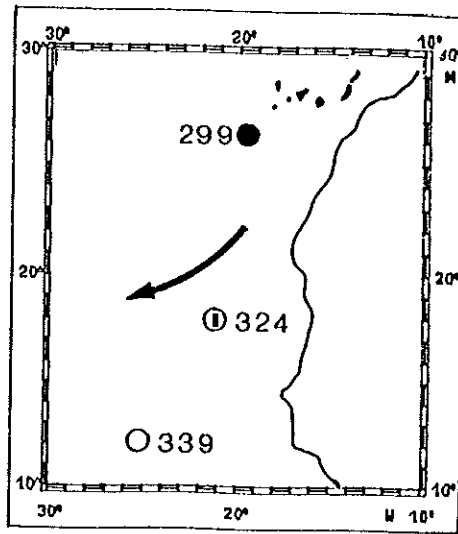


Abb.3.4 b)

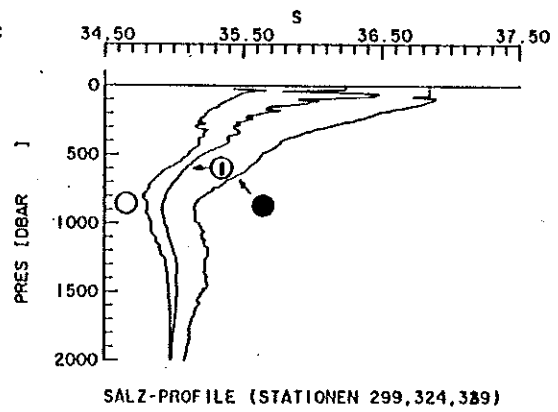


Abb.3.4 c)

Abb. 3.4: Beispiel für die vertikale Verteilung von hydrographischen Parametern auf drei ausgesuchte Stationen (a) nördlich (299) und südlich (339) der Zentralwassergrenze (Pfeil). Station 324 liegt im Übergangsbereich südlich der Front. Die potentielle Temperatur (b) und der gezeigte Salzgehalt (c) wurden mit einem kontinuierlich messenden CTD-System gewonnen. Die Sauerstoff- (d) und Nährstoffprofile (e, f, g) wurden aus diskreten Wasserschöpferproben gewonnen.

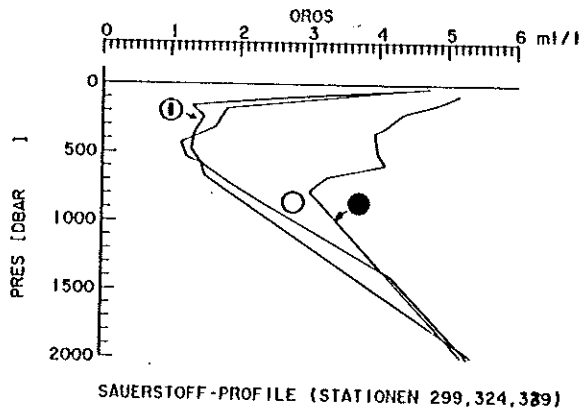


Abb. 3.4 d)

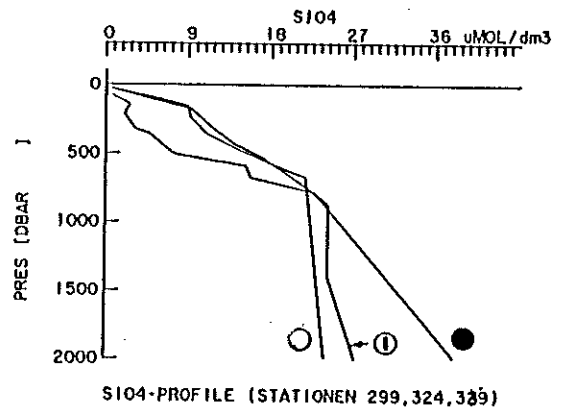


Abb. 3.4 e)

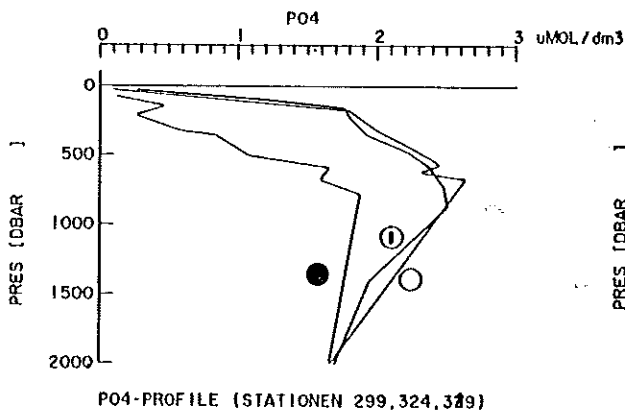


Abb. 3.4 f)

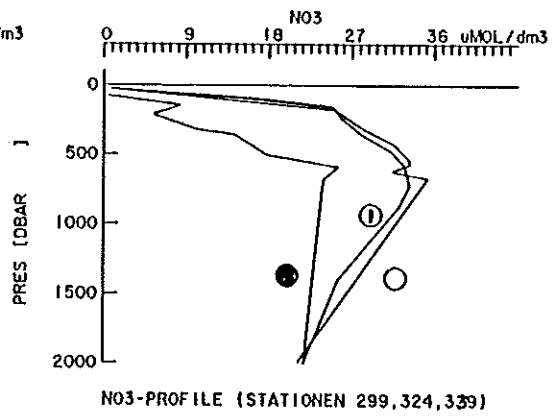


Abb. 3.4 g)

Salzgehaltsmaximum in ca. 1200 dbar. Letzteres wird durch die Mittelmeerwasserzunge (Käse und Zenk, 1987) verursacht und ist in der Temperaturverteilung nur durch einen geringeren Vertikalgradienten erkennbar. Station 339 ist geprägt durch das oberflächennahe Maximum und ein intermediäres Minimum im 800 dbar-Bereich. Während das Maximum durch die Advektion von Wassermassen aus den Subtropen, wo sie entstanden sind, verursacht wird (Bauer und Siedler, 1987), kommt in dem darunterliegenden Minimum der Zustrom Antarktischen Zwischenwassers zum Ausdruck. Nicht unerwartet ist die Lage der Kurve von Station 324 zwischen denen von 299 und 339. Sie enthält hydrographische Merkmale von Wassermassen beider Hemisphären. Die blättrige Struktur im Zentralwasserbereich (um 400 dbar) ist als Folge frontnaher Vermischung zu deuten.

Die folgende Verteilung des Sauerstoffgehaltes sowie der Nährstoffe stammt aus dem Rosettendatensatz, der schon an Bord gewonnen wurde. Station 299 mit ihrem 4 mal höheren O_2 -Gehalt (Abb. 3.4d) in der Warmwassersphäre dokumentiert die hochwirksame Ventilation nördlich der Kanarenregion (Siedler u.a., 1987). Reste von erhöhtem O_2 -Gehalt sind im Zwischenwasser und in den beiden südlichen Stationen erkennbar. Auf allen drei Stationen nimmt O_2 zum Boden hin zu und erreicht etwa dieselben Werte wie an der Oberfläche.

Verknüpft mit dem reichen Sauerstoffangebot ist ein Defizit in den Nährstoffen (Abb. 3.4e-g) auf Station 299. Umgekehrtes gilt für die Station 324 und 339 im Süden.

Als nächstes wird der hydrographische Schnitt (Abb. 3.5) von Punkt B in Richtung Dakar (Abb. 1.2) vorgestellt. Die zugehörigen Oberflächenwerte der Temperatur und des Salzgehaltes sind, in Ortskoordinaten übersetzt, in Abb. 3.5a dargestellt. Abgesehen von einer Störung auf den ersten 100 km nahe B zeigt der Salzgehalt im Nordwesten den für die Subtropen charakteristisch hohen Wert von >37.0 . Die zugehörige Temperatur beträgt knapp 24°C . Diese steigt innerhalb 100 km rechts von der Mitte des Bildes auf über 25°C und behält diesen Wert bis vor Dakar. Der unruhige Kurvenverlauf links von der genannten Temperaturstufe fällt örtlich mit der Lage der Zentralwassergrenze zusammen, die allerdings in der Verteilung der in-situ-Parameter noch deutlicher erkennbar ist.

Abb. 3.5b und c geben den vertikalen Temperaturverlauf im Zentralwasser, beginnend bei B, wieder. Erstere Abbildung wurde aus XBT-Abwürfen gezeichnet,

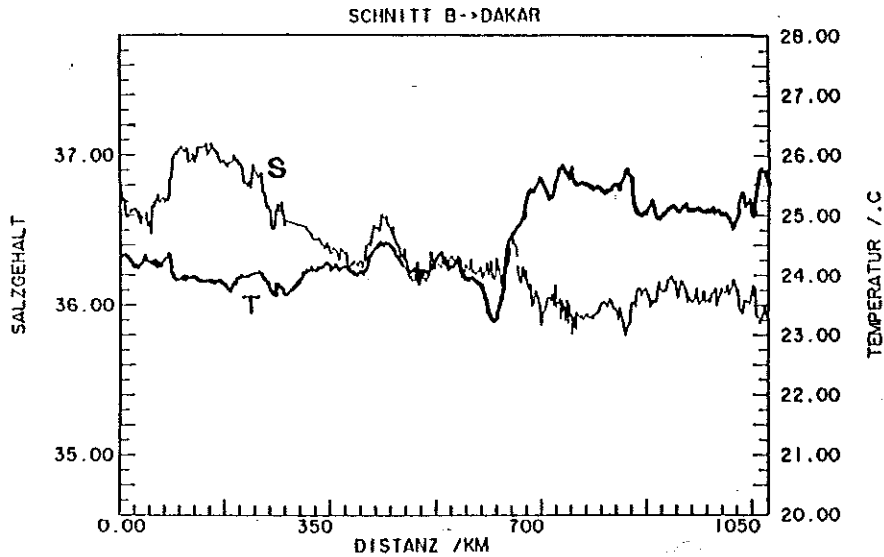


Abb. 3.5 a)

Abb. 3.5: Oberflächentemperatur und zugehörige Salzgehaltsverteilung (a) nach Thermosalinographen-Beobachtungen auf dem hydrographischen Schnitt über die Zentralwassergrenze. Der Schnitt beginnt bei Punkt B (vergl. Abb. 1.2) und führt geradlinig Richtung Dakar. Die Temperaturschnitte (b) und (c) wurden unabhängig mit XBT-Sonden bzw. auf CTD-Stationen gewonnen. Die zu (c) gehörigen Verteilungen des Salzgehaltes und der potentiellen Dichte sind in (d) bzw. (e) dargestellt. Die Zentralwassergrenze ist in allen Einzelbildern rechts von der km-Marke 550 leicht erkennbar.

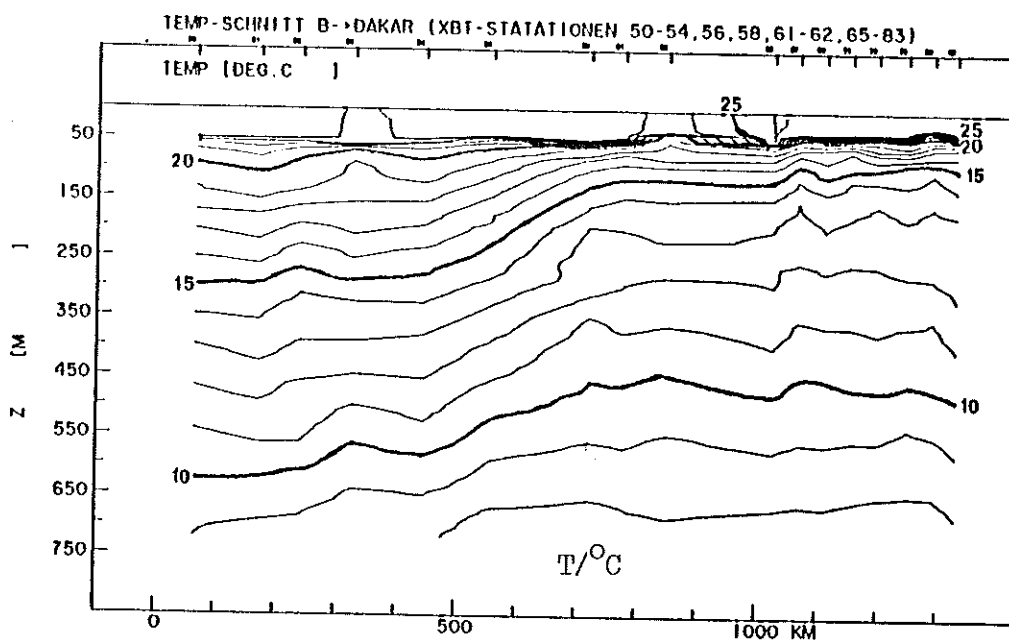


Abb. 3.5 b)

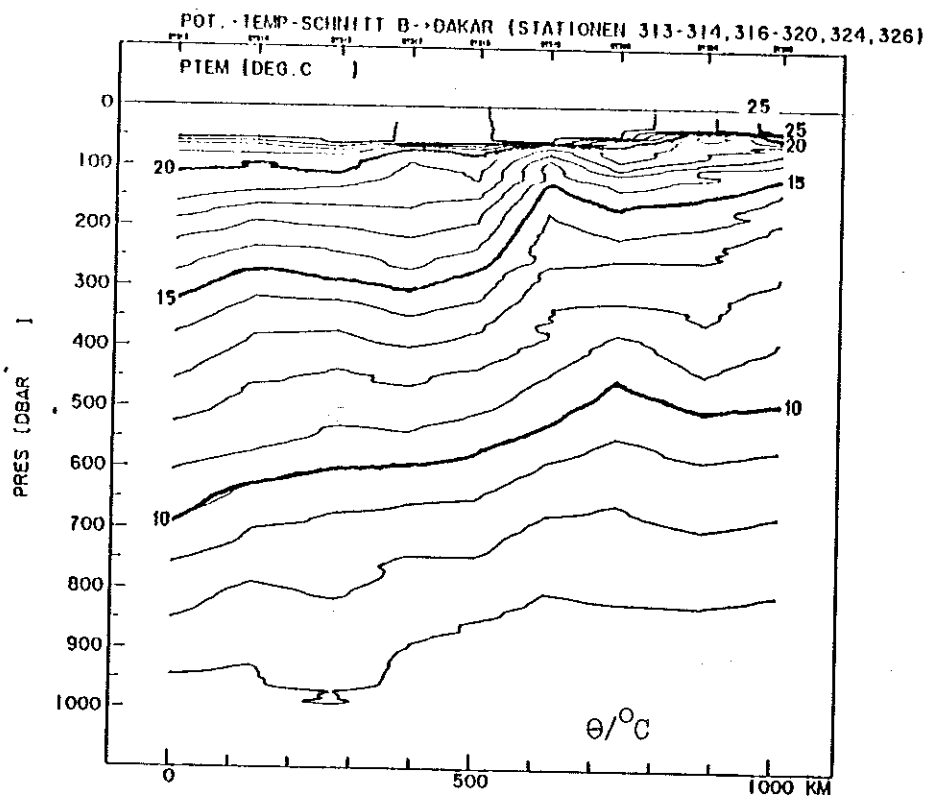


Abb. 3.5 c)

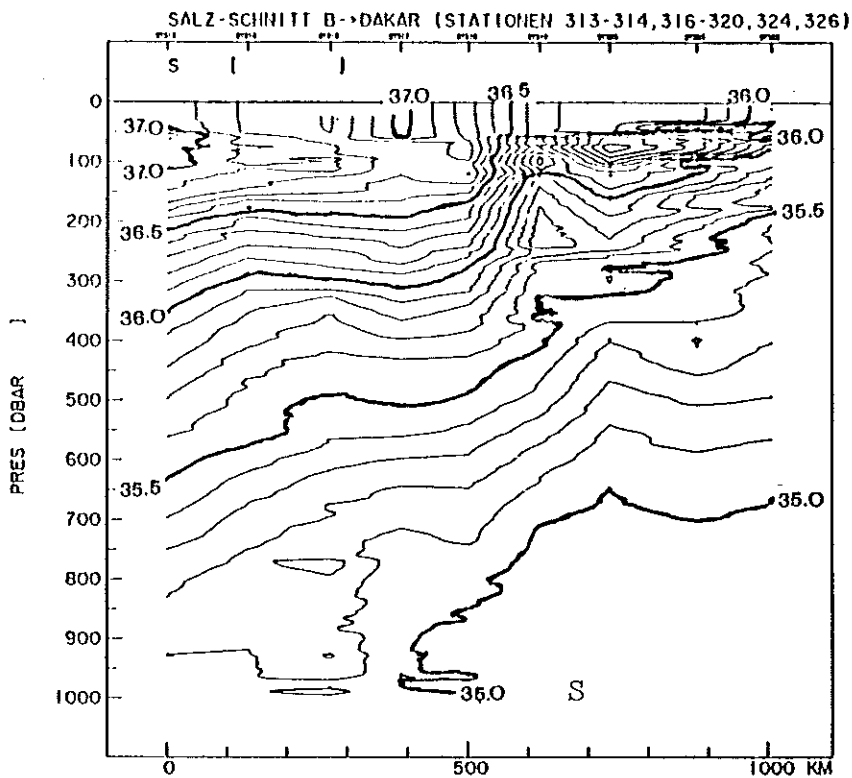


Abb. 3.5 d)

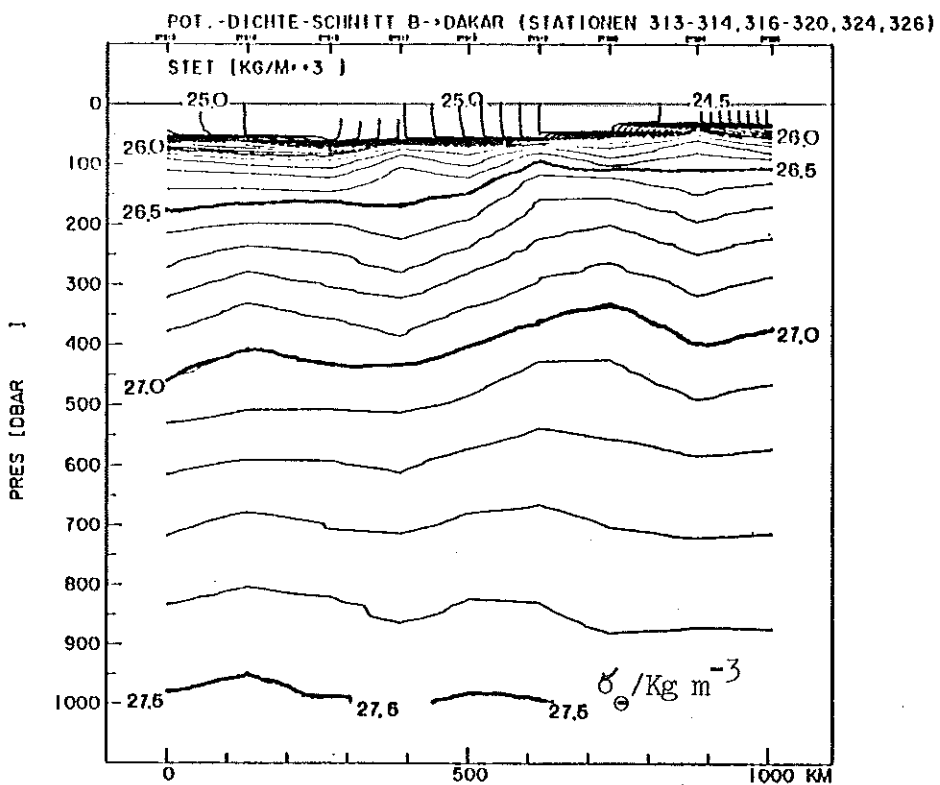


Abb. 3.5 e)

die zweite beruht auf CTD-Sondenmessungen (pot. Temperatur) und endet früher. Um eine möglichst gleichmäßige Abtastrate zu erhalten, blieb im Südosten des XBT-Schnittes jeder zweite Abwurf unberücksichtigt. Dieser Schnitt reicht weiter (bis 18°W) nach Südosten als der CTD-Schnitt und deckt nur die oberen 750 m ab.

Der generelle Kurvenverlauf bestätigt den Isothermenanstieg zu den Rändern des Subtropenwirbels. Die bessere Auflösung des CTD-Schnittes macht die Zentralwassergrenze bei km-Marke 550 besonders deutlich. Die auf Station 319 gefundenen Inversionen bestätigen frontnahe Vermischungsvorgänge.

Die allgemeine, nach Südosten gerichtete Verflachung der Hauptsprungschicht wird ebenfalls deutlich in den Verteilungen des Salzgehalte und der potentiellen Dichte (Abb. 3.5d und e). Erwartungsgemäß ist das Maß an Feinstruktur im Frontalbereich in σ_θ geringer als in S. Darin zeigt sich, daß ein Großteil der Temperatur- und Salzgehaltsstrukturen (interleaving) in der Dichte kompensiert sind. In der σ_θ -Darstellung erkennt man die Vertikal- ausdehnung der Zentralwassergrenze von ca. 75 m bis 750 m.

Quantitative Untersuchungen sind vorgesehen, um den visuellen Eindruck zu bekräftigen, daß der Isolinienverlauf in der nördlichen Hälfte ruhiger ist als südlich der Frontalzone.

Nachzutragen bleibt noch der Hinweis auf das hohe Maß der Feinstruktur im Süden unterhalb 700 dbar. Bei der späteren Behandlung der diskontinuierlichen Schöpferdaten in Dichtekoordinaten (Abb. 3.7) wird deutlich, daß es sich hier um die Übergangszone zwischen dem Salzgehaltsmaximum aus dem Mittelmeerwasser (links unten) und dem intermeditären Minimum aus dem subantarktischen Zwischenwasser (rechts unter der Mitte) handelt.

Ähnliche Verhältnisse, wie sie auf dem Schnitt von B nach Dakar (Abb. 3.5) diskutiert wurden, werden auf dem Meridionalschnitt AB auf 27°W angetroffen (Abb. 3.6). Dabei handelt es sich um eine teilweise Wiederholung von Schnitten der 'METEOR'-Reisen Nr. 56 (Thiele u.a., 1986) und Nr. 60 (Stramma, 1984; Bauer und Siedler, 1987).

Die Oberflächenwerte der Temperatur und des Salzgehaltes sind in Abb. 3.6a wiedergegeben. Die Kurven sind gegenläufig: In Tropennähe (links im Bild), wo die Deckschicht sehr dünn ist, findet man hohe Temperaturen aufgrund der

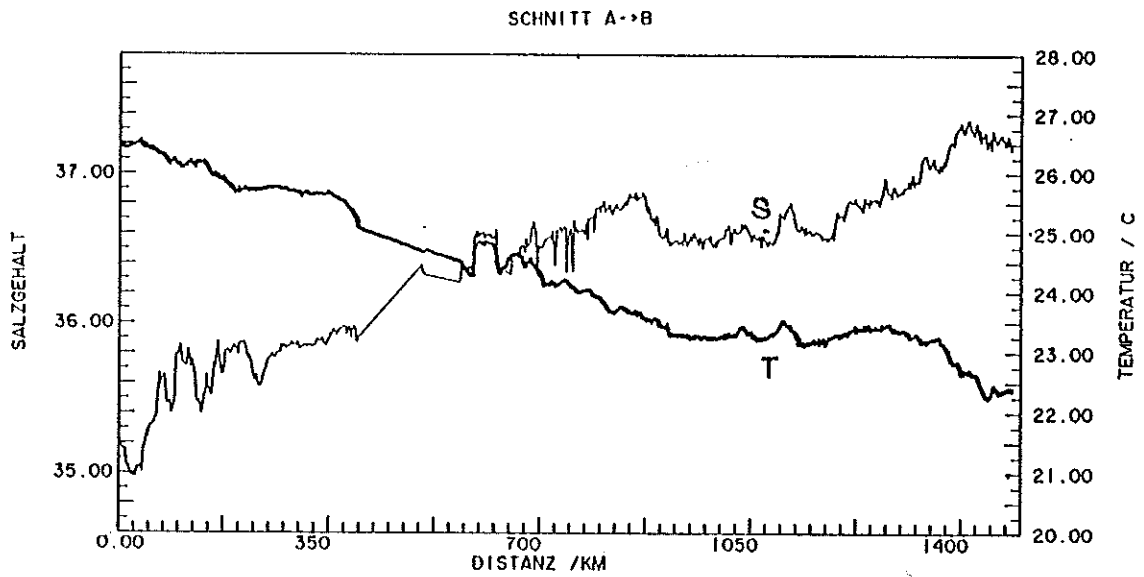


Abb. 3.6 a)

Abb. 3.6: Oberflächentemperatur und zugehörige Salzgehaltsverteilung (a) nach Thermosalinographen-Beobachtungen auf dem Meridional-schnitt A (Süden links) nach B auf 27°W. XBT-Schnitt (b), potentielle Temperatur (c), Salzgehalt (d) und potentielle Dichte (e). Diskussion im Text. Lage des Schnittes ist in Abb 1.2 wiedergegeben.

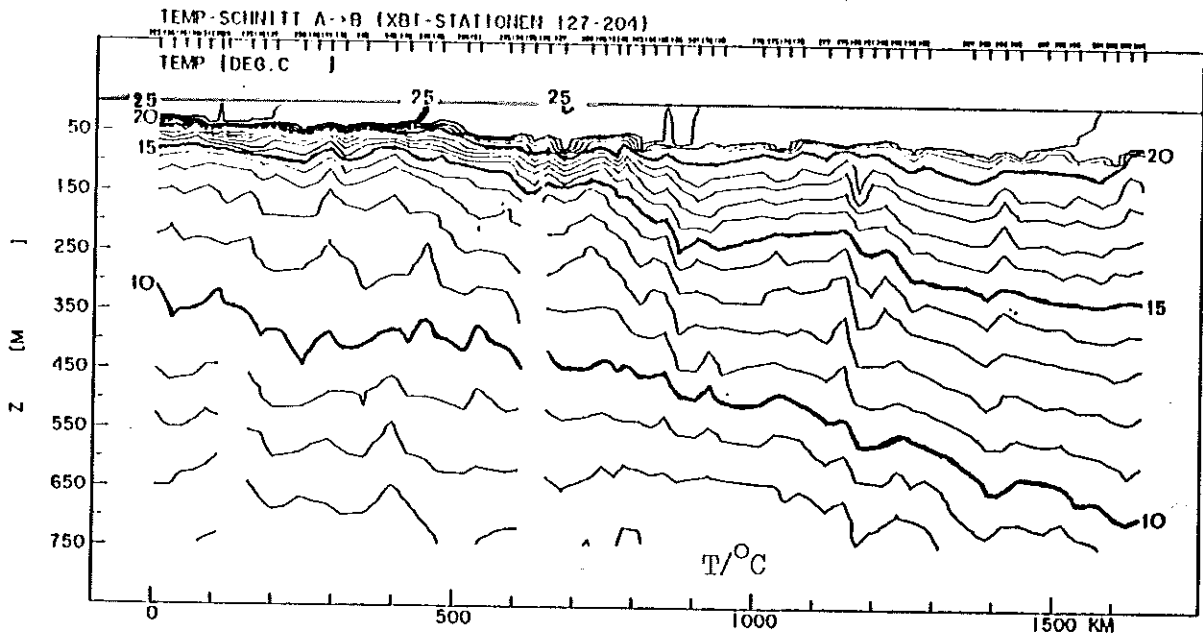


Abb. 3.6 b)

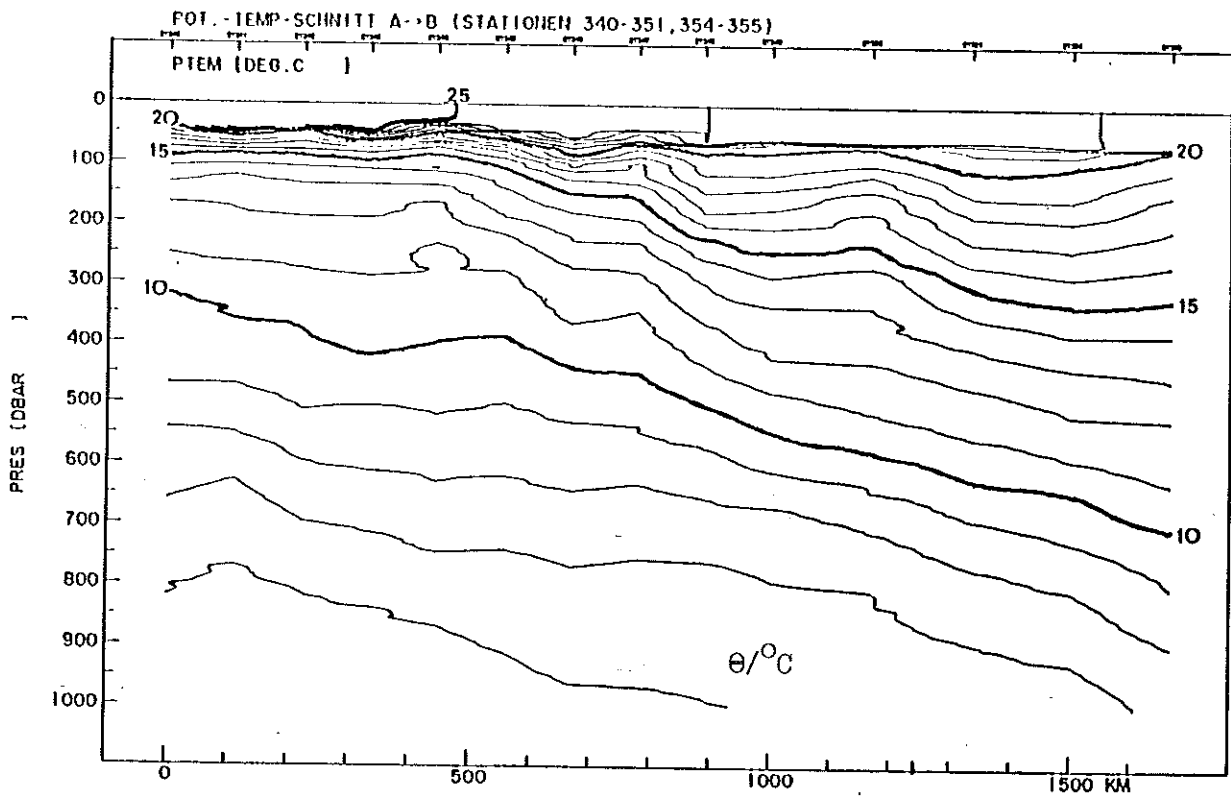


Abb. 3.6 c)

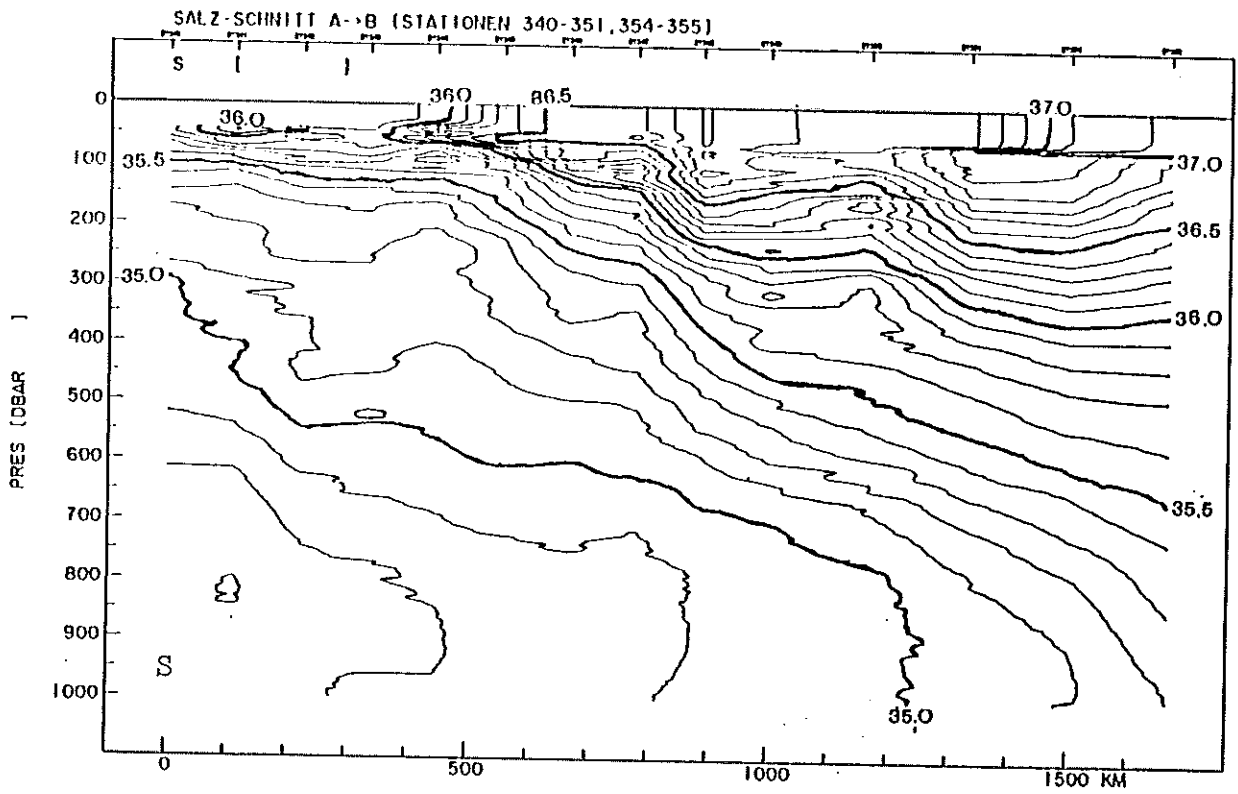


Abb. 3.6 d)

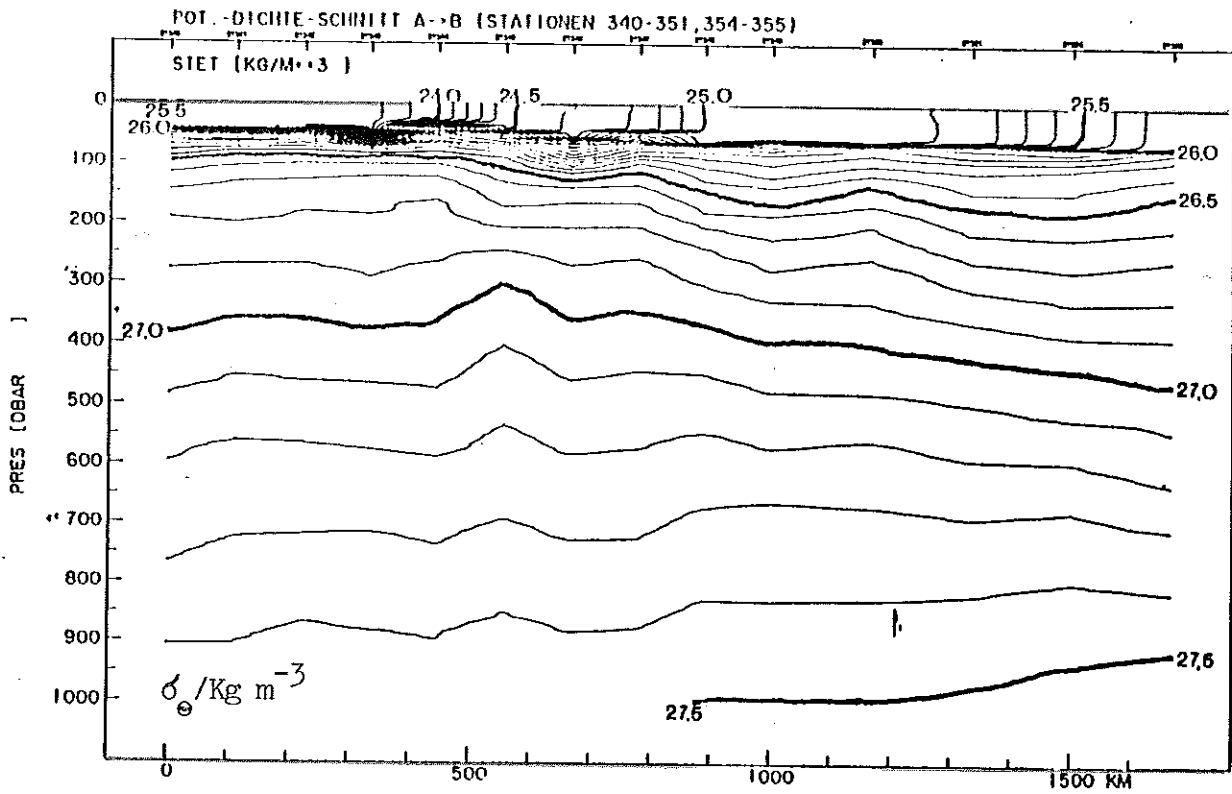


Abb. 3.6 e)

starken Einstrahlung. Der hohe Überschuß der Verdunstung gegenüber dem Niederschlag in den Subtropen (rechts) läßt den Salzgehalt deutlich über 37.2 ansteigen. Die stärkeren Salzgehaltsschwankungen nördlich von km-Marke 700 sind mit der Zentralwassergrenze verknüpft, die, wie schon in Abb. 3.5, deutlich in der Vertikalverteilung der Temperatur und des Salzgehaltes erkennbar werden (Abb. 3.6b, c, d). Die charakteristischen Merkmale auf diesem Schnitt sind die Deckschichtverflachung im Süden, die Vertiefung im Norden, die Feinstruktur in θ und S, nicht jedoch in σ_θ , sowie die Verflachung und der Identitätsverlust des intermediären Salzgehaltsminimums aus dem Zwischenwasser in Richtung Norden.

Die spätere Auswertung des Datensatzes soll im Hinblick auf iso- bzw. diapycnische Vermischung erfolgen. Daher erscheint es zweckmäßig die bezüglich ihrer Vermischung an der Zentralwassergrenze gemessenen Parameter in Dichtekoordinaten darzustellen (Abb. 3.7). Es wurde der Schnitt von B nach Dakar für die isopyknische Darstellung ausgewählt, weil er die Front orthogonal schneidet (vergl. Abb. 3.5) und ein kompletter Rosettendatensatz vorliegt. Alle Daten beruhen auf den diskontinuierlichen Schöpferdaten, auch die der Parameter θ , S und ρ .

Erwartungsgemäß begegnen wir der Diskontinuität, die durch die Front nördlich von km-Marke 550 verursacht wird (vergl. Abb. 3.5) in allen Teilen der Abb. 3.7. Besonders ausgeprägt sind die Salzgehaltsfront (Abb. 3.7), die des Sauerstoffes (d) sowie diejenigen der Nährstoffe (e-g). Die Neigung der Isobaren (c) lassen die frontparallele barokline Strömung deutlich erkennen. Auf die vertikale Ausdehnung der Frontalzone bis ca. 750 dbar im Dichtehorizont $\sigma_\theta = 27.3 \text{ kg m}^{-3}$ wurde bereits früher hingewiesen.

Von besonderem Interesse ist die Lage der intermediären Extrema in der Salzgehaltsverteilung, beim Sauerstoff und den Nährstoffen NO_3 und PO_4 . Letztere zeigen Maxima, welche nach Norden abfallen und die an der Unterkante der $\sigma_\theta = 27.3 \text{ kg m}^{-3}$ -Isolinie liegen. Das O_2 -Minimum liegt bei gleicher Neigung zwischen 27.0 und 27.3 über den Nährstoffmaxima. Unterhalb der Nährstoffmaxima liegen dagegen die Extrema der Salzgehaltsverteilung (ca. 27.5 das Minimum des Zwischenwassers im Süden und ca. 27.7 das Maximum des Mittelmeerwassers). Diese Zusatzinformation zusammen mit den geochemischen Spurenstoffdaten, die sich noch in der Aufbereitungsphase befinden, ermöglichen es, eine Multiparameteranalyse (Tomczak, 1981) zu versuchen.

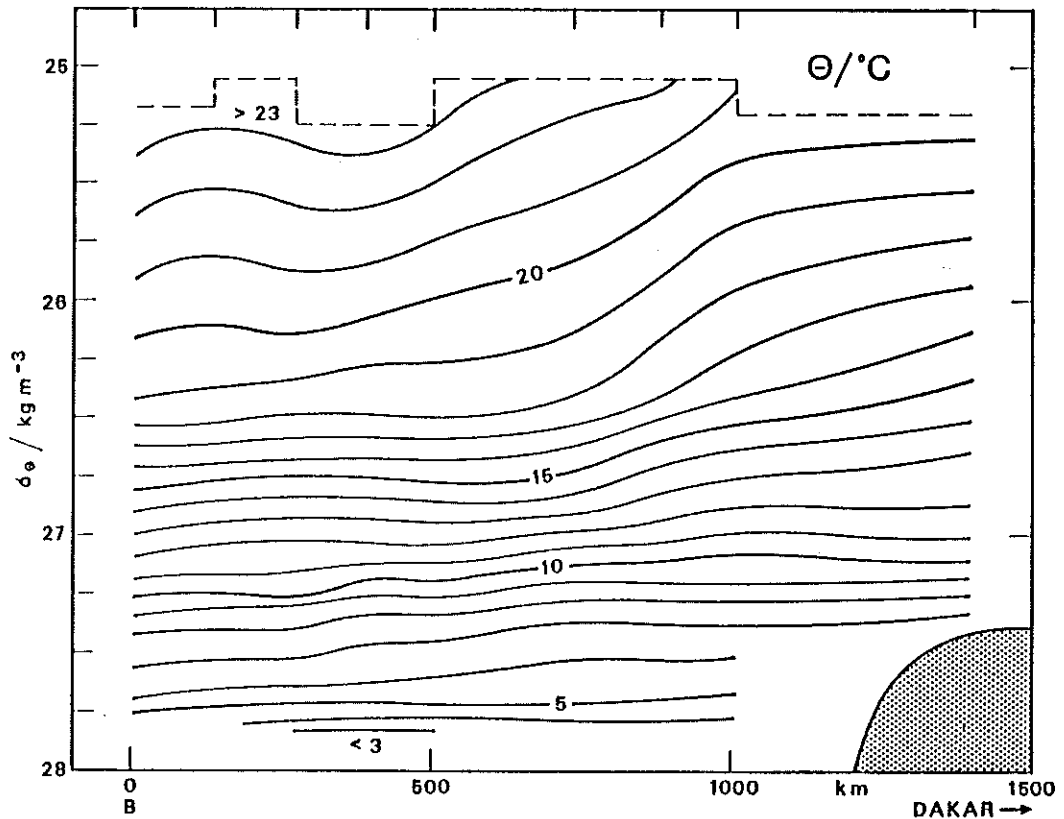


Abb. 3.7 a)

Abb. 3.7: Verteilung der in Abb. 3.5 gezeigten Parameter in Dichtekoordinaten. Das hier verwendete Datenmaterial ist mit dem CTD-System beim Hieven auf festen Dichteflächen zusammen mit einem Kranzwasserschöpfer gewonnen worden. Potentielle Temperatur (a), Salzgehalt (b), Druck (c), Sauerstoff (d), Silikat (e), Nitrat (f) und Phosphat (g). Die Zentralwassergrenze liegt rechts der km-Marke 550 und ist im Salzgehalt und der Druckverteilung besonders deutlich erkennbar.

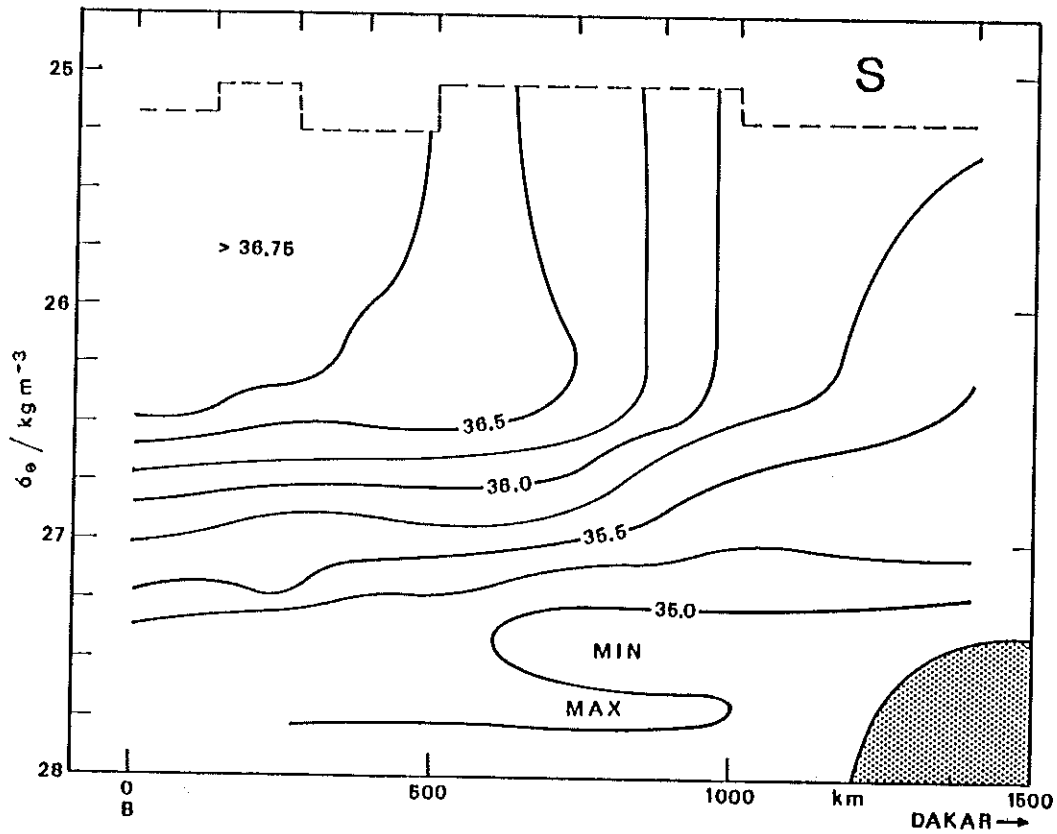


Abb. 3.7 b)

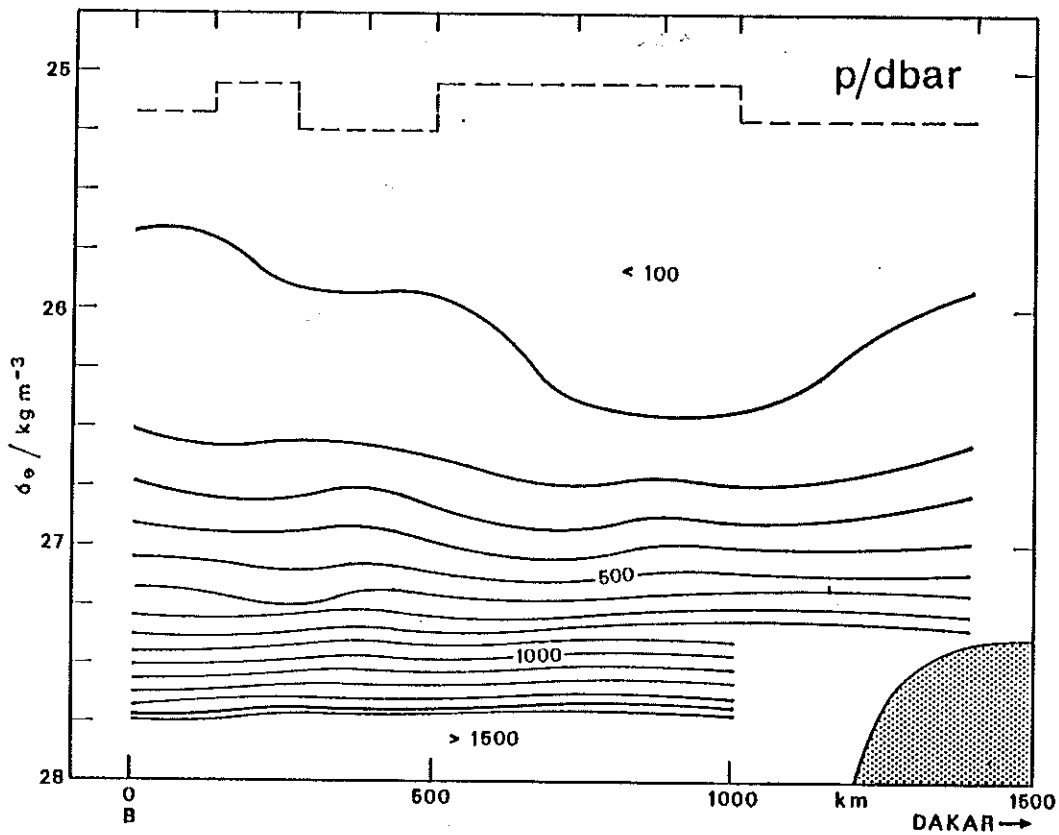


Abb. 3.7 c)

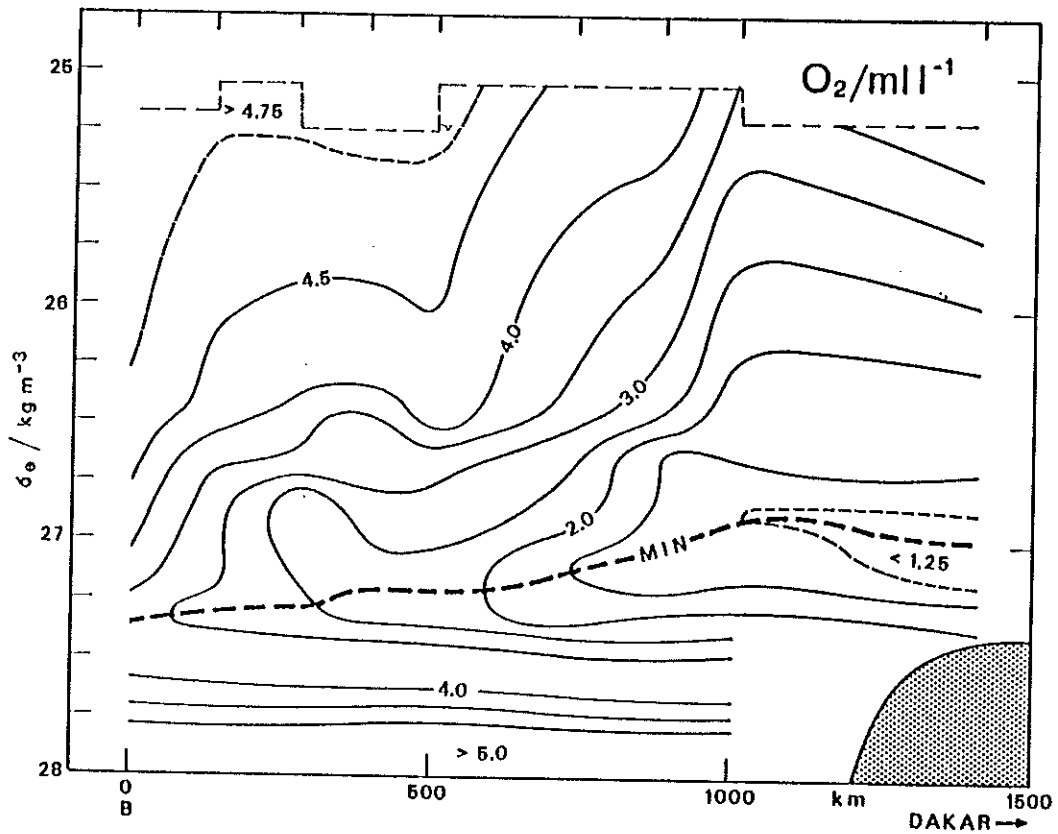


Abb. 3.7 d)

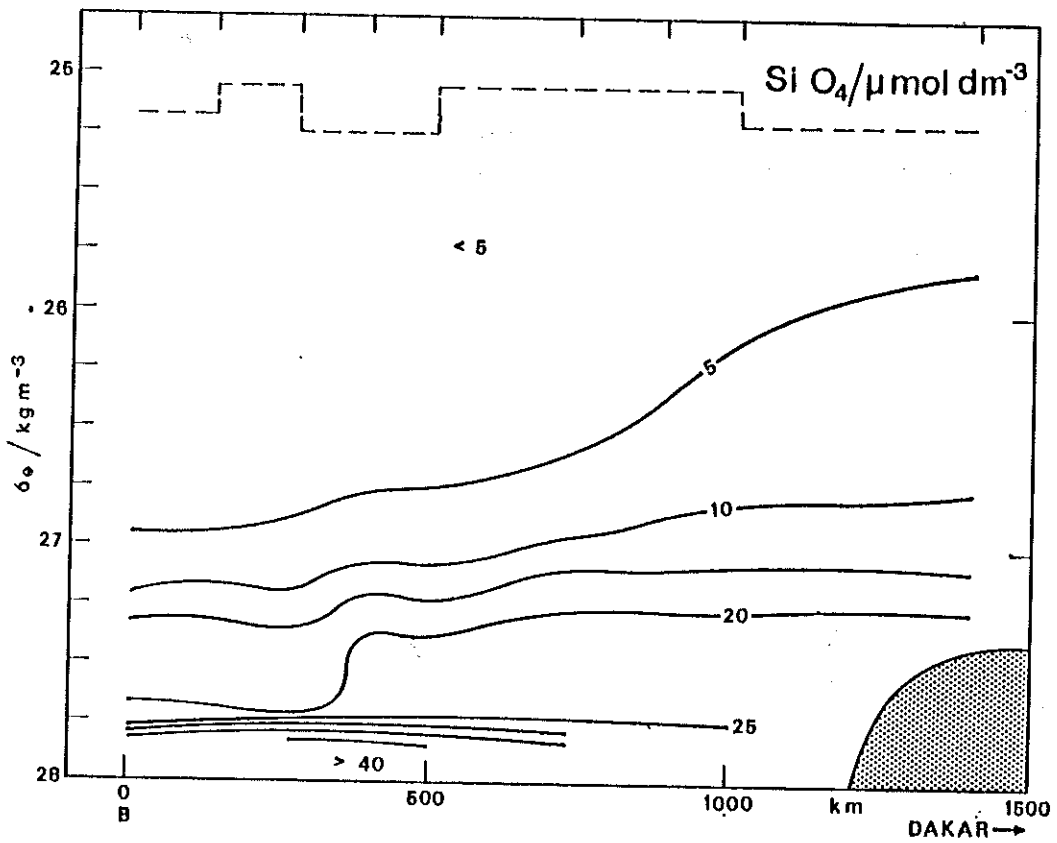


Abb. 3.7 e)

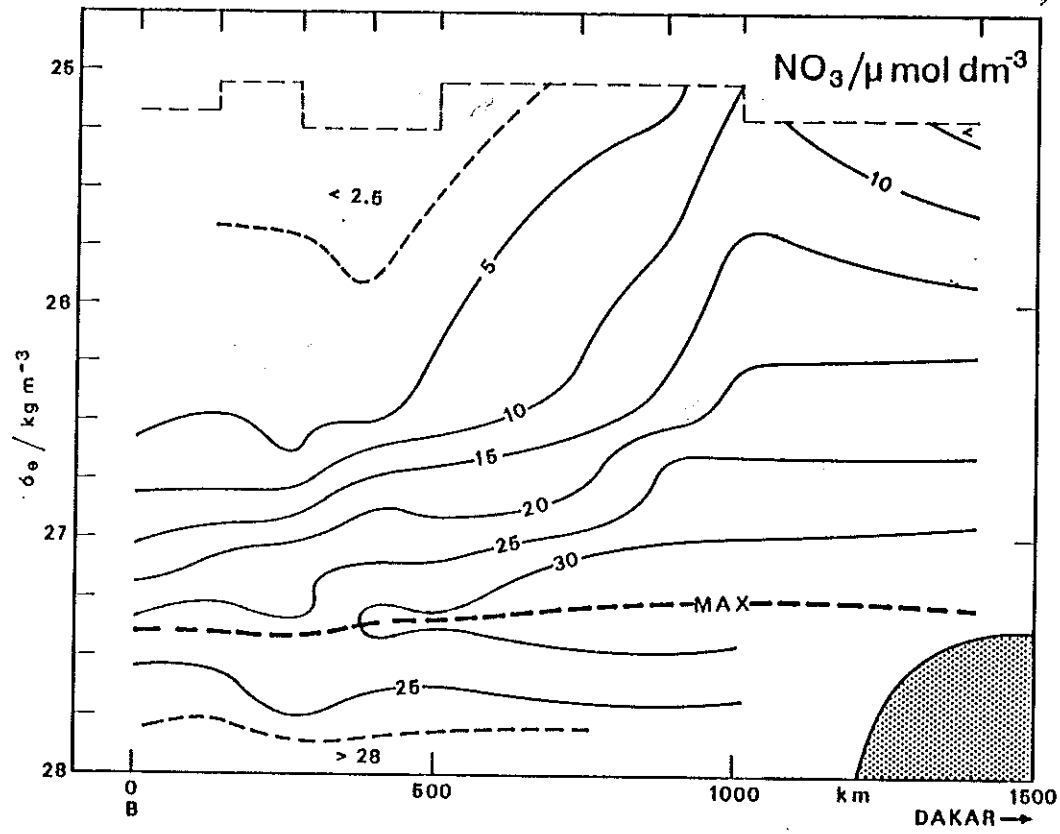


Abb. 3.7 f)

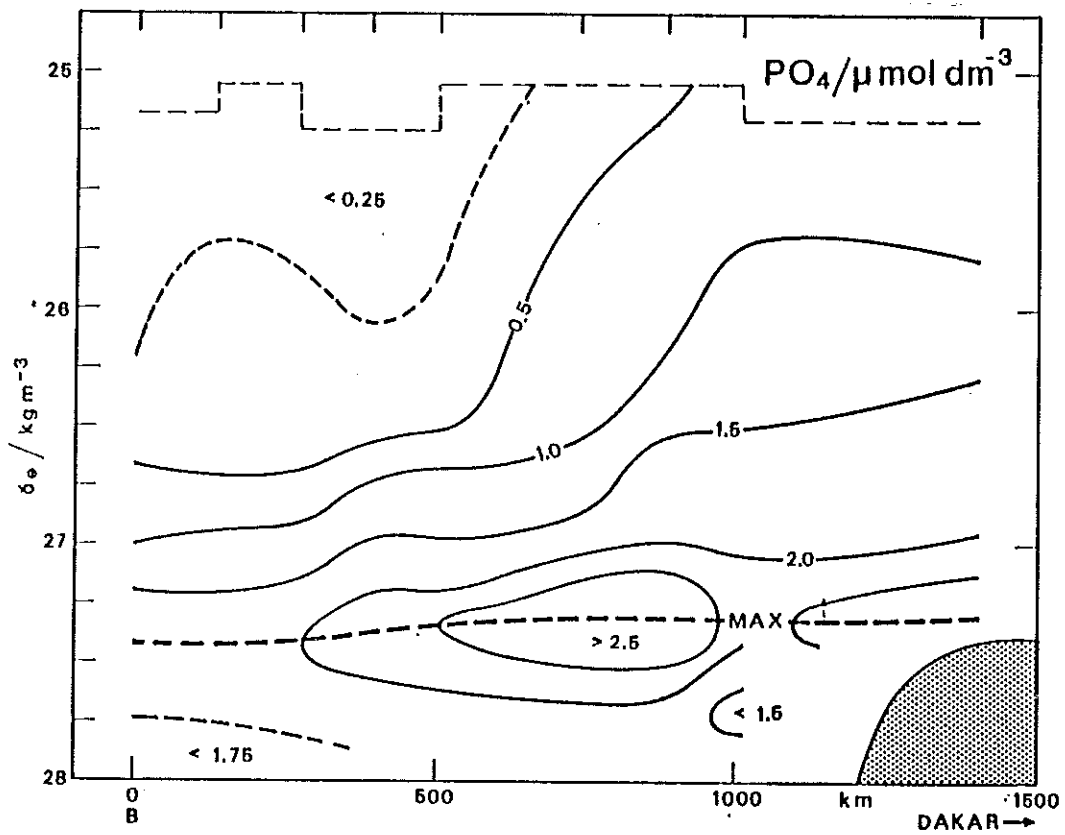


Abb. 3.7 g)

Die Abbildungssequenz 3.8 zeigt die horizontale Verteilung der gemessenen Parameter gemäß Abb. 3.7 in einem festen Dichtehorizont (26.5 kg m^{-3}), der sich im Mittel deutlich oberhalb von 200 dbar befindet (Abb. 3.8) und somit repräsentativ für die obere Hauptsprungschicht ist. Zur Darstellung der horizontalen Verteilung wurden die Daten einer rechnergestützten, manuellen Glättung mit einer Korrelationsdistanz von 180 km unterworfen.

Alle in Abbildung 3.8 dargestellten Parameter bestätigen den Verlauf der historischen Zentralwassergrenze nordwestlich der Kapverdischen Inseln. Im einzelnen kann man der Umgebung der folgenden Isolinien auf der Dichtefläche $26,5 \text{ kg m}^{-3}$ die Lage der Zentralwassergrenze zuordnen:

θ	$\approx 17.5^\circ\text{C}$	(Abb. 3.8a)
S	≈ 36.25 (wenig geeignet)	(Abb. 3.8b)
p	$\approx 140 \text{ dbar}$	(Abb. 3.8c)
O_2	$\approx 3.0 \text{ ml l}^{-1}$	(Abb. 3.8d)
Si	$\approx 4 \text{ } \mu\text{mol dm}^{-3}$	(Abb. 3.8e)
PO_4	$\approx 1 \text{ } \mu\text{mol dm}^{-3}$	(Abb. 3.8f)

Dies sind Anhaltswerte. Vermischungsbedingte Feinstruktur kann erhebliche Abweichungen von diesen Richtwerten verursachen.

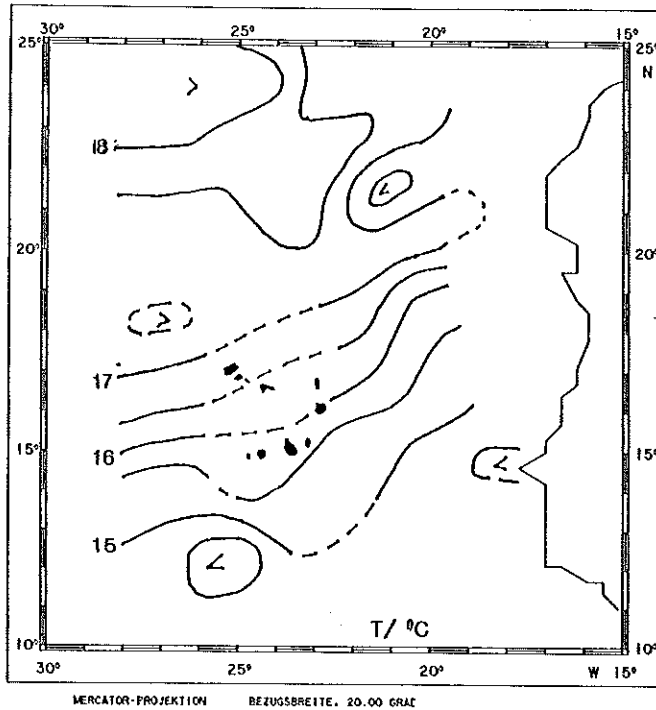


Abb. 3.8 a)

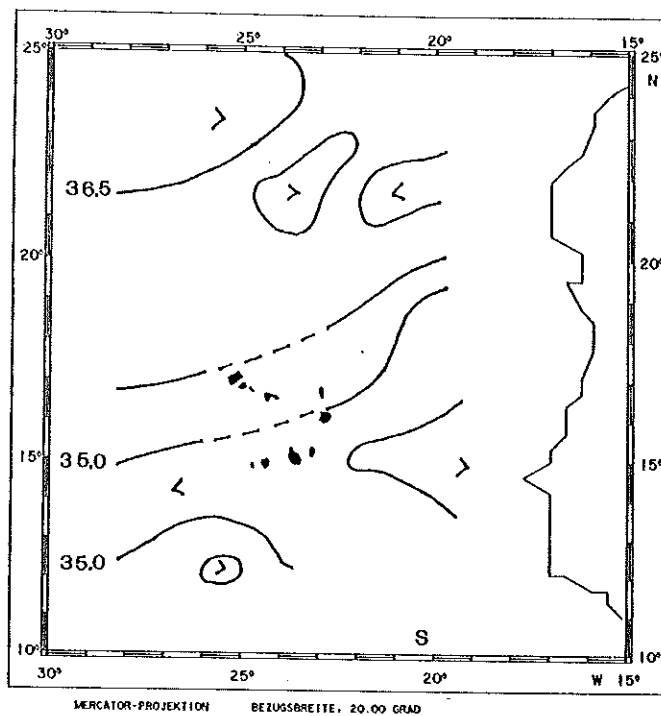


Abb. 3.8 b)

Abb. 3.8: Horizontalverteilung von hydrographischen und Nährstoffdaten im Dichtehorizont 26.5 kg m^{-3} , der repräsentativ für die obere Sprungschicht (vergl. Abb. 3.7c) ist. Temperatur (a), Salzgehalt (b), Druck (c), Sauerstoff (d), Silikat (e) und Phosphat (f). Einzelheiten siehe Text.

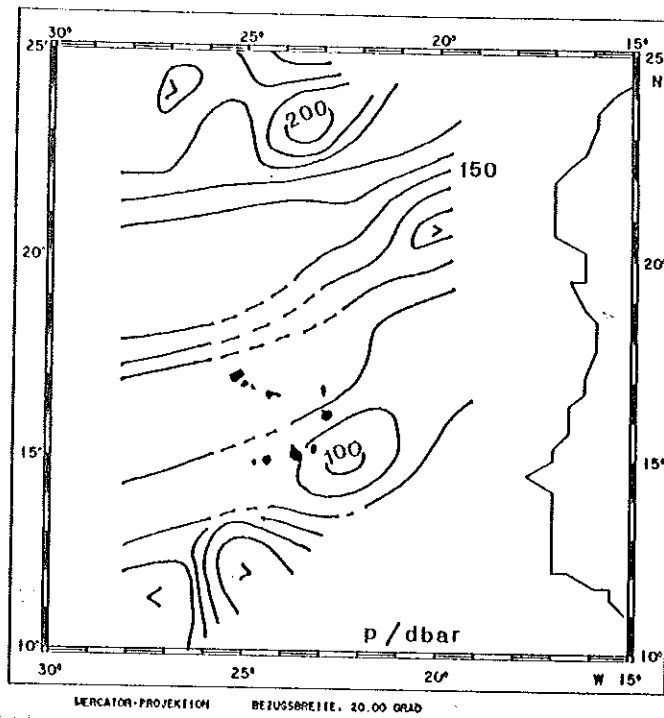


Abb. 3.8 c)

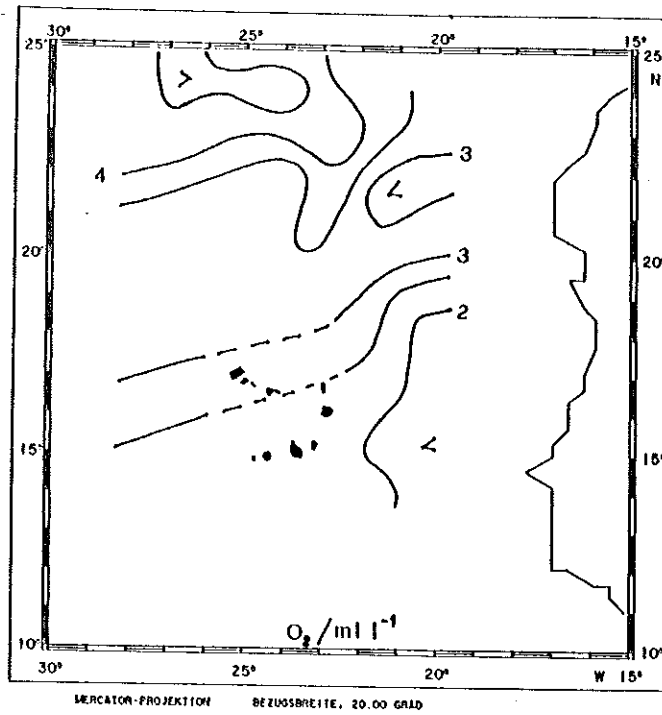


Abb. 3.8 d)

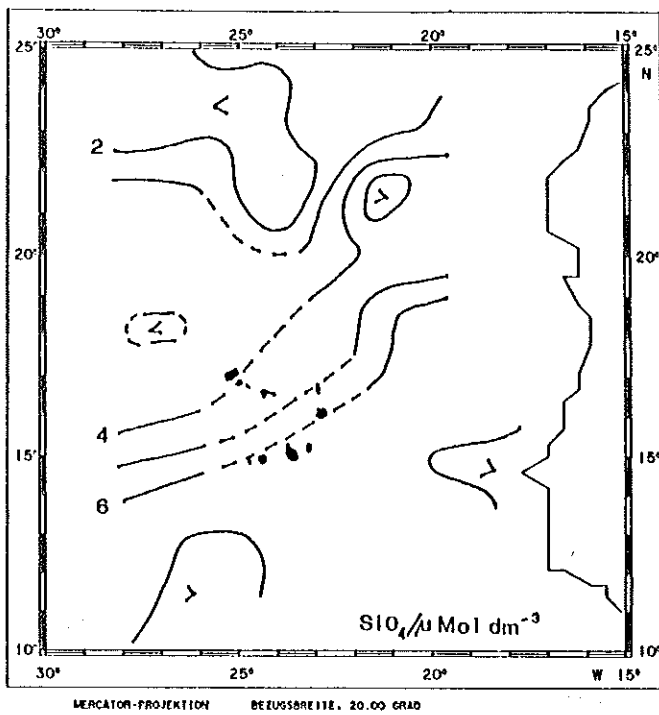


Abb. 3.8 e)

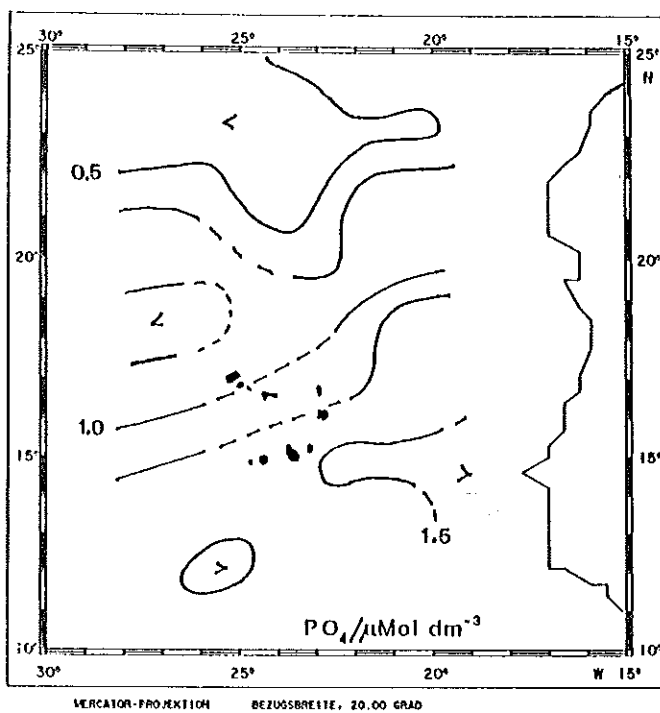


Abb. 3.8 f)

Von Dakar bis zur Position D2 (Abb. 1.2) wurde ein GEK geschleppt, dessen Ausgangsspannung ein Maß für die Strömungskomponente normal zum Schiffskurs ist. Obwohl die Kalibrierung eines GEK schwierig und derzeit nicht exakt durchführbar ist (Krauß, 1986, pers. Mitteilung), geben die gemessenen Spannungswerte doch die Richtung und die relative Intensität der Normalkomponente an. Während südlich von 15°N die Amplituden erwartungsgemäß wegen der Nähe des magnetischen Äquators gering sind (Abb. 3.9), erkennt man nördlich von 19°N zunächst ein breites Band westwärts gerichteter Strömung, das bis 23°N reicht und mit dem Kanarenstrom identifiziert werden kann. Von 23°N bis etwa 31°N sind die Amplituden erneut gering mit wechselndem Vorzeichen auf einer Skala von 30 bis 60 Sm. Diese Region im Inneren des Subtropenwirbels ist durch ein schwaches Wirbelfeld ohne starke Strömungen gekennzeichnet. Ab 31°N bis zum Schluß der Messungen bei D2 ist dann das Band des Azorenstroms mit ostwärts gerichteter Strömung deutlich zu erkennen. Es ist vorgesehen, diese Strömungsverteilung mit dem baroklinen Stromfeld zu vergleichen.

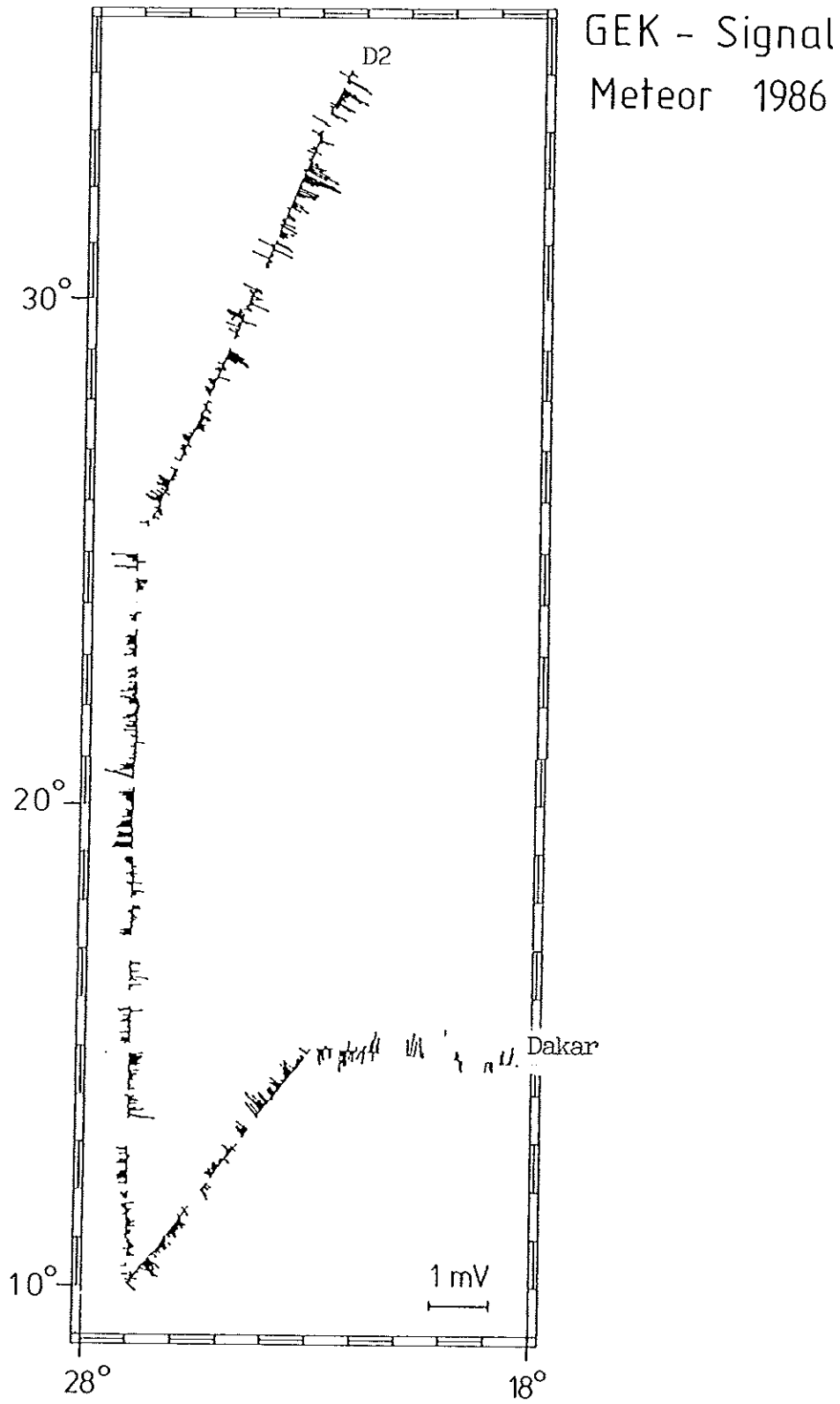


Abb. 3.9: Meßsignale des GEK während M4/4.

3.4.2 Verankerte Geräte

Von 38 Strömungsmessern und Thermistorketten, die in den 9 aufgenommenen Verankerungen ein Jahr lang eingesetzt waren, haben 34 Geräte verwertbare Zeitreihen geliefert. Trotz zeitweiser Ausfälle einiger weiterer Fühler, vor allem in den 400 m-Thermistorketten, ist die Datenausbeute mit etwa 75% gut. Eine Übersicht hierüber geben für jede Verankerung die Tabellen 3.2 bis 3.9.

Alle Zeitreihen wurden mit Standardmethoden (Müller u.a., 1987) kalibriert und aufbereitet. Die dann vorliegenden Zeitreihen wurden anschließend mit einem Tiefpaß gefiltert, um die hochfrequenten Signale im Bereich der internen Wellen, halb- und ganztägigen Gezeiten sowie der Trägheitswellen zu eliminieren. Die Resultate sind als Zeitreihen von Strömungsvektoren, Druck und Temperatur dargestellt (Abb. 3.10 bis 3.17).

Die Verankerung MW/311-1 war westlich von Gibraltar ausgelegt worden, um ein Jahr lang den Ausstrom im Tiefenbereich des Mittelmeerwassers zwischen 600 m und 1400 m zu beobachten. Die Strömungs- und Temperaturzeitreihen (Abb. 3.10) zeigen die erwartete Variabilität mit Amplituden von bis zu 10 cm s^{-1} und 1 K auf Zeitskalen von einigen Monaten. Die mittlere Strömung ist offensichtlich klein und nicht nach Westen gerichtet. Es sieht demnach so aus, als sei auch in der Nähe der Quelle der Transport warmen und salzreichen Wassers aus dem Mittelmeer in den Nordostatlantik weniger durch Advektion mit einer mittleren Strömung als durch horizontale turbulente Diffusion sehr warmer und salzreicher mesoskaliger Linsen bestimmt. Solche Linsen, 'Meddies' genannt, wurden sowohl in hydrographischen Beobachtungen (Käse und Zenk, 1987) als auch in Strömungszeitreihen auf Position N1 weiter entfernt von der Quelle beobachtet (Armi und Zenk, 1984).

IfM Verankerungsnummer: 311-1 Externe Bezeichnung: MW
 Breite N: 36° 01.9' N Länge W: 18° 01.1' W
 Lotung: 5370 m Wassertiefe: 5420 m
 Ausgelegt: 02.12.85 Aufgenommen: 30.11.86
 Start Meßreihe: 02.12.85, 23:00 Stop Meßreihe: 30.10.86, 15:00
 Bemerkungen:

Identifikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
311101	A-VTPC	2528	620	60	Stop am 29.9.86
102	A-PT400	850/ 1137	622- 1022	180	Sensor 7 defekt, Sensoren 9 und 10 zeitweise schlecht
103	A-VT	6160	1031	60	Wassereinbruch
104	A-T400	114/ 1131	1032- 1432	180	
105	A-VTC	6681	1435	60	

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C
 A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m
 ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser
 P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt
 $|\underline{u}|, \phi$: Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.
 N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.2: Thermistorketten-Verankerung MW/311-1

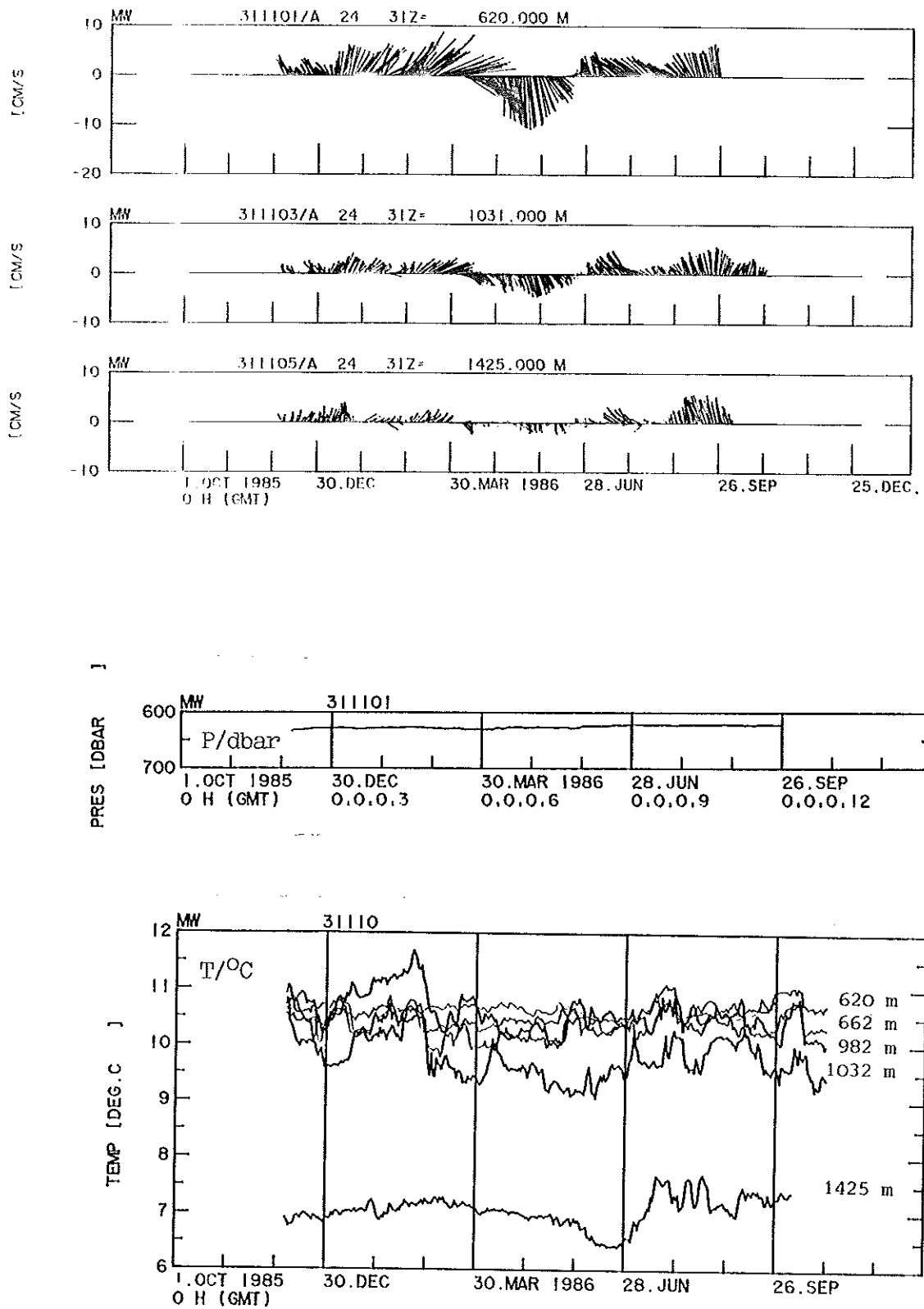


Abb. 3.10: Verankerung MW/311-1; Zeitreihen des Strömungsvektors, des Drucks und der Temperatur im Tiefenbereich des Mittelmeerwassers

Mit der Aufnahme der Verankerung N1/276-7 liegen von dieser Position nunmehr 6 1/2 Jahre lange Strömungs- und Temperaturzeitreihen vor. Die Amplituden der Strömungsschwankungen sind deutlich niedriger als in den frühen 80-er Jahren (Siedler u.a., 1985; Müller, 1987), und kräftige barotrope Signale fehlen ganz (Abb. 3.11a). Änderungen in der Strömungsrichtung sind mit Minima und Maxima der Temperatur in der Hauptsprungschicht korreliert. In den beiden Fällen, in denen in der Hauptsprungschicht ein Temperaturminimum auftritt, werden im Niveau des Mittelmeerwassers verstärkte Temperaturschwankungen beobachtet. Zumindest im zweiten Fall - August und September 1986 - scheint ein 'Meddy' die Position der Verankerung zu passieren. Untersuchungen zur vertikalen Struktur (Müller, 1987), zum Temperaturfluß und zur Kinematik einzelner Ergebnisse sind vorgesehen. Es sei darauf hingewiesen, daß auch im tiefen Ozean in etwa 3000 m Tiefe zeitweise Temperaturschwankungen von fast 1 K beobachtet werden, deren Ursachen noch ungeklärt sind.

Mit Hilfe der Zeitreihen aus den Thermistorketten-Verankerungen X/293-3, E/294-3 und Y/306-1 (Abb. 3.12 bis 3.14) sollen Untersuchungen zur Ausbreitung barokliner Rossby-Wellen im nördlichen Kanarenbecken (Finke, 1987) in einem kleineren Gebiet ergänzend untersucht werden. Auch hier scheinen 'Meddies' bei den beobachteten Temperaturfluktuationen zeitweise eine große Rolle zu spielen.

IfM Verankerungsnummer: 276-7 Externe Bezeichnung: N1
 Breite N: 33° 08.5' N Länge W: 21° 57.6' W
 Lotung: 5234 m Wassertiefe: 5285 m
 Ausgelegt: 17.11.85 Aufgenommen: 31.10.86
 Start Meßreihe: 17.11.85, 17:00 Stop Meßreihe: 31.10.86, 13:00
 Bemerkungen:

Identifikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
276701	A-VTPC	6158	302	60	Stop am 19.09.86 P konstant
702	A-VT	7656	534	60	
703	A-VT	7927	736	60	
704	A-T50	181/ 648	738- 788	120	Sensoren 1, 2, 9 und 11 ausgefallen
705	A-VT	7654	1040	60	
706	A-VT	7928	1142	60	Stop am 26.07.86
707	A-VT	7929	1644	60	Stop am 14.08.86
708	A-VT	4565	3047	60	
709	A-VT	6161	5235	60	Stop am 17.06.86

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C

A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m

ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser

P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt

$|\underline{u}|, \phi$: Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.

N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.3: Strommesser-Verankerung N1/276-7

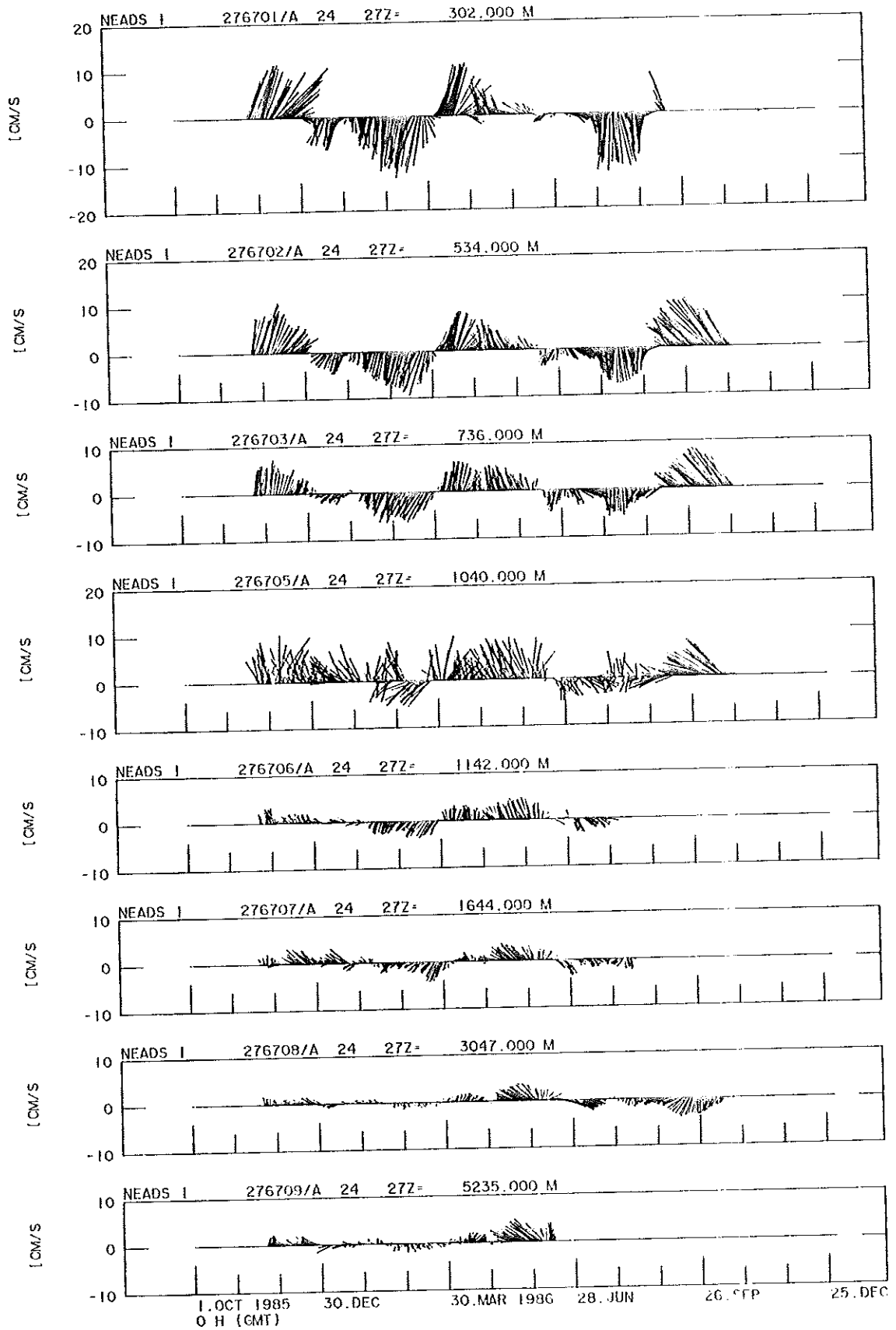


Abb. 3.11a: Verankerung N1/276-7; Zeitreihen der Strömungsvektoren in 8 Tiefen. Die Zeitachse verläuft parallel zur W-O-Richtung.

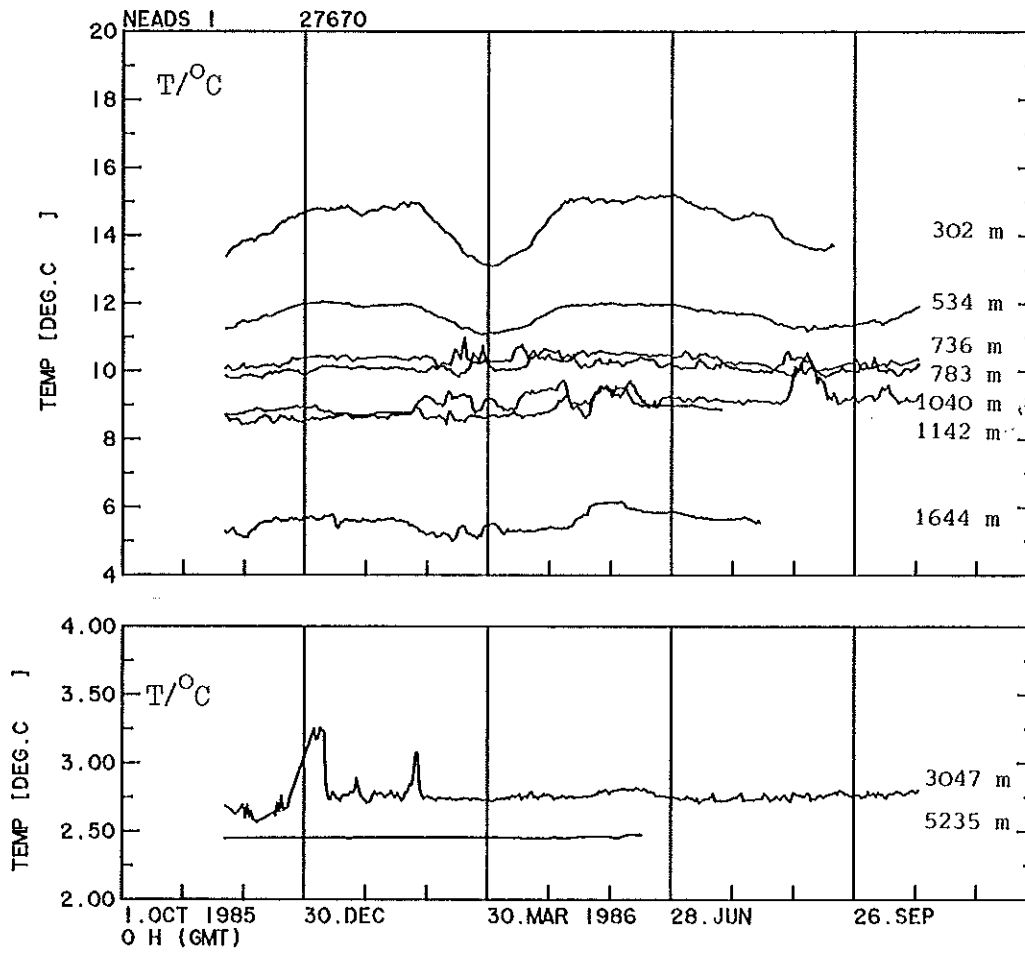


Abb. 3.11b: Wie Abb. 3.11a für Temperatur

IfM Verankerungsnummer: 293-3 Externe Bezeichnung: X
 Breite N: 28° 01.4' N Länge W: 18° 17.5' W
 Lotung: 3407 m Wassertiefe: 3432 m
 Ausgelegt: 05.10.85 Aufgenommen: 03.11.86
 Start Meßreihe: 05.10.85, 23:45 Stop Meßreihe: 03.11.86, 07:45
 Bemerkungen:

Identi- fikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
293301	A-VT	1409	163	60	starker Bewuchs am Rotor. Stop $ \underline{u} $ und ϕ ab 29.06.85
302	A-PT400	800/ 1069	167- 567	120	Sensor 4 teilweise schlecht
303	A-Tk400	712/ 1064	570- 970	120	Sensor 1 Stop 15.07.86 Sensor 7 Stop 15.06.86 Sensor 11 Stop 20.04.86 Sensor 8 defekt

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C

A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m

ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser

P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt

$|\underline{u}|$, ϕ : Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.

N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.4: Thermistorketten-Verankerung X/293-3

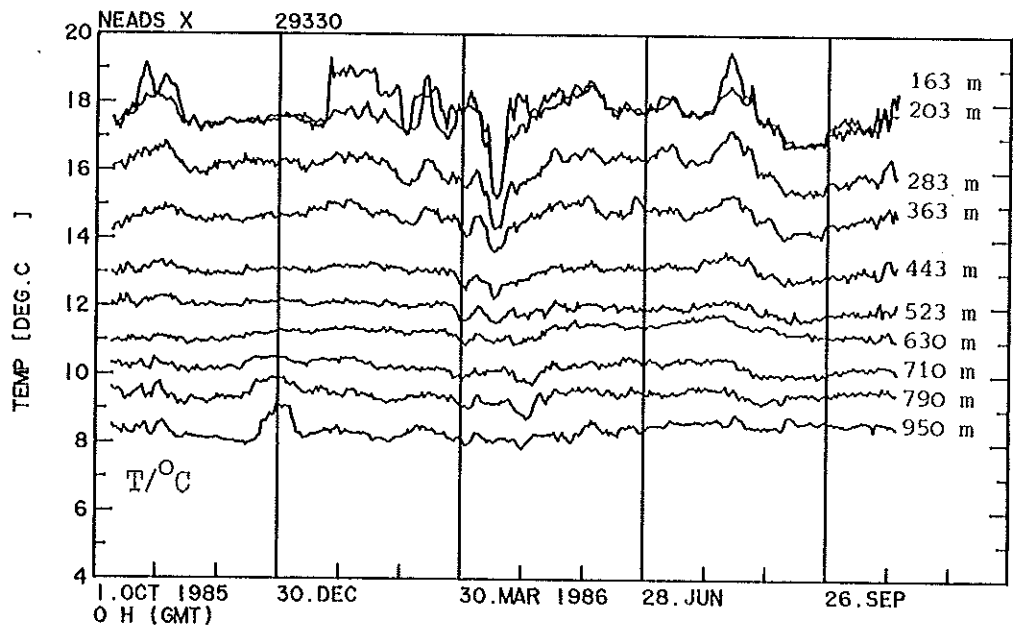
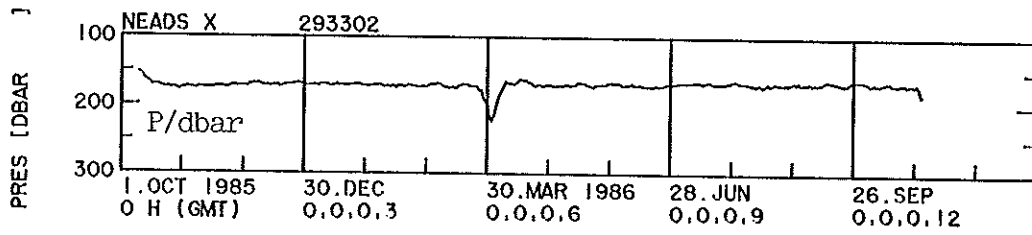
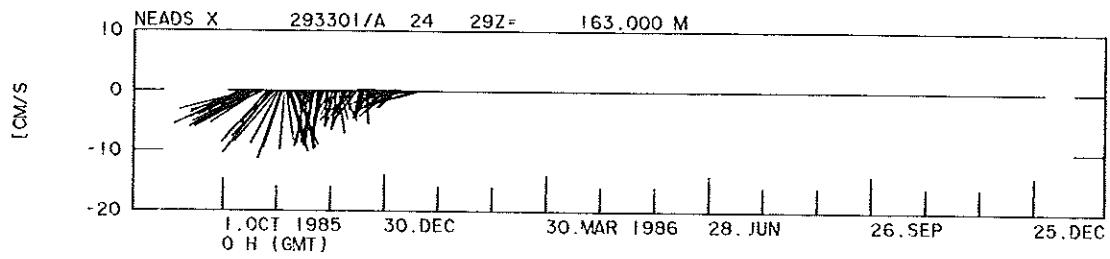


Abb. 3.12; Verankerung X/293-3; Zeitreihen des Strömungsvektors in 163 m Tiefe sowie von Druck und Temperatur in der Hauptsprungschicht

IfM Verankerungsnummer: 294-3 Externe Bezeichnung: E
 Breite N: 28° 02.8' N Länge W: 20° 25.1' W
 Lotung: 4573 m Wassertiefe: 4619 m
 Ausgelegt: 04.10.85 Aufgenommen: 02.11.86
 Start Meßreihe: 04.10.85, 21:00 Stop Meßreihe: 02.11.86, 09:00
 Bemerkungen:

Identi- fikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
294301	A-VTP	94	158	60	Stop am 14.10.86
302	A-PT400	19/ 1273	175- 475	120	
303	A-TK400	6/984	578- 978	120	

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C
 A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m
 ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser
 P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt
 $|\underline{u}|$, ϕ : Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.
 N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.5: Thermistorketten-Verankerung E/294-3

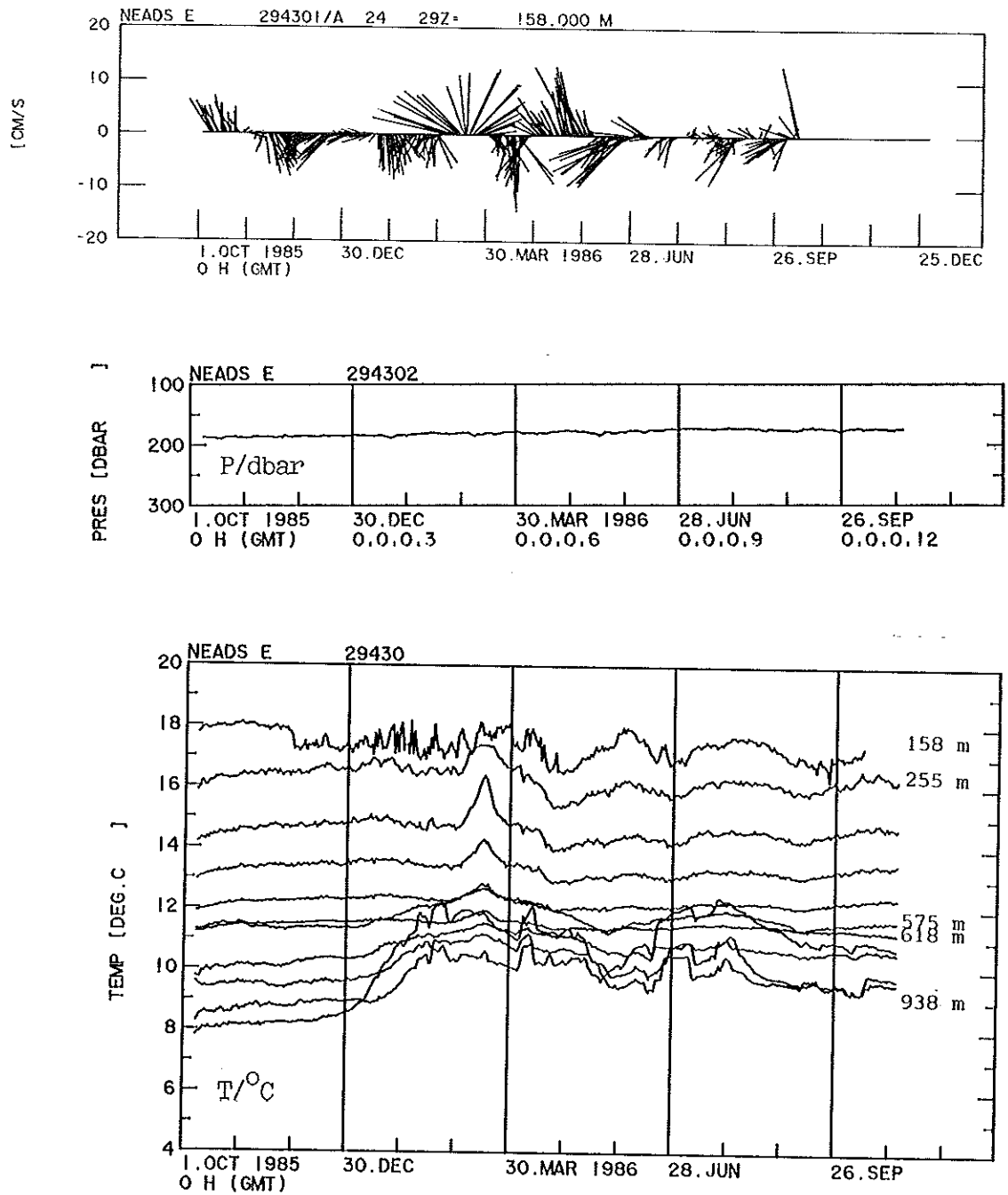


Abb. 3.13: Verankerung E/294-3. Zeitreihen des Strömungsvektors in 158 m Tiefe sowie von Druck und Temperatur in der Hauptsprungschicht

IfM Verankerungsnummer: 306-1 Externe Bezeichnung: Y
 Breite N: 26° 25.6' N Länge W: 19° 24.9' W
 Lotung: 3840 m Wassertiefe: 3878 m
 Ausgelegt: 06.10.85 Aufgenommen: 06.11.86
 Start Meßreihe: 06.10.85, 21:00 Stop Meßreihe: 06.11.86, 11:00
 Bemerkungen:

Identi- fikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
306101	A-VT	5327	263	60	Temperatur zeitweise außerhalb des Meß- bereichs
102	A-PTK400	711/ 896	268- 668	120	Kanal 10 ausgefallen
103	A-TK400	801/ 894			keine Registrierung

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C

A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m

ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser

P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt

$|\underline{u}|$, ϕ : Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.

N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.6: Thermistorketten-Verankerung Y/306-1

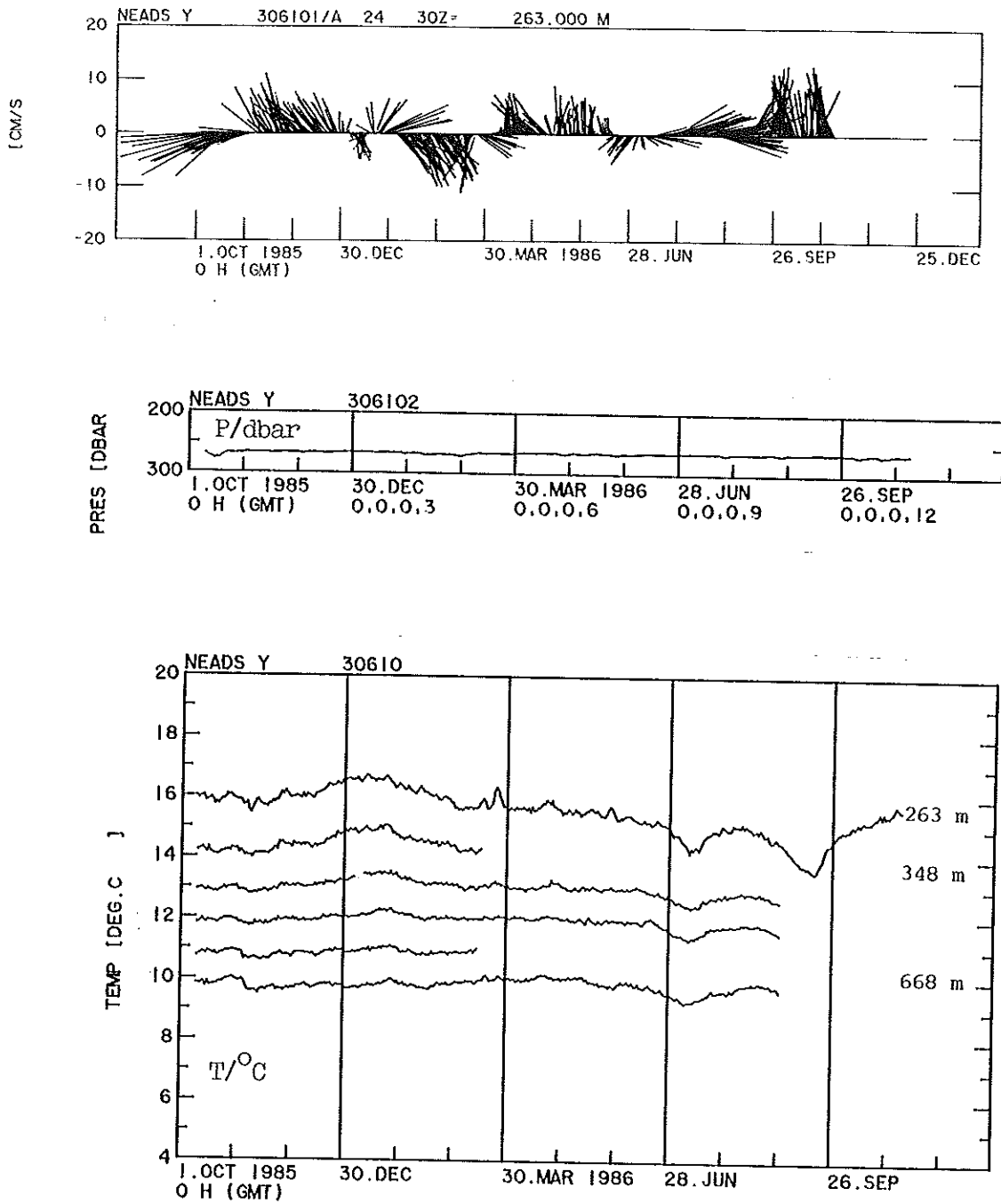


Abb. 3.14: Verankerung Y/306-1; Zeitreihen des Strömungsvektors in 263 m Tiefe sowie des Drucks und der Temperatur in der oberen Hauptsprungschicht

Ziel der Strömungsmessungen auf den Positionen V/307-1, Q/308-1 und W2/309-1 war es festzustellen, ob die kinetische Energie der Schwankungen nördlich der Zentralwassergrenze entsprechend den erwähnten Überlegungen niedriger ist als südlich. Der Datensatz scheint diese Behauptung nicht zu stützen; es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Zeitreihen von Q/308-1 und W2/309-1 noch speziell vertikal interpoliert werden müssen, da nach dem Abreißen der obersten Auftriebselemente verstärkte Verankerungsbewegung zu erwarten ist. Leider sind in beiden Fällen mit den Auftriebselementen auch die beiden obersten Geräte mit Druckfühlern verloren gegangen. In einem Fall können deshalb nur die Temperaturschwankungen als Indikatoren für die Verankerungsbewegung dienen.

IfM Verankerungsnummer: 307-1 Externe Bezeichnung: V
 Breite N: 22° 56.7' N Länge W: 20° 30.7' W
 Lotung: 4138 m Wassertiefe: 4179 m
 Ausgelegt: 08.10.85 Aufgenommen: 07.11.86
 Start Meßreihe: 08.10.85, 22:00 Stop Meßreihe: 07.11.86, 08:00
 Bemerkungen:

Identi- fikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
307101	A-VT	6051	256	60	Temperatur zeitweise außerhalb des Meß- bereichs, Rotor leicht bewachen
102	A-VT	4352	458	60	
103	A-VT	5882	660	60	
104	A-VT	5252	1292	60	
105	A-VT	6121	4094	60	

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C

A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m

ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser

P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt

$|\underline{u}|$, ϕ : Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.

N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.7: Strommesserverankerung V/307-1

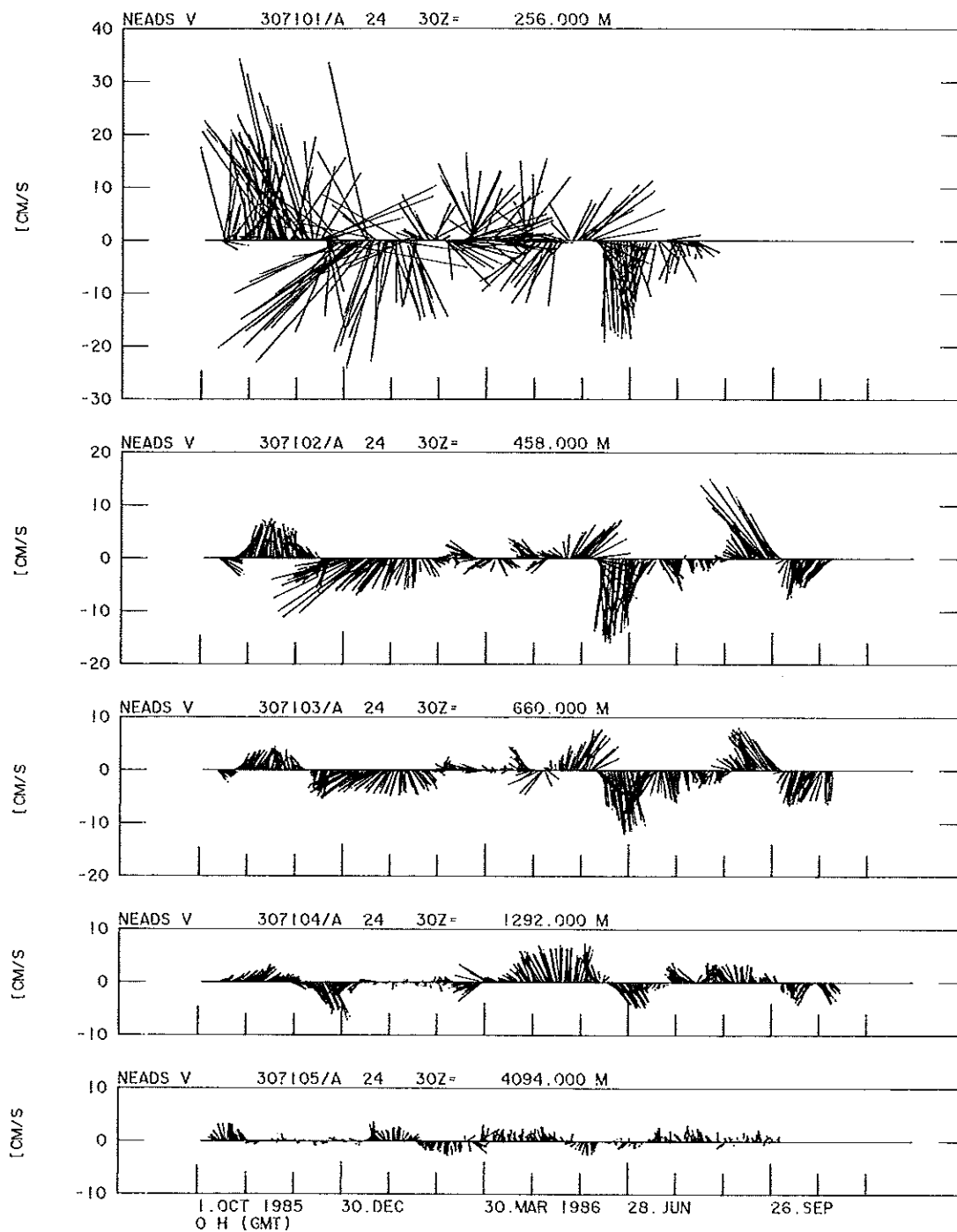


Abb. 3.15a: Verankerung V/307-1; Zeitreihen des Strömungsvektors in 5 Tiefen

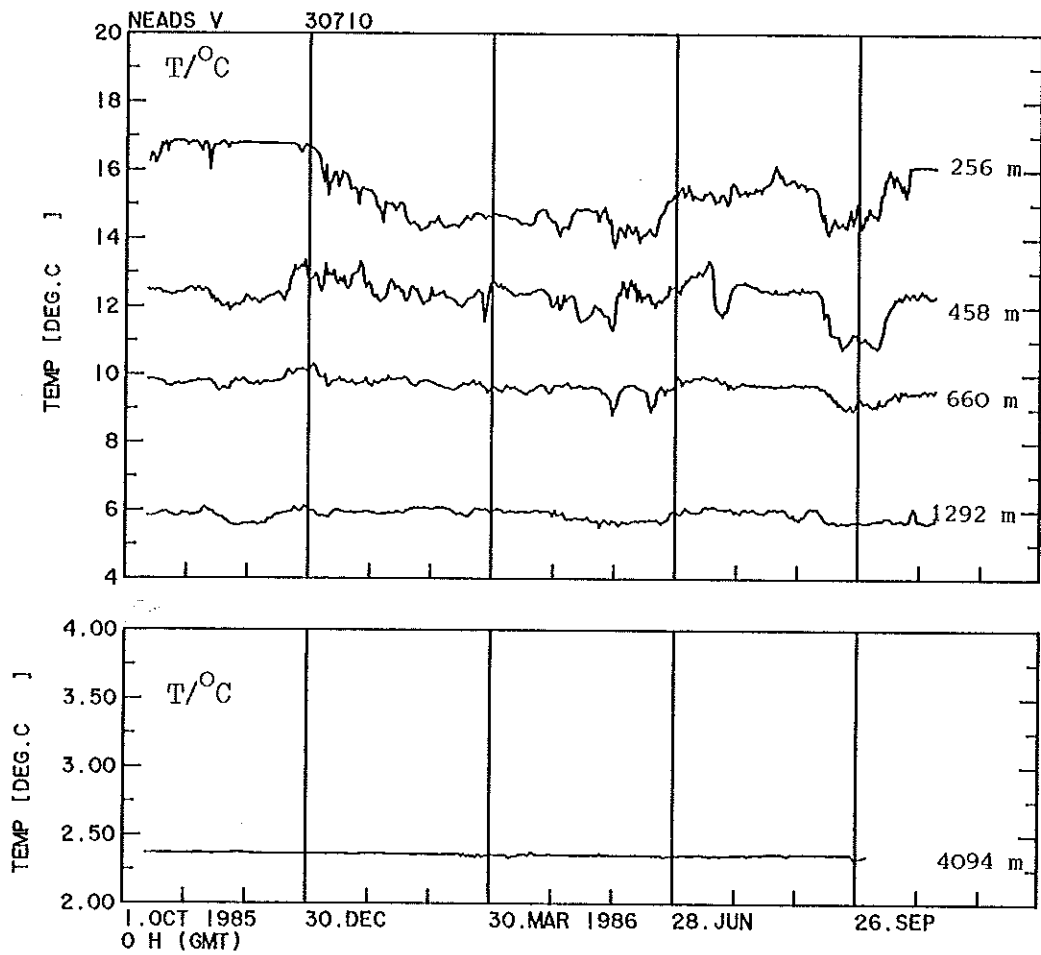


Abb. 3.15b: wie Abb 3.15a für die Temperatur

IfM Verankerungsnummer: 308-1 Externe Bezeichnung: Q
 Breite N: 21° 59.0' N Länge W: 22° 02.4' W
 Lotung: 4533 m Wassertiefe: 4572 m
 Ausgelegt: 09.10.85 Aufgenommen: 09.11.86
 Start Meßreihe: 09.10.85, 17:00 Stop Meßreihe: 09.11.86, 06:00
 Bemerkungen: Oberstes Auftriebselement und oberstes Gerät durch Bruch einer Zugstange verloren. Daher ab Jan. 86 größere Einsatztiefen.

Identifikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
308101	A-VTP	776	200		Gerät verlorengegangen
102	A-VTPC	1407	427/595	60	ab Jan. 86 tiefere Position
103	A-VT	7925	629/745	60	ab Jan. 86 tiefere Position
104	A-VT	7926	1261/ 1307	60	ab Jan. 86 tiefere Position
105	A-VT	7624	4516	60	Gerätetiefe konstant

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C
 A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m
 ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser
 P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt
 $|u|$, ϕ : Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.
 N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.8: Strommesserverankerung Q/308-1

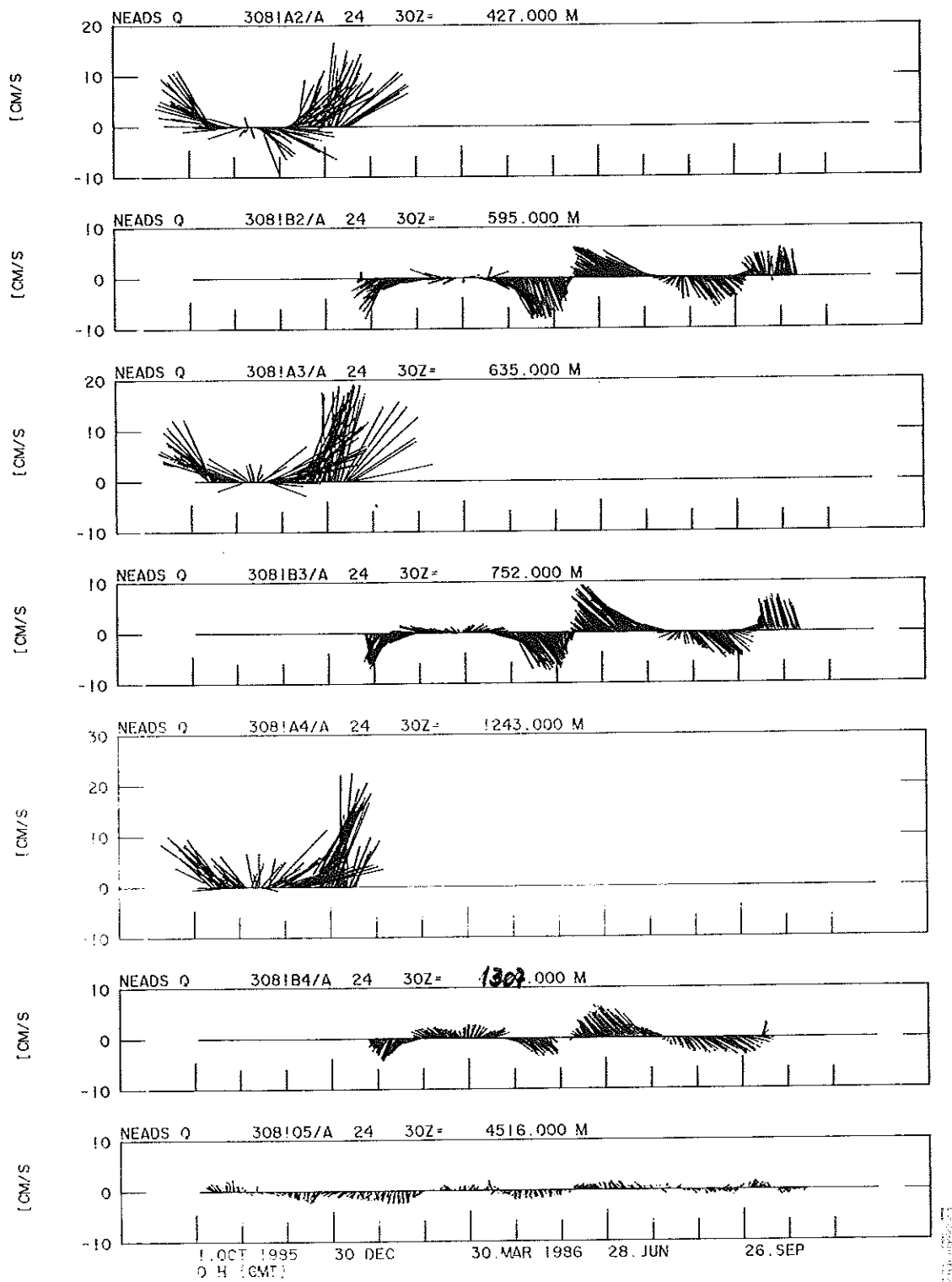


Abb. 3.16a: Verankerung Q/308-1; Zeitreihen des Strömungsvektors in 7 Tiefen. Ab Januar 1986 Verlust des obersten Auftriebselements mit verstärkter Verankerungsbewegung

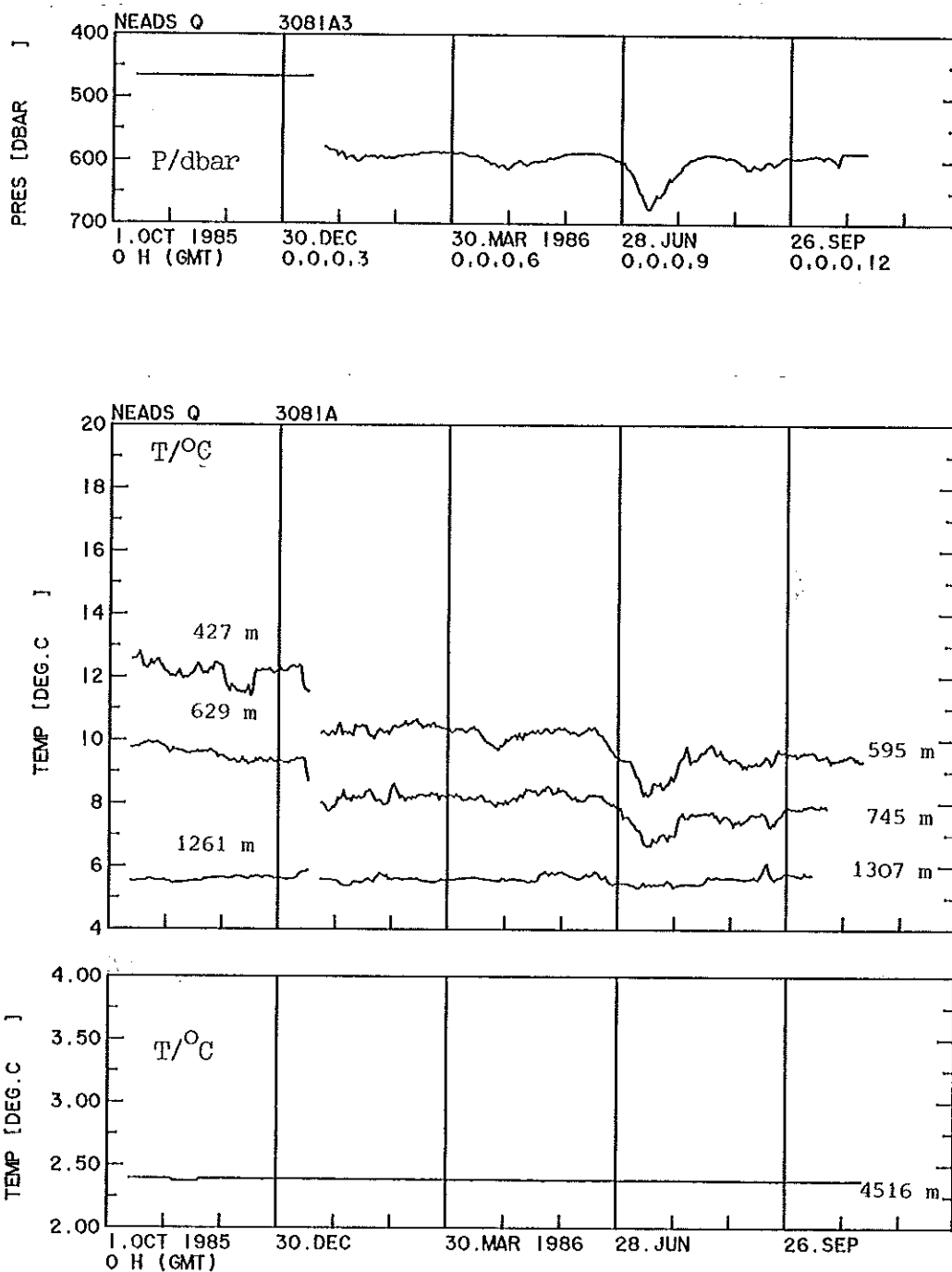


Abb. 3.16b: Wie Abb. 3.16a für Druck und Temperatur

IfM Verankerungsnummer: 309-1 Externe Bezeichnung: W2
 Breite N: 19° 02.4' N Länge W: 22° 00.0' W
 Lotung: 3459 m Wassertiefe: 3494 m
 Ausgelegt: 11.10.85 Aufgenommen: 14.11.86
 Start Meßreihe: 11.10.85, 21:00 Stop Meßreihe: 14.11.86, 10:00

Bemerkungen: Oberstes Auftriebsselement und oberstes Gerät verloren, vermutlich durch Fischbiß. Daher ab 22.12.85 größere Einsatz Tiefen.

Identi- fikation	Instrument				Bemerkungen
	Typ	Nr.	Tiefe (m)	Abtastung (min.)	
309101	A-VT	6680			durch Fischbiß verloren
102	A-VT	6074	307/640	60	ab 22.12.85 tiefere Position
103	A-VTC	6682	509/640	60	ab 22.12.85 tiefere Position, Stop = 05.08.86
104	A-VT	7924	1141/ 1272	60	ab 22.12.85 tiefere Position, Stop = 04.08.86
105	A-VT	6159	3400	60	Gerätetiefe konstant

A-VT PC : Aanderaa-Strömungsmesser RCM4/5 mit Sensoren für T, P und C

A-T50 : Aanderaa-Thermistorkette 50 m oder 400 m

ACM-2 : Neil Brown Akustischer Strömungsmesser

P, T, C, S : Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Salzgehalt

$|\underline{u}|, \phi$: Strömungsgeschwindigkeit und -richtung, rechtweisend Nord.

N : Zyklus-Nr.

Tab. 3.9: Strommesserverankerung W2/309-1

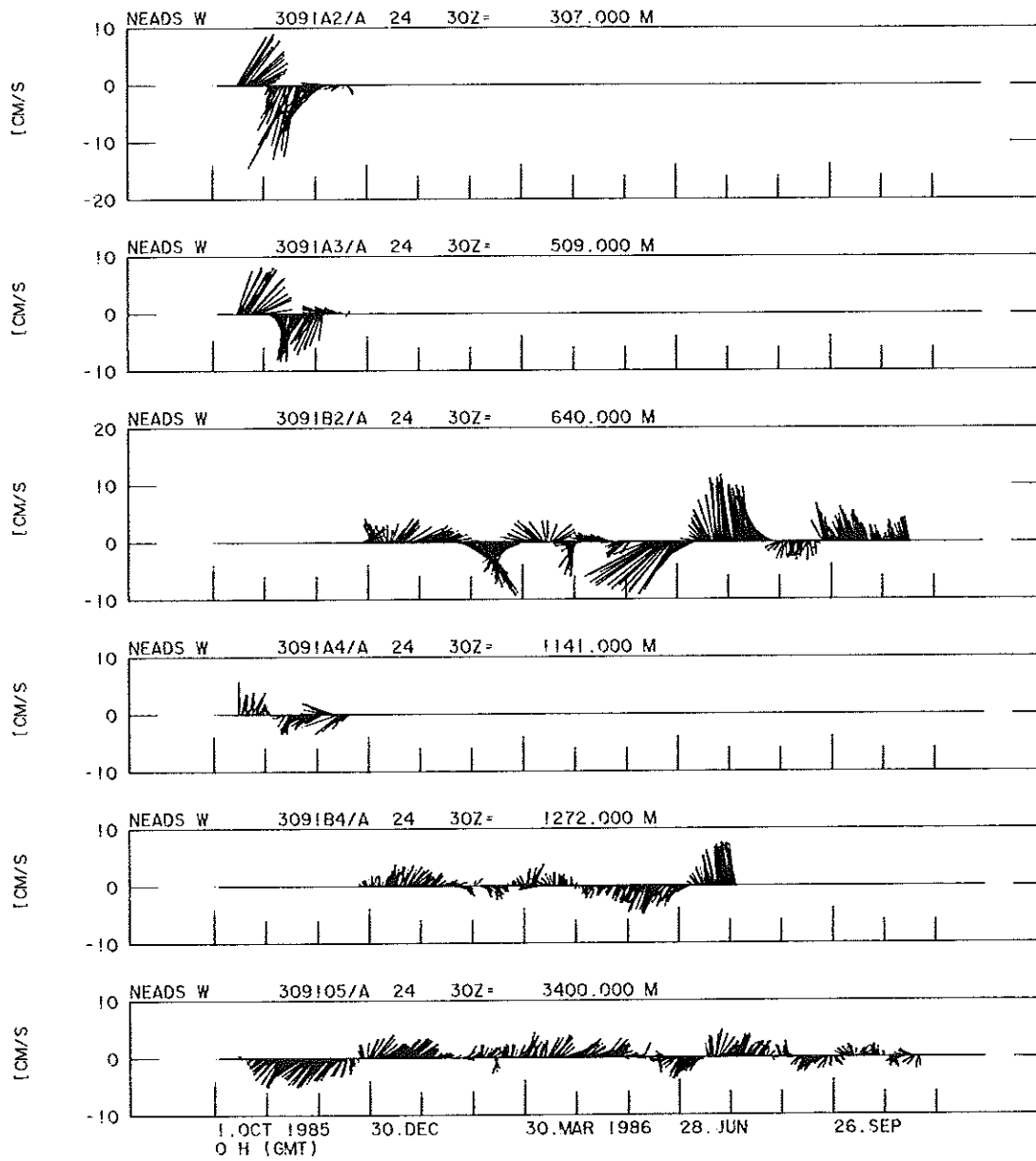


Abb. 3.17a: Verankerung W2/309-1; Zeitreihen des Strömungsvektors in 6 Tiefen. Ab 21.12.85 verstärkte Verankerungsbewegung durch Verlust des obersten Auftriebselements.

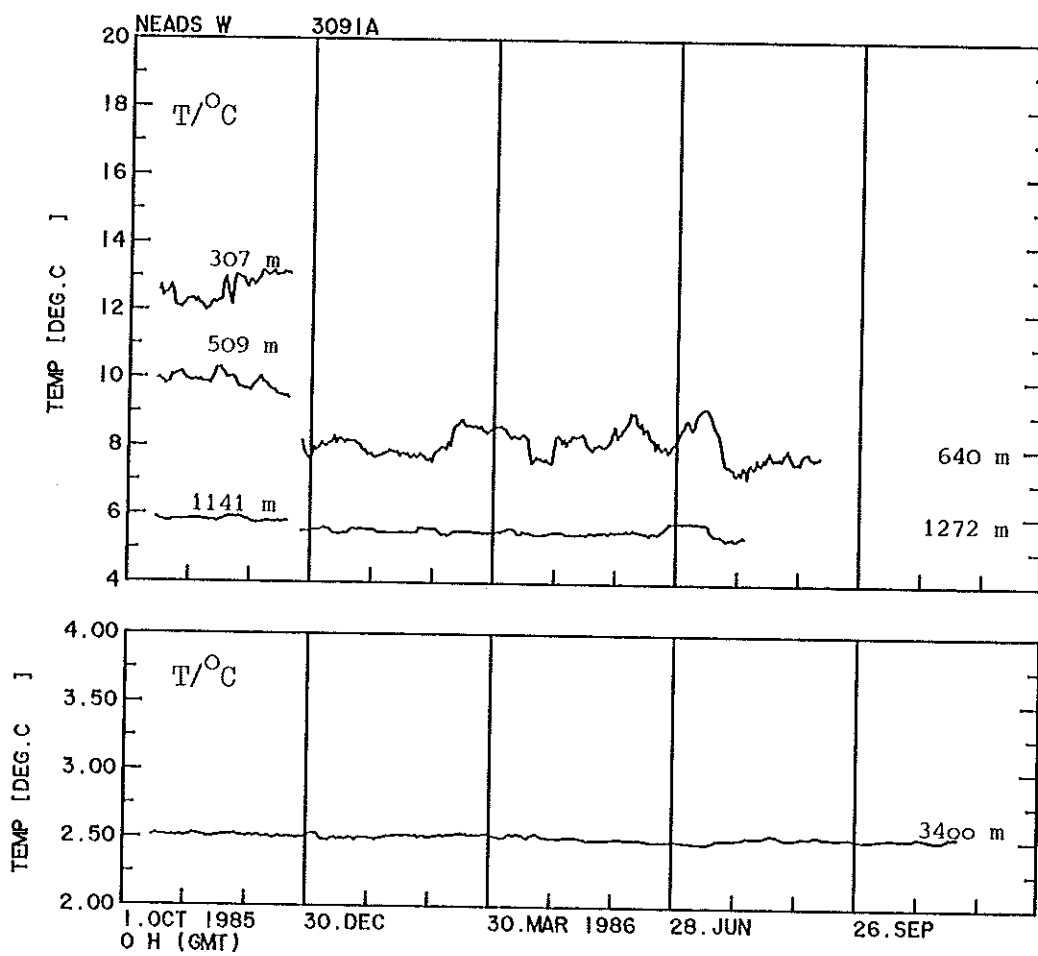


Abb. 3.17b: Wie Abb. 3.17a für die Temperatur

3.4.3 Meereschemie

Ein wesentliches Thema der Meereschemiker auf dieser Reise war der Beginn von Felduntersuchungen zum vertikalen Stofftransport anorganischer und organischer Spurenstoffe in der Wassersäule. Eine zentrale Frage des Vorhabens ist dabei das Verständnis der zur Partikelbildung führenden Prozesse sowie der Erarbeitung von Modellen zur sicheren Vorhersage des Partikelflusses und seiner räumlichen und zeitlichen Veränderungen im Ozean.

Zur Durchführung dieser Untersuchungen war der Bau einer neuen Generation von Sinkstofffallen erforderlich geworden, die auch zur Untersuchung sedimentierender chemischer Spurenstoffe geeignet sind, auf dem Markt aber nicht zur Verfügung standen. Zwei dieser Kieler IfM-Fallen (aus Glasfibrer-Kunststoff gefertigt und mit einem Mehrfachprobenwechsler mit bis zu 20 programmierbaren Probenahmeintervallen versehen) wurden auf dieser Reise in die Jahresverankerung W4/314-1 einbezogen. Die Auslegung erfolgte am 12.11.86 auf $21^{\circ} 55.8'N$, $25^{\circ} 14.2'W$ gemeinsam mit Strömungsmessern der Meeresphysik in 1000 und 4000 m Wassertiefe. Die Aufnahme dieser Systeme ist für November 1987 auf der METEOR-Reise Nr. 6 vorgesehen.

Eine weitere wichtige Voraussetzung zur Durchführung der Partikelfluß-Untersuchungen ist der Einsatz von treibenden Anordnungen mit Sinkstofffallen, die für die geplanten kleinskaligen Aufnahmen in den oberen Wasserschichten des Atlantik eingesetzt werden können. Vorstudien ergaben auch hier, daß verwertbare Erfahrungen bzw. fertige Systeme auf diesem Gebiet nicht existieren. Deshalb wurde im IfM Kiel ein neues Driftsystem entwickelt, dessen schematischer Aufbau in Abb. 3.1 dargestellt ist. Dieses System wird über eine ARGOS-Oberflächenboje per Satellit geortet, enthält unterhalb der Falle ein ca. 17 m^2 großes Treibsegel und wird von Glaskugeln getragen. Durch den Einbau mehrerer Schwimmkugeln an einer Polyamid-Schwimmlleine und deren seitliche Aufhängung an der ARGOS-Boje sollte eine erhebliche Pufferung der Vertikalbewegungen erreicht werden. Zur schnellen Ortung bzw. Bergung des Systems wurde zusätzlich ein im IfM Kiel entwickelter Sender an der ARGOS-Boje montiert, der eine Peilung bis

zu 12 sm mit einer Winkelgenauigkeit von etwa 3° erlaubt. Das damit mögliche schnelle Wiederfinden erleichtert besonders bei schlechtem Wetter die Arbeit der Schiffsführung und führt zu einer erheblichen Einsparung von Schiffszeit im Vergleich zur reinen Satellitenortung mit ARGOS, bei der nur wenige Positionen pro Tag erhältlich sind. Dieses Driftsystem - mit einer Stahlplatte als Fallen-"Dummy" - erlebte seinen ersten erfolgreichen Einsatz während dieser METEOR-Reise, und zwar vom 31.10. bis 30.11.86 zwischen etwa 33° und 34° N und 22° W. Nach seiner Aufnahme konnten keinerlei Verschleißerscheinungen festgestellt werden, so daß mit dieser Technik die kleinskaligen Partikelfluß-Prozesse im Atlantik zukünftig untersucht werden können.

3.4.4 Luftchemie

Das Vorhaben, mit unmittelbar anzeigenden Geräten in kontinuierlicher Messung ein 'aerosol monitoring' durchzuführen, hat sich weitgehend erfüllt. Zum Einsatz kamen Partikelzähler in unterschiedlichen Radialbereichen und Mass-Monitore zur Messung der Aerosolmasse. Die Geräte wurden ergänzt durch typische diskontinuierliche Methoden wie die Filterprobennahme (Masse) sowie optische Messungen, die Informationen über Vertikalverteilungen liefern können. Gemessen wurde erwartungsgemäß überwiegend maritime Reinluft mit Partikelkonzentrationen von $500-800 \text{ cm}^{-3}$, wobei die Salzpartikel aus maritimer Produktion den größten Anteil an den massenreichen Riesenteilchen ($r > 1 \mu\text{m}$) haben. Es gab allerdings auch zwei Staubfälle, die aus der Wüste heraus auf See getragen wurden.

Einen Eindruck davon mag ein Ausschnitt der Meßkurven vom 20.11.86 (Abb. 3.18) von den ersten 12 Stunden nach der Abreise aus Dakar vermitteln. Dargestellt sind die Messungen von drei Partikelzählern mit unterschiedlichen Radialbereichen während eines Staubfalles. Die Lücken in den ersten Stunden bezeichnen Zeiten, zu denen der relative Wind aus einer kritischen, achterlichen Richtung weht. Die Daten, die hier gemessen wurden, müssen daher noch auf Schiffseinflüsse untersucht werden. Die regelmäßigen Lücken in der Kurve der Aitkenteilchen (obere Kurve) sind durch das Meßprogramm erzeugt, das Meßgerät wurde hier jede Stunde einmal für eine Sonderaufgabe verwendet. Die obere Kurve der kleinsten Teilchen (Gesamtkonzentration,

Aitkenteilchen, $r < 0.1 \mu\text{m}$) zeigt zu Anfang noch Reste kontinentalen Einflusses durch erhöhte Werte und fällt allmählich auf einen Reinluftwert um 600 cm^{-3} . Die mittlere und die untere Kurve geben einen konstanten, wenn auch relativ hohen Anteil großer Teilchen $0.1 \mu\text{m} < r < 1 \mu\text{m}$ und Riesenteilchen wieder. Dann überlagert sich ab etwa 18.00 h eine Zunahme von Riesenteilchen, etwas später auch der großen Teilchen. Die Aitkenkerne verzeichnen keine Zunahme, sondern sogar eine leicht Abnahme, die sich daraus erklärt, daß diese sehr beweglichen Teilchen sich an die Staubkerne anlagern. Dieser Verlauf entspricht früheren Messungen und stellt einen Staubtransport in der Höhe dar, wobei die schnell fallenden Riesenteilchen vor den großen Teilchen am Boden eintreffen. Der Staub hält etwa 24 Stunden an, wobei das Maximum zwischen Mitternacht und 3.00 h erreicht wird.

Die Bedeutung der Riesenteilchen kommt durch ihre Anzahl nur unzureichend zum Ausdruck; man muß sich dazu vor Augen halten, daß die Masse mit der dritten Potenz relativ zur Anzahl wächst. Das führt dazu, daß Filter, die nach wie vor zusätzlich eingesetzt werden, in zwei Stunden eine größere Menge (Masse) Staub sammeln als sonst in Tagen in maritimen Verhältnissen. Die in dem obigen Beispiel gezeigten Daten sowie eine Reihe anderer Messungen integraler Parameter, die als Rohdaten allerdings nicht leicht zu interpretieren sind, sollen eingehen in die Berechnung von Größenverteilungen, die in Vorbereitung ist. Damit wird es möglich sein, die zeitlich hochauflösenden Messungen mehrerer integraler Parameter (Anzahl in verschiedenen Radienbereichen, Masse, optische Parameter) in der gleichen Dichte in Größenverteilungen umzusetzen und so eine Entwicklung der Größenverteilung zu verfolgen. Auf diese Weise werden schnelle Fluktuationen im Aerosol erfaßt. Es ist aber auch möglich, noch vergleichsweise kurze Meßintervalle zu nutzen, wie sie sich gerade auf dem Schiff häufig dann ergeben, wenn die Idealbedingung 'Wind von vorn' nicht einzuhalten ist.

Meteor 4/4
20.11.86

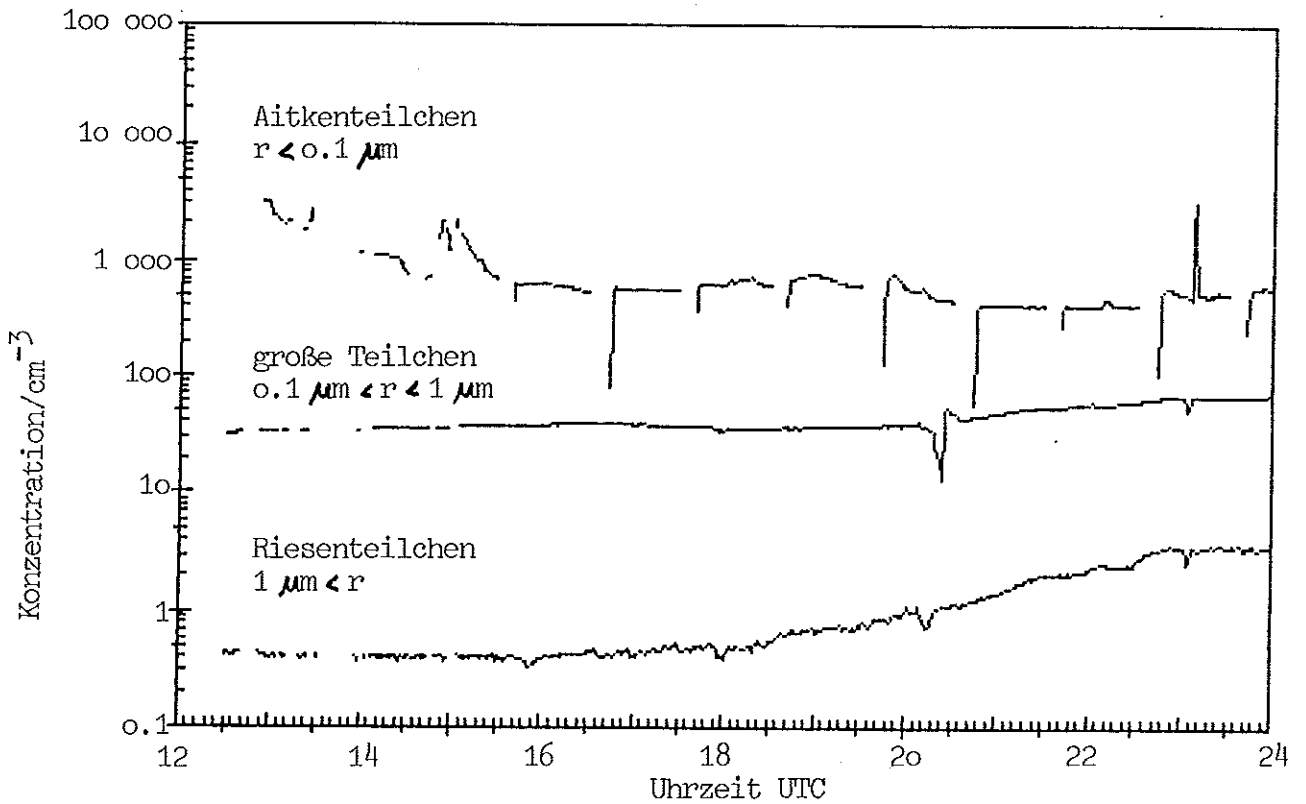


Abb. 3.18: Beispiel einer Registrierung von Aerosolkonzentrationen im Verlauf von 12 h westlich von Dakar.

Grundsätzlich hat sich das Peildeck für die Messungen des atmosphärischen Aerosols bewährt. Im Zusammenhang mit dem Gittermast, der über einen der Schwannenhäse gut erreicht werden kann, ist es möglich, Aerosol aus höheren Schichten ins Labor zu den Meßgeräten abzusaugen. Der beste Platz für die Probenahme im Mast ist das Niveau zwischen der zweiten Plattform und der Radarplattform. Weiter unten macht sich die Wirkung der Aufbauten auf die Strömung stark bemerkbar, da es oberhalb des oberen Peildecks zu erheblichen Beschleunigungen der Luft kommt. Dabei wird ein großer Anteil an kleinen Tröpfchen bis hier her transportiert, die das Schiff selbst erzeugt hat. Deshalb ist der Mast für luftchemische Messungen notwendig.

3.4.5 Aerologie

Das in einem 10"-Container integrierte ASAP (Automated Shipboard Aerological Programme)-Meßsystem der finnischen Firma Väisälä wurde erfolgreich eingesetzt. Die von einem Operateur zu bedienende mobile aerologische Station enthielt eine Meßwerterfassungsanlage (DigiCORA), eine DCP (Data Collection Platform) zur Übermittlung der verschlüsselten TEMP-SHIP-Meldung via GOES-Satellit, einen PC zur Datenspeicherung und ein pneumatisch gesteuertes Ballonstartsystem.

Auf der Meßreise wurden über dem Ost-Atlantik täglich 2 bis 3 Aufstiege (00 h, 12 h und 18 h UTC) durchgeführt, so daß insgesamt 88 Vertikalsondierungen auf Datenspeicher vorliegen. Die verschlüsselten Meldungen wurden über DCP und zur Sicherheit auch über das INMARSAT-System der METEOR abgesetzt. Softwareprobleme und gelegentlicher Rechnerausfall führten bei der ESOC vom 18.11.86, 14 h bis 20.11.86, 07 h sowie am 25.11.86 von 07.35 bis 11.30 h UTC zu Datenverlusten, die jedoch durch die Parallelübermittlung abgefangen wurden.

4. Listen

4.1 Stationen

F.S. Meteor, Reise Nr. 4

Stationen 288 bis 292 M4-1

Stationen 293 bis 356 M4-2

Abkürzungen

CTD = Leitfähigkeits-Temperatur-Druck-Sonde mit Kranzwasserschöpfer
 CTDO₂ = CTD mit Sauerstoffsensor
 CTDV = CTD mit Schallsensor
 DIPS = Drahtgeführte Profilsonde
 NS = Nährstoffe
 O₂ = Sauerstoff
 TR = Spurenstoffe; bis Station 334 Helium und Tritium, danach Freone
 MR = Verankerung aufgenommen
 ML = Verankerung ausgelegt

Station	Datum	Zeit (UTC)	Breite N	Länge W	Arbeiten, Probennahme
288	08.10.86	10:21	45° 50. 5'	06° 36. 8'	CTDV
289	10.10.86	23:02	45° 54. 1'	06° 35. 1'	CTDV
290	12.10.86	00:40	45° 43. 2'	04° 28. 1'	CTDV
291	17.10.86	22:35	47° 25. 0'	19° 40. 0'	CTDV
292	19.10.86	21:38	43° 04. 0'	20° 10. 1'	CTDV
293	28.10.86	15:44	38° 16.46'	10° 44.06'	CTD
294	29.10.86	16: 7	36° 42.33'	15° 46.55'	CTD
294	29.10.86	20:34	36° 41.99'	15° 46.93'	CTD
295	30.10.86	10:56	36° 2.56'	1° 2.05'	CTD, MR
295	30.10.86	12:45	36° 2.58'	18° 3.00'	CTD
296	1.11.86	21:57	33° 8.61'	21° 57.52'	CTD, MR, DIPS
296-2	1.11.86	2: 7	33° 8.50'	21° 57.67'	CTD, ML, DIPS
297	2.11.86	17:31	28° 1.93'	20° 25.32'	CTD, MR
298-1	3.11.86	12:27	28° 1.16'	18° 16.43'	CTD, MR
299	6.11.86	16:22	26° 25.54'	19° 24.79'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR, MR
300	7.11.86	16: 3	22° 57.25'	20° 27.33'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR, MR
301	8.11.86	6:22	20° 45.04'	20° 44.97'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
302	8.11.86	14:39	21° 3.40'	21° 3.84'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
303	8.11.86	18:37	21° 21.03'	21° 23.93'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
304	8.11.86	22:43	21° 40.07'	21° 43.85'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
305	9.11.86	2:56	21° 53.85'	21° 57.39'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , MR
306	9.11.86	15: 1	22° 19.62'	22° 23.67'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
307	9.11.86	21:13	22° 49.08'	22° 53.90'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
308	10.11.86	0:57	23° 5.71'	23° 10.61'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
309	10.11.86	5:54	23° 26.83'	23° 30.11'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
310	10.11.86	10: 7	23° 41.12'	23° 42.90'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
311	10.11.86	16:29	24° 14.99'	24° 14.94'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
312	10.11.86	23:49	24° 0.53'	25° 37.30'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
313	11.11.86	8:40	23° 44.81'	26° 59.88'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,
314	11.11.86	20:41	22° 53.23'	26° 4.96'	CTDO ₂ , NS, O ₂ ,

Station	Datum	Zeit (UTC)	Breite N	Länge W	Arbeiten, Probennahme
315	12.11.86	2:57	21° 59.77'	26° 4.18'	CTDO ₂ , NS, O ₂
316	12.11.86	16: 1	21° 56.37'	25° 12.84'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , ML
317	13.11.86	1: 9	21° 14.60'	24° 21.41'	CTDO ₂ , NS, O ₂
318	13.11.86	14:21	20° 27.81'	23° 39.29'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , ML
319	13.11.86	23:33	19° 46.47'	22° 47.44'	CTDO ₂ , NS, O ₂
320	14.11.86	13:13	19° 2.13'	22° 0.01'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , ML
321	14.11.86	21:45	20° 0.06'	21° 33.99'	CTDO ₂ , NS, O ₂
322	15.11.86	10:53	19° 2.20'	21° 59.30'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , ML
323	15.11.86	18: 6	19° 3.72'	20° 50.85'	CTDO ₂ , NS, O ₂
324	16.11.86	1: 7	18° 3.53'	21° 4.78'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
325	16.11.86	10:54	16° 34.15'	21° 26.96'	CTDO ₂ , NS, O ₂
326	17.11.86	4:21	17° 14.90'	20° 15.00'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , ML
327	20.11.86	12:33	14° 38.16'	17° 44.36'	CTDO ₂ , NS, O ₂
328	20.11.86	16:23	14° 40.24'	18° 15.09'	CTDO ₂ , NS, O ₂
329	20.11.86	20:29	14° 42.40'	18° 45.75'	CTDO ₂ , NS, O ₂
330	21.11.86	0:38	14° 45.63'	19° 16.26'	CTDO ₂ , NS, O ₂
331	21.11.86	5:22	14° 46.32'	19° 48.40'	CTDO ₂ , NS, O ₂
332	21.11.86	9:31	14° 48.84'	20° 19.45'	CTDO ₂ , NS, O ₂
333	21.11.86	13:48	14° 51.36'	20° 51.24'	CTDO ₂ , NS, O ₂
334	21.11.86	18:21	14° 53.30'	21° 22.33'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
335	21.11.86	22:25	14° 56.55'	21° 53.45'	CTDO ₂ , NS, O ₂
336	22.11.86	3:16	14° 58.80'	22° 24.85'	CTDO ₂ , NS, O ₂
337	22.11.86	7:29	14° 59.99'	22° 55.10'	CTDO ₂ , NS, O ₂
338	22.11.86	18:53	13° 30.07'	24° 7.01'	CTDO ₂ , NS, O ₂
339	23.11.86	4:47	12° 14.08'	25° 10.05'	CTDO ₂ , NS, O ₂
340	23.11.86	20:26	9° 59.92'	26° 59.97'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
341	24.11.86	4:52	11° 0.09'	26° 58.91'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
342	24.11.86	12:10	12° 0.74'	26° 58.13'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
343	24.11.86	18:53	13° 0.15'	26° 59.96'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
344	25.11.86	2: 1	14° 0.03'	27° 0.15'	CTDO ₂ , NS, O ₂
345	25.11.86	8:52	15° 0.20'	26° 58.97'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
346	25.11.86	15:47	16° 0.41'	26° 58.07'	CTDO ₂ , NS, O ₂
347	25.11.86	22:25	17° 0.18'	26° 59.61'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
348	26.11.86	5:43	17° 59.22'	26° 58.96'	CTDO ₂ , NS, O ₂
349	26.11.86	12:30	18° 59.93'	26° 59.92'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
350	26.11.86	22: 4	20° 30.19'	26° 59.88'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
351	27.11.86	7: 6	22° 0.07'	27° 0.02'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
352	27.11.86	16:53	22° 15.01'	26° 29.88'	CTDO ₂ , NS, O ₂
353	27.11.86	20:32	22° 30.26'	26° 59.79'	CTDO ₂ , NS, O ₂
354	28.11.86	2:45	23° 30.12'	26° 59.98'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
355	28.11.86	11:59	25° 0.10'	26° 59.86'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR
356	29.11.86	6:35	28° 0.14'	25° 28.02'	CTDO ₂ , NS, O ₂ , TR

4.2 XBT

F.S. Meteor, Reise Nr. 4

XBT-Nr.	Datum	Zeit UTC	Breite N	Länge W
002	6.11.86	18:59	26° 22.92'	19° 26.40'
003	6.11.86	19:59	26° 11.22'	19° 29.22'
004	6.11.86	20:59	25° 59.58'	19° 32.88'
005	6.11.86	21:59	25° 47.22'	19° 36.42'
006	6.11.86	22:58	25° 38.22'	19° 43.02'
007	7.11.86	23:58	25° 25.80'	19° 46.68'
008	7.11.86	0:58	25° 15.12'	19° 50.58'
009	7.11.86	1:58	25° 3.42'	19° 53.82'
010	7.11.86	2:58	24° 52.08'	19° 57.12'
011	7.11.86	3:58	24° 40.32'	20° 0.48'
012	7.11.86	4:59	24° 28.68'	20° 4.02'
013	7.11.86	6: 1	24° 16.50'	20° 7.50'
014	7.11.86	6:58	24° 4.20'	20° 10.50'
015	7.11.86	7:58	23° 51.78'	20° 14.22'
016	7.11.86	8:58	23° 39.48'	20° 17.88'
017	7.11.86	9:58	23° 27.30'	20° 21.60'
018	7.11.86	10:57	23° 17.88'	20° 24.18'
019	7.11.86	11:57	23° 5.10'	20° 28.20'
020	7.11.86	18:59	22° 57.96'	20° 30.12'
021	7.11.86	19:59	22° 46.68'	20° 31.80'
022	7.11.86	20:59	22° 34.68'	20° 32.88'
023	7.11.86	21:58	22° 22.38'	20° 34.38'
024	7.11.86	22:58	22° 10.08'	20° 35.82'
025	8.11.86	23:58	21° 57.30'	20° 37.20'
026	8.11.86	0:58	21° 45.12'	20° 38.52'
027	8.11.86	1:58	21° 32.28'	20° 39.90'
028	8.11.86	2:58	21° 19.38'	20° 41.22'
029	8.11.86	3:58	21° 6.60'	20° 42.72'
030	8.11.86	4:57	20° 59.10'	20° 49.50'
031	8.11.86	6: 0	20° 47.10'	20° 45.60'
032	8.11.86	2: 8	20° 49.32'	20° 47.52'
034	8.11.86	14: 9	21° 0.12'	21° 0.12'
035	8.11.86	17: 4	21° 9.12'	21° 9.48'
036	8.11.86	17:58	21° 16.50'	21° 19.50'
037	8.11.86	20:59	21° 25.32'	21° 28.68'
038	8.11.86	21:59	21° 34.38'	21° 37.98'
039	9.11.86	1:58	21° 46.20'	21° 50.88'
040	9.11.86	5:56	21° 56.70'	22° 1.02'
041	9.11.86	13:41	22° 8.70'	22° 15.42'
042	9.11.86	19:19	22° 34.20'	22° 39.18'
043	9.11.86	23:51	22° 57.00'	23° 1.62'
044	10.11.86	4:37	23° 16.08'	23° 19.92'
046	10.11.86	9:21	23° 34.62'	23° 37.20'
047	10.11.86	14:33	23° 58.92'	23° 59.22'
048	10.11.86	20:45	24° 7.92'	24° 56.40'
049	11.11.86	5:29	23° 53.10'	26° 18.12'

XBT-Nr.	Datum	Zeit UTC	Breite N	Länge W
050	11.11.86	17:20	23° 19.08'	26° 33.60'
051	12.11.86	0:29	22° 26.88'	26° 4.92'
052	12.11.86	8: 6	22° 0.00'	25° 36.12'
053	12.11.86	22: 0	21° 36.48'	24° 47.58'
054	13.11.86	6:31	20° 52.02'	23° 28.80'
055	13.11.86	8: 3	20° 16.02'	23° 25.98'
056	13.11.86	20:40	20° 7.50'	23° 15.18'
057	14.11.86	18:33	19° 23.88'	23° 23.70'
058	14.11.86	6: 4	19° 21.42'	21° 51.30'
060	14.11.86	19:38	19° 41.58'	21° 44.22'
061	15.11.86	14:25	19° 2.10'	21° 25.56'
062	15.11.86	22:30	18° 33.18'	20° 57.60'
063	16.11.86	7:14	17° 18.60'	21° 16.80'
064	16.11.86	21:58	16° 55.92'	20° 49.98'
065	17.11.86	11:57	17° 6.00'	20° 7.92'
066	17.11.86	12:57	16° 58.32'	19° 59.28'
067	17.11.86	13:57	16° 50.40'	19° 50.52'
068	17.11.86	14:57	16° 42.42'	19° 41.40'
069	17.11.86	15:57	16° 34.20'	19° 32.40'
070	17.11.86	16:53	16° 25.38'	19° 25.20'
071	17.11.86	17:54	16° 16.92'	19° 16.38'
072	17.11.86	18:56	16° 8.52'	19° 8.58'
073	17.11.86	19:56	16° 0.48'	18° 59.22'
074	17.11.86	20:55	15° 52.38'	18° 49.32'
076	17.11.86	22: 9	15° 42.42'	18° 38.10'
077	17.11.86	22:56	15° 36.00'	18° 30.78'
080	18.11.86	0: 7	15° 26.40'	18° 20.52'
082	18.11.86	1: 2	15° 19.50'	18° 12.72'
083	18.11.86	1:56	15° 12.12'	18° 5.10'
084	20.11.86	15: 0	14° 39.12'	17° 59.88'
085	20.11.86	19: 4	14° 41.28'	18° 30.48'
086	20.11.86	23:22	14° 43.92'	19° 1.50'
088	21.11.86	8:18	14° 48.12'	20° 3.00'
092	21.11.86	21:15	14° 55.32'	21° 38.88'
093	22.11.86	1:46	14° 56.88'	22° 8.40'
095	22.11.86	9:58	14° 57.48'	22° 58.98'
096	22.11.86	11: 0	14° 57.48'	23° 4.62'
097	22.11.86	11:54	14° 38.22'	23° 11.88'
099	22.11.86	13: 5	14° 27.30'	23° 20.82'
100	22.11.86	14: 0	14° 16.92'	23° 29.40'
101	22.11.86	15: 0	14° 7.38'	23° 38.40'
102	22.11.86	16: 0	13° 56.40'	23° 46.68'
103	22.11.86	17: 0	13° 48.00'	23° 55.02'
104	22.11.86	18: 0	13° 36.90'	24° 2.70'
105	22.11.86	21: 0	13° 26.88'	24° 9.90'
107	22.11.86	23: 0	13° 0.00'	24° 26.82'
108	23.11.86	0: 0	12° 58.20'	24° 33.78'
109	23.11.86	1: 0	12° 48.18'	24° 41.70'
110	23.11.86	2: 0	12° 37.92'	24° 49.68'
111	23.11.86	3: 0	12° 29.28'	24° 57.48'

XBT-Nr.	Datum	Zeit UTC	Breite N	Länge W
112	23.11.86	4: 0	12 ⁰ 19.50 [,]	25 ⁰ 4.98 [,]
113	23.11.86	7: 0	12 ⁰ 11.28 [,]	25 ⁰ 12.48 [,]
114	23.11.86	8: 0	12 ⁰ 1.92 [,]	25 ⁰ 20.10 [,]
115	23.11.86	9: 0	11 ⁰ 53.52 [,]	25 ⁰ 28.62 [,]
116	23.11.86	9:58	11 ⁰ 43.68 [,]	25 ⁰ 35.88 [,]
117	23.11.86	11: 0	11 ⁰ 33.12 [,]	25 ⁰ 43.20 [,]
118	23.11.86	12: 0	11 ⁰ 23.22 [,]	25 ⁰ 51.18 [,]
119	23.11.86	13: 0	11 ⁰ 12.30 [,]	25 ⁰ 59.88 [,]
120	23.11.86	14: 0	11 ⁰ 2.88 [,]	26 ⁰ 7.50 [,]
121	23.11.86	14:59	10 ⁰ 52.50 [,]	26 ⁰ 15.72 [,]
122	23.11.86	16: 0	10 ⁰ 43.02 [,]	26 ⁰ 22.98 [,]
123	23.11.86	16:59	10 ⁰ 33.60 [,]	26 ⁰ 32.22 [,]
124	23.11.86	17:59	10 ⁰ 23.52 [,]	26 ⁰ 40.62 [,]
125	23.11.86	18:59	10 ⁰ 13.08 [,]	26 ⁰ 48.78 [,]
126	23.11.86	19:59	10 ⁰ 3.72 [,]	26 ⁰ 57.18 [,]
127	23.11.86	22:59	10 ⁰ 2.10 [,]	26 ⁰ 59.88 [,]
128	24.11.86	0: 1	10 ⁰ 14.58 [,]	26 ⁰ 59.88 [,]
129	24.11.86	0:58	10 ⁰ 25.98 [,]	26 ⁰ 59.82 [,]
130	24.11.86	2: 1	10 ⁰ 37.08 [,]	26 ⁰ 58.80 [,]
131	24.11.86	2:59	10 ⁰ 47.58 [,]	26 ⁰ 56.58 [,]
132	24.11.86	4: 0	10 ⁰ 58.38 [,]	26 ⁰ 56.58 [,]
133	24.11.86	6:59	11 ⁰ 4.68 [,]	27 ⁰ 0.48 [,]
135	24.11.86	8:59	11 ⁰ 25.68 [,]	26 ⁰ 59.82 [,]
136	24.11.86	9:59	11 ⁰ 36.72 [,]	27 ⁰ 1.02 [,]
137	24.11.86	10:59	11 ⁰ 48.18 [,]	27 ⁰ 0.18 [,]
138	24.11.86	13:58	12 ⁰ 1.80 [,]	27 ⁰ 0.78 [,]
139	24.11.86	14:56	12 ⁰ 13.32 [,]	27 ⁰ 0.42 [,]
140	24.11.86	15:57	12 ⁰ 25.62 [,]	27 ⁰ 1.50 [,]
141	24.11.86	16:58	12 ⁰ 37.38 [,]	27 ⁰ 0.12 [,]
142	24.11.86	17:57	12 ⁰ 50.40 [,]	27 ⁰ 1.02 [,]
143	24.11.86	21:57	13 ⁰ 9.72 [,]	27 ⁰ 1.08 [,]
144	24.11.86	22:58	13 ⁰ 22.08 [,]	27 ⁰ 0.12 [,]
145	25.11.86	23:58	13 ⁰ 34.98 [,]	26 ⁰ 58.98 [,]
146	25.11.86	0:57	13 ⁰ 48.42 [,]	26 ⁰ 59.52 [,]
147	25.11.86	3:57	14 ⁰ 5.40 [,]	26 ⁰ 59.70 [,]
148	25.11.86	4:57	14 ⁰ 17.22 [,]	26 ⁰ 59.58 [,]
149	25.11.86	5:57	14 ⁰ 28.98 [,]	26 ⁰ 59.88 [,]
150	25.11.86	6:57	14 ⁰ 39.78 [,]	27 ⁰ 0.12 [,]
151	25.11.86	7:58	14 ⁰ 50.82 [,]	26 ⁰ 59.88 [,]
152	25.11.86	10:58	15 ⁰ 5.58 [,]	27 ⁰ 0.30 [,]
153	25.11.86	11:58	15 ⁰ 17.58 [,]	27 ⁰ 0.18 [,]
154	25.11.86	13: 0	15 ⁰ 28.50 [,]	27 ⁰ 0.00 [,]
155	25.11.86	13:59	15 ⁰ 40.50 [,]	26 ⁰ 59.22 [,]
156	25.11.86	15: 2	15 ⁰ 53.10 [,]	26 ⁰ 59.70 [,]
157	25.11.86	17:57	16 ⁰ 7.38 [,]	27 ⁰ 0.78 [,]
159	25.11.86	19:57	16 ⁰ 31.50 [,]	27 ⁰ 0.12 [,]
160	25.11.86	20:57	16 ⁰ 43.38 [,]	27 ⁰ 0.12 [,]
161	25.11.86	21:59	16 ⁰ 55.38 [,]	26 ⁰ 59.82 [,]

XBT-Nr.	Datum	Zeit UTC	Breite N	Länge W
162	26.11.86	0:59	17° 3.30'	27° 0.30'
163	26.11.86	2: 0	17° 16.80'	26° 59.58'
164	26.11.86	3: 0	17° 28.08'	26° 59.70'
165	26.11.86	3:59	17° 39.78'	26° 59.28'
166	26.11.86	4:59	17° 51.90'	26° 59.10'
167	26.11.86	7:59	18° 7.92'	27° 0.00'
168	26.11.86	8:58	18° 19.62'	26° 59.52'
169	26.11.86	9:58	18° 31.08'	26° 59.40'
170	26.11.86	10:57	18° 43.20'	26° 59.82'
171	26.11.86	11:59	18° 55.02'	27° 0.12'
172	26.11.86	14:57	19° 5.58'	27° 0.60'
173	26.11.86	16: 0	19° 18.90'	27° 0.60'
174	26.11.86	16:58	19° 29.88'	27° 2.28'
175	26.11.86	17:58	19° 41.88'	27° 1.92'
177	26.11.86	19:57	20° 5.40'	27° 0.42'
179	26.11.86	21:20	20° 22.08'	27° 0.12'
180	27.11.86	23:58	20° 33.42'	27° 0.90'
181	27.11.86	0:59	20° 45.60'	27° 0.18'
182	27.11.86	1:57	20° 57.72'	27° 0.00'
183	27.11.86	2:59	21° 10.20'	26° 58.68'
184	27.11.86	3:59	21° 22.38'	26° 57.72'
185	27.11.86	4:59	21° 34.98'	26° 57.78'
186	27.11.86	5:59	21° 47.58'	26° 57.72'
187	27.11.86	10:31	22° 15.30'	26° 59.88'
188	27.11.86	11:45	22° 30.00'	27° 0.12'
189	27.11.86	12:50	22° 14.28'	26° 59.88'
190	27.11.86	13:56	22° 0.42'	27° 0.00'
191	27.11.86	15:25	22° 7.92'	26° 44.28'
192	27.11.86	19:16	22° 22.80'	26° 44.52'
193	27.11.86	21:58	22° 32.40'	26° 59.88'
194	27.11.86	22:58	22° 44.70'	26° 59.52'
195	28.11.86	0: 0	22° 57.90'	27° 0.12'
197	28.11.86	1:57	23° 22.62'	26° 59.88'
198	28.11.86	4:59	23° 37.98'	27° 0.72'
199	28.11.86	5:59	23° 50.88'	27° 0.30'
200	28.11.86	6:57	24° 0.42'	27° 0.12'
201	28.11.86	7:58	24° 12.60'	27° 0.12'
202	28.11.86	9: 1	24° 24.72'	27° 0.00'
203	28.11.86	10: 2	24° 37.32'	26° 59.88'
204	28.11.86	10:57	24° 49.02'	26° 59.88'
205	28.11.86	15: 0	25° 7.80'	26° 56.70'
206	28.11.86	15:56	25° 18.00'	26° 51.30'
207	28.11.86	16:57	25° 29.70'	26° 46.32'
208	28.11.86	17:56	25° 40.68'	26° 40.50'
209	28.11.86	19:59	26° 1.80'	26° 28.68'
210	28.11.86	21:59	26° 23.88'	26° 17.52'
211	29.11.86	0: 0	26° 45.90'	26° 5.82'
212	29.11.86	1:59	27° 9.48'	25° 53.58'
213	29.11.86	3:57	27° 31.20'	25° 42.48'
214	29.11.86	6: 0	27° 54.12'	25° 30.78'
215	29.11.86	8:10	28° 1.80'	25° 28.02'
216	29.11.86	10: 0	28° 24.60'	25° 17.22'

XBT-Nr.	Datum	Zeit UTC	Breite N	Länge W
217	29.11.86	12: 0	28 ⁰ 50.40'	25 ⁰ 5.10'
218	29.11.86	14: 0	29 ⁰ 12.48'	24 ⁰ 54.18'
219	29.11.86	15:58	29 ⁰ 34.98'	24 ⁰ 43.98'
220	29.11.86	17:57	29 ⁰ 58.02'	24 ⁰ 32.88'
221	29.11.86	19:58	30 ⁰ 21.12'	24 ⁰ 20.22'
222	29.11.86	21:58	30 ⁰ 43.38'	24 ⁰ 8.28'
223	29.11.96	23:59	31 ⁰ 7.50'	23 ⁰ 55.80'
224	30.11.86	1:58	31 ⁰ 31.38'	23 ⁰ 44.10'
225	30.11.86	3:58	31 ⁰ 55.50'	23 ⁰ 31.38'
226	30.11.86	5: 8	32 ⁰ 7.20'	23 ⁰ 25.70'
227	30.11.86	6: 0	32 ⁰ 18.42'	23 ⁰ 19.50'
228	30.11.86	6:59	32 ⁰ 29.22'	23 ⁰ 13.50'
229	30.11.86	7:57	32 ⁰ 40.92'	23 ⁰ 7.38'
230	30.11.86	8:58	32 ⁰ 53.40'	23 ⁰ 1.38'
231	30.11.86	9:59	33 ⁰ 5.22'	22 ⁰ 55.80'
232	30.11.86	10:58	33 ⁰ 17.52'	22 ⁰ 49.38'
233	30.11.86	11:59	33 ⁰ 28.08'	22 ⁰ 43.08'
234	30.11.86	13: 0	33 ⁰ 39.30'	22 ⁰ 35.28'
236	30.11.86	14:58	34 ⁰ 1.92'	22 ⁰ 21.00'
237	30.11.86	15:58	34 ⁰ 12.60'	22 ⁰ 22.08'

4.3 Verankerungen

F.S. Meteor, Reise Nr. 4

Abkürzungen

MR = Verankerung aufgenommen
 ML = Verankerung ausgelegt
 SM = Strömungsmesser
 TK = Thermistorkette mit 11 Temperatursensoren
 SF = Sinkstoff-Fallen

Externe Bezeichnung	IfM- Nr.	Datum Zeit	Breite N Länge W	Zahl Meßgeräte	
MW	311-1	30.10.86 07:25	36° 01.9' 18° 01.1'	3 SM 1 TK	MR
N1	276-7	31.10.86 14:31	33° 08.5' 21° 57.6'	8 SM 1 TK	MR
	276-8	01.11.86 12:07	33° 06.7' 21° 55.1'	8 SM 1 TK	ML
E	294-3	02.11.86 14:58	28° 02.8' 20° 25.1'	1 SM 2 TK	MR
X	293-3	03.11.86 09:05	28° 01.4' 18° 17.5'	1 SM 2 TK	MR
Y	306-1	06.11.86 13:05	26° 25.6' 19° 24.9'	1 SM 2 TK	MR
V	307-1	07.11.86 13:45	22° 56.7' 20° 30.7'	5 SM	MR
Q	308-1	09.11.86 08:33	21° 59.0' 22° 02.4'	5 SM	MR
W4	314-1	12.11.86 15:40	21° 55.8' 25° 14.2'	5 SM 2 SF	ML
W3	313-1	13.11.86 13:13	20° 29.6' 23° 36.6'	5 SM	ML
W2	309-1	14.11.86 09:14	19° 02.4' 22° 00.1'	5 SM	MR
	309-2	15.11.86 10:53	19° 02.2' 21° 59.3'	5 SM	ML
W1	312-1	17.11.86 10:26	17° 15.1' 20° 15.9'	5 SM	ML

Alle Positionsangaben von der Auslegung.

Schlußbemerkung

Kooperation und eine gute Arbeitsatmosphäre an Bord sind die wesentlichen Grundlagen für das Gelingen einer solchen Expedition. Es ist festzuhalten, daß die Zusammenarbeit zwischen den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und der Besatzung durchweg sehr gut war. Wir bedanken uns im Namen aller eingeschifften Wissenschaftler, Techniker und Studenten herzlich bei Kapitän H. Bruns und seiner Besatzung für diese gute Zusammenarbeit. Die Teilnehmer wissen aber auch die Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung dieser Reise durch die Leitstelle METEOR und die Reederei RF zu würdigen. Die Arbeitsgruppe Dr. Schenke dankt außerdem Herrn Prof. Wille und der FWG Kiel für die leihweise Bereitstellung einer Sonde und Herrn Prof. Lichtner vom Institut für Kartographie der Universität Hannover für die Zusammenarbeit bei der Datenauswertung. Die Koordinatoren und Fahrtleiter möchten auch den Teilnehmern der Reise, die zur Erstellung dieses Berichts beigetragen haben, für ihre Unterstützung danken.

Die Kapverden-Expedition wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Literatur:

- Armi, L. und W. Zenk (1984): Large lenses of highly saline Mediterranean water. Journ. Phys. Oceanogr. 14, 1560-1576.
- Bauer, E. und G. Siedler (1987): The relative contributions of advection and diapycnal mixing below the subtropical salinity maximum. Deep-Sea Res. (eingereicht).
- Finke, M. (1987): Zirkulation und Rossby-Wellen im Kanarenbecken. Diss. mat.-nat. Fak. Univ. Kiel, 170 S. (eingereicht).
- Heinrich, H. (1986): A comparison of Conventional Ship-Installed 3.5 kHz Sub Bottom Profiler (SBP) and the new KAE "PARASOUND". Dt.hydrogr.Z., 39, (6), Mitteilungen.
- Höltje, A. (1987): Genauigkeitsanalyse von flächenhaften Kartierungen des Meeresbodens. Diplomarbeit, Institut für Kartographie, Universität Hannover, 81 S.
- IFREMER (1982): Carte Bathymetrique des Canyons Sud-Armoricains St.Narzaire, de Noirmoutier Scale 1:100000, IFREMER, Brest.
- Käse, R. und W. Zenk (1987): Reconstructed Mediterranean salt lens trajectories. J. Phys. Oceanogr., 17, 158-163.
- Krauss, W., E. Fahrbach, A. Aitsam, J. Elken und P. Koske (1987): The North Atlantic current and its associated eddy field southeast of Flemish Cap. Deep.-Sea Res. 34, 7, 1163-1185.
- Krupp Atlas Elektronik (1986): Bedienungsanleitung ATLAS HYDROSWEEP-ANLAGE. Bremen (unveröffentlicht).
- Kruse, I. (1987): TASH-Ein Programmsystem zur Berechnung von digitalen Geländemodellen (DGM) und zur Ableitung von Isoliniendarstellungen. Begleitendes Lehrmaterial zum 4.Kontaktstudium der Fachrichtung Vermessungswesen, Universität Hannover (unveröffentlicht).
- Luyten, J.R., J. Pedlowski und H. Stommel (1983): The ventilated thermocline. J. Phys. Oceanogr., 13, 292-309.
- Matthews, D.H., A.S. Laughton, D.T. Pugh, E.J.W. Jones, J. Thunderland, M. Takin, und M. Bacon (1969): Crustal Structure and Origin of Peake and Freen Deeps, NE-Atlantic. Geophy.J.R.astr.Soc., 18, 517-542.
- Müller, T.J. (1987): Analyse niederfrequenter Strömungsschwankungen im Nordostatlantik. Diss. mat.-nat. Fak. Univ. Kiel, 134 S.

- Müller, T.J., M. Finke, W. Dasch und R.-R. Wittstock (1987): Hydrographic and current measurements in the North-East Atlantic Ocean. Ber. Inst. Meereskd. Univ. Kiel, Nr. 166, 106 pp.
- Ocean Consult GmbH (1986): F.S.METEOR Benutzerhandbuch. Lauenburg/Elbe (unveröffentlicht).
- Owens, W.B. und R.C. Millard (1985): A New Algorithm for CTD Oxygen Calibration. Journ. Phys. Oceanogr. 15, 5, 621-631.
- Sanford, T.B. (1971): Motionally induced electric and magnetic fields in the sea. Journ. Geophys. Res. 76, 3476-3492.
- Schenke, H.W. und J. Ulrich: Flächenhafte Kartierung des Meeresbodens (1986): Geowissenschaften in unserer Zeit, 4(4), 122-130, Weinheim.
- Schenke, H.W. (1986): Wissenschaftlicher Fahrtbericht der METEOR-Reise M4/1, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven (unveröffentlicht).
- Siedler, G., A. Kuhl und W. Zenk (1987): The Madeira Mode Water. J. Phys. Oceanogr. (in press).
- Stramma, L. (1984): Geostrophic transport in the Warm Water Sphere of the eastern subtropical North Atlantic. J. Mar. Res., 42, 537-558.
- Thiele, G., W. Roether, P. Schlosser, R. Kuntz, G. Siedler und L. Stramma (1986): Baroclinic flow and transient-tracer fields in the Canary-Cape Verde Basin. J. Phys. Oceanogr., 16, 814-826.
- Tomczak, M., Jr. (1981): A multi-parameter extension of temperature/salinity diagram techniques for the analysis of non-iso-pycnal mixing. Progr. Oceanogr., 10, 147-171.

BERICHTE AUS DEM INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

Verzeichnis der veröffentlichten Arbeiten

-
- 1 (1973) FECHNER, H. Orthogonale Vektorfunktionen zur stetigen Darstellung von meteorologischen Feldern auf der Kugeloberfläche
- 2 (1974) SPETH, P. Mittlere Meridionalschnitte der verfügbaren potentiellen Energie für jeden Januar und Juli aus dem Zeitraum 1967 bis 1972
- 3 (1974) SPETH, P. Mittlere Horizontalverteilungen der Temperatur und der verfügbaren potentiellen Energie und mittlere Meridionalschnitte der Temperatur für jeden Januar und Juli aus dem Zeitraum 1967 bis 1972
- 4 (1974) DEFANT, Fr. Das Anfangstadium der Entwicklung einer baroklinen Wellenstörung in einem baroklinen Grundstrom
- 5 (1974) FECHNER, H. Darstellung des Geopotentials der 500 mb-Fläche der winterlichen Nordhalbkugel durch natürliche Orthogonalfunktionen
- 7 (1974) SPETH, P. Die Veränderlichkeit der atmosphärischen Zirkulation, dargestellt mit Hilfe energetischer Größen
- 8 (1975) SKADE, H. Eine aerologische Klimatologie der Ostsee. Teil I - Textband
- 9 (1975) SKADE, H. Eine aerologische Klimatologie der Ostsee. Teil II - Abbildungsband
- 10 (1975) MÜLLER, H. Bestimmungstafeln für die Fischparasiten der Kieler Bucht
- 11 (1975) KEUNECKE, K.H.,
KOH, H.,
KRAUSS, W.,
MIOGA, G.,
SCHOTT, F.,
SPETH, P.,
WILLEBRAND, J.,
ZENK, W. Baltic 75 - Physikalischer Teil
Messungen des IfM, der FWG und der DFVLR
- 13 (1975) RUMOHR, H. Der Einfluß von Temperatur und Salinität auf das Wachstum und die Geschlechtsreife von nutzbaren Knochenfischen (Eine Literaturstudie)
- 14 (1975) PULS, K.E.,
MEINCKE, J. General Atmospheric Circulation and Weather Conditions in the Greenland-Scotland Area for August and September 1973
- 15 (1975) MÜLLER, H. Bibliography on parasites and diseases of marine fishes from North Sea and Baltic Sea
- 16 (1975) LÜBE, D. Schwermetall-Kontamination von Phytoplankton unter natürlichen Verhältnissen und in Laborkulturen
- 17 (1976) BEHR, H.D. Untersuchungen zum Jahresgang des atmosphärischen Wärmehaushalts für das Gebiet der Ostsee. Teil I - Textband
- 18 (1976) BEHR, H.D. Untersuchungen zum Jahresgang des atmosphärischen Wärmehaushalts für das Gebiet der Ostsee. Teil II - Abbildungsband
- 19 (1976) BROCKMANN, Ch.,
MEINCKE, J.,
PETERS, H.,
SIEDLER, G.,
ZENK, W. GATE - Oceanographic Activities on FRG-Research Vessels
- 20a (1977) WILLEBRAND, J.,
MOLLER, P.,
20b. OLBERS, D.J. Inverse Analysis of the Trimooored Internal Wave Experiment (IWEX)
Part 1
Part 2
- 21 (1976) MÜLLER, H. Die Biologie des Flachwassers vor der westdeutschen Ostseeküste und ihre Beeinflussung durch die Temperatur - eine Literaturstudie
- 22 (1976) PETERS, H. GATE - CTD Data measured on the F.R.G. Ships Shipboard Operations-Calibration-Editing
- 23 (1976) KOLTERMANN, K.P.,
MEINCKE, J.,
MOLLER, T. Overflow '73 - Data Report 'Meteor' and 'Meerkatze 2'
- 24 (1976) LIEBING, H. Grundlagen zur objektiven Ermittlung eines Bodenluftdruckfeldes für ein begrenztes Gebiet (Ostsee)
- 25 (1976) SIMONS, T.J. Topographic and Baroclinic Circulations in the Southwest Baltic
- 26 (1976) KIELMANN, J.,
HOLTORFF, J.,
REIMER, U. Data Report Baltic '75
- 27 (1976) BEHRENDT, J. Der Zusammenhang zwischen wahren und geostrophischem Wind über der Ostsee während "Baltic '75"

- 28 (1977) DEFANT, Fr.,
SPETH, P. Zwischenbericht der Arbeitsgruppe "Diagnose Empirischer Felder der Allgemeinen Atmosphärischen Zirkulation" im Schwerpunkt "Energiehaushalt und Zirkulation der Atmosphäre" der Deutschen Forschungsgemeinschaft
- 29 (1977) MEINCKE, J. Measurements of Currents and Stratification by FRV "Anton Dohrn" during the GATE Equatorial Experiment
- 30 (1977) SANFORD, Th. Design Concepts for a Shallow Water Velocity Profiler and a Discussion of a Profiler Based on the Principles of Geomagnetic Induction
- 31 (1977) MÜLLER, H. Indexed bibliography on parasites and diseases of marine fish from North Sea and Baltic Sea (2nd edition)
- 32 (1977) BROCKMANN, Ch.,
HUGHES, P.,
TOMCZAK, M. Data Report on Currents, Winds and Stratification in the NW African Upwelling Region during early 1975
- 33 (1977) SIERTS, H.W. Meteorologische Einflüsse auf das Auftriebsgebiet vor Nordwest-Afrika
- 34 (1977) CUBASCH, U. Spektren des Windes über Land und über Meer im Periodenbereich von 1-Minute bis 1 Tag
- 35 (1977) KAMINSKI, U. Klassifikation der Wetterlagen über dem Wetterschiff - C - durch vertikale natürliche Orthogonalfunktionen
- 36 (1977) JECKSTRÖM, W. Eine Entwicklung des Geopotentialfeldes der 500 mb-Fläche im Winter der Nordhalbkugel in natürliche Orthogonalfunktionen und eine Interpretation der Ergebnisse im Zusammenhang mit tatsächlichen synoptischen großskaligen Wetterlagen
- 37 (1977) CLAUSS, E.,
HESSLER, G.,
SPETH, P.,
UHLIG, K. Datendokumentation zum meteorologischen Meßprojekt 1976
- 38 (1977) KIRK, E. Objektive Analysen meteorologischer Parameter über der Kieler Bucht
- 40 (1978) OSTHAUS, A.,
SPETH, P. Large-scale horizontal fluxes of sensible energy and of momentum caused by mean standing eddies for each January and July of the period 1967 until 1976
- 41 (1978) SPETH, P. Mean meridional cross-sections of the available potential energy for each January and July of the period 1973 until 1976
- 42 (1978) SPETH, P. Mean meridional cross-sections of the available potential energy for each April and October of the period 1967 until 1976
- 43 (1978) SPETH, P. Mean horizontal fields of temperature available potential energy and mean meridional cross-sections of temperature for each January and July of the period 1967 until 1976
- 44 (1978) FECHNER, H. Darstellung meteorologischer Felder mit endlichem Definitionsgebiet durch Reihen orthogonaler Funktionen
- 45 (1978) RIECKE, W. In der Meteorologie benutzte objektive horizontale Analysenverfahren im Hinblick auf die Anwendung bei wissenschaftlichen Untersuchungen
- 46 (1978) OSTHAUS, A. Die Struktur der stehenden Temperatur- und Geopotentialwellen im Januar und Juli und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls
- 47 (1978) CORNUS, H.-P. Untersuchungen zu Deckschichtänderungen und zur Anwendbarkeit eindimensionaler Deckschichtmodelle im äquatorialen Atlantik während GATE 1974
- 48 (1978) WÖRNER, F.G.,
KOHN, A. Liste der Mikronekton- und Zooplanktonfänge der Deutschen Antarktis-Expedition 1975/76
- 49 (1978) DETLEFSEN, H. Wasseroberflächentemperaturen und Luftdruckdifferenzen im Auftriebsgebiet vor Nordwest-Afrika von 1969-1976
- 50 (1978) MENGELKAMP, H.-T. Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile über der Ostsee während des Meßprojektes "Kieler Bucht" 1976
- 51 (1978) BROCKMANN, C.,
FAHRBACH, E.,
URQUIZO, W. ESACAN - Data report
- 52 (1978) STROFING, R. Die Struktur der atmosphärischen Temperatur- und Geopotentialwellen und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls während eines viertel-jährigen Winterzeitraums November 1967 - Januar 1968
- 53 (1978) SPETH, P. Mean horizontal fields of temperature and geopotential height for each January, April, July and October for the period 1967 - 1976
- 54 (1978) KREY, J.(+),
BABENERD, B.,
LENZ, J. Beobachtungen zur Produktionsbiologie des Planktons in der Kieler Bucht: 1957-1975 - 1. Datenband
- 55 (1978) PAULY, D. A preliminary compilation of fish length growth parameters
- 56 (1978) WITTSTOCK, R.-R. Vergleich der aus Temperatur- und Dichtefluktuationen berechneten Vertikalgeschwindigkeit im GATE-Gebiet

- 57 (1978) STRUVE, S. Transport und Vermischung einer passiven Beimengung in einem Medium mit einem vorgegebenen Geschwindigkeitsfeld
- 58 (1978) MÜLLER, H. Effects of Power Plant Cooling on Aquatic Biota - An Indexed Bibliography -
- 59 (1978) JAMES, R.,
WÜRNER, F.G. Results of the Sorting of the Mikronekton and Zooplankton Material sampled by the German Antarctic Expedition 1975/76
- 60 (1978) WÜRNER, F.G. Liste der Mikronekton- und Zooplanktonfänge der 2. Deutschen Antarktis-Expedition 1977/78
- 61 (1978) SCHWEIMER, M. Physikalisch-ozeanographische Parameter in der westlichen Ostsee - Eine Literaturstudie -
- 62 (1979) MÖLLER, T.J.,
MEINCKE, J.,
BECKER, G.A. Overflow '73: The Distribution of Water Masses on the Greenland-Scotland Ridge in August/September 1973 - A Data Report -
- 63 (1979) PAULY, D. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula
- 64 (1979) WÜBBER, C. Die zweidimensionalen Seiches der Ostsee
- 65 (1979) KILS, U. Schwimmverhalten, Schwimmleistung und Energiebilanz des antarktischen Krills, *Euphausia superba* - Ergebnisse der zweiten deutschen Antarktis-Expedition des "FFS Walther Herwig" im Südsommer 1977/78
- 66 (1979) KREMLING, K.,
OTTO, C.,
PETERSEN, H. Spurenmetall-Untersuchungen in den Förden der Kieler Bucht - Datenbericht von 1977/78
- 67 (1979) RHEINHEIMER, G. Mikrobiologisch-ökologische Untersuchungen in verschiedenen Flüssen Schleswig-Holsteins - Daten -
- 68 (1979) KNOLL, M. Zur Wärmebilanz der ozeanischen Deckschicht im GATE-Gebiet
- 69 (1979) ZENK, W.,
SCHAUER, U.,
PETERSOHN, U.,
MITTELSTÄDT, R.U. Bodenströmungen und Schichtungsverhältnisse in der nördlichen Kieler Bucht im März 1978
- 70 (1979) REDELL, R.-D. Winderzeugte Trägheitsbewegungen und Energiekorrelationen interner Wellen im tropischen Atlantik
- 72 (1979) HERRMANNSEN, U. Energiespektren von Temperatur, Geopotential und Wind an ausgewählten Gitterpunkten des DWD-Gitternetzes der Nordhalbkugel
- 73 (1979) PERKUH, J. Spektrale Betrachtung der großskaligen Transporte von sensibler Energie und Drehimpuls an ausgewählten Gitterpunkten des DWD-Gitternetzes der Nordhemisphäre
- 74 (1979) VOGL, Ch. Die Struktur der stehenden Temperatur- und Geopotentialwellen im April und Oktober und die durch sie hervorgerufenen Transporte von sensibler Energie und Drehimpulse
- 75 (1980) NIELAND, H. Die Nahrung von Sardinen, Sardinellen und Maifischen vor der Westküste Afrikas
- 76 (1980) DAMM, U. Langfristige Veränderungen in der Verbreitung von Nordseefischen, untersucht durch Korrelations- und Varianzanalyse
- 77 (1980) DAUB, P. Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile über der Kieler Bucht im Zeitraum April bis Oktober 1977
- 78 (1980) EBBRECHT, H.-G. Die verfügbare potentielle Energie des Planetarischen Wirbels und ihre jährliche Variation
- 79 (1980) WOSNITZA-MENDO, C. Zur Populationsdynamik und Ökologie von *Tilapia rendalli* (Blgr.) im Lago Sauce (Peru)
- 80 (1981) ZEITZSCHEL, B.,
ZENK, W. ANTARKTIS 80/81, Beobachtungen und erste Ergebnisse der "Meteor"-Reise 56 aus der Scotia-See und der Bransfield-Straße im November/Dezember 1980 (ANT I): ein nautischer und wissenschaftlicher Bericht
- 81 (1981) STRUNK, H.A. Die kinetische Energie des planetarischen Wirbels und ihre jährliche Variation
- 82 (1981) PETERS, H. Zur Kinematik eines stochastischen Feldes interner Wellen in einer Scherströmung
- 83 (1981) WILLEBRAND, J. Zur Erzeugung großräumiger Ozeanischer Strömungsschwankungen in mittleren Breiten durch veränderliche Windfelder
- 84 (1981) STRAMMA, L. Die Bestimmung der Dynamischen Topographie aus Temperaturdaten aus dem Nordostatlantik
- 85 (1981) BXUERLE, E. Die Eigenschwingungen abgeschlossener, zweigeschichteter Wasserbecken bei variabler Bodentopographie
- 86 (1981) MÜLLER, H. Feldführer zur Diagnose der Fischkrankheiten und wichtigsten Fischparasiten in Nord- und Ostsee
- 87a (1981) KIELMANN, J. Grundlagen und Anwendung eines numerischen Modells der geschichteten Ostsee - Teil 1 -
- 87b (1981) KIELMANN, J. - Teil 2 - (Anhang, Literatur, Abbildungen)

- 88 (1981) WOODS, J.D. The GATE Lagrangian Batfish Experiment - Summary Report -
89 (1981) LEACH, H., MINNETT, P.J. The GATE Lagrangian Batfish Experiment - Data Report -
- 90 (1981) MÜLLER, T.J. Current and temperature measurements in the North-East Atlantic during NEADS - a data report
- 91 (1981) LUPATSCH, J., NELLEN, W. Der Zustand der Fischbestände in der Schlei und die Entwicklung der Fischerei im Zeitraum 1962 - 1981
- 92 (1981) HESSLER, G. Untersuchung bodennaher Temperatur- und Windfelder im Übergangsbereich Land-See am Beispiel der Kieler Bucht
- 93 (1981) STEINHAGEN-SCHNEIDER, G. Fucus vesiculosus als Schwermetall-Bioakkumulator - Der Einfluß von Temperatur, Salzgehalt und Metallkombination auf die Inkorporationsleistung
- 94 (1982) RIEGER, K.-W. Die räumliche und zeitliche Veränderlichkeit des meridionalen Transportes sensibler Energie im 850 und 200 mb-Niveau während eines Jahre (1975)
- Teil 1 - Textband
- Teil 2 - Abbildungsband
- 95 (1982) MYDLA, B. Longitudinale und zeitliche Veränderlichkeit des durch stehende und wandernde Wellen getätigten meridionalen Transportes von relativem Drehimpuls im 200 und 500 mb-Niveau in der Breitenzone von 20° bis 60°N während des Jahres 1975
- Teil 1 - Textband
- Teil 2 - Abbildungsband
- 96 (1982) WILLENBRINK, E. Wassermassenanalyse im tropischen und subtropischen Nordostatlantik
- 97 (1982) HORCH, A., MINNETT, P., WOODS, J.D. CTD Measurements Made From F.S. POSEIDON During JASIN 1978 - A Data Report -
- 98 (1982) ASTHEIMER, H. Die Variabilität der Phytoplanktonschichtung in driftenden Wasserkörpern. Untersuchungen aus dem Skagerrak, Kattegat und Bornholm-Becken im März 1979
- 99 (1982) QUADFASEL, D. Über den Monsunresponse der Zirkulation im westlichen äquatorialen Indischen Ozean
- 100 (1982) LEACH, A. Spektrale Untersuchungen des Geopotentials und des Geostrophischen Windes im 200 mb-Niveau und Parametrisierung von großsturbulentem meridionalen Drehimpulstransport
- 101 (1982) SIEDLER, G. SI-Einheiten in der Ozeanographie
- 102 (1982) STRUVE-BLANCK, S. Die Strömungen in der Kieler Bucht
- 103 (1982) KXSE, R., RATHLEV, J. CTD-Data from the North Canary Basin - "Poseidon" Cruise 86/2 - 26 March - 13 April, 1982
- 104 (1982) KRAUSS, W., WÖBBER, Ch. A detailed description of a semispectral model on the β -plane
- 105 (1982) SCHAUER, U. Zur Bestimmung der Schubspannung am Meeresboden aus der mittleren Strömung
- 106 (1983) HORSTMANN, U. Distribution patterns of temperature and watercolour in the Baltic Sea as recorded in satellite images: Indicators for phytoplankton growth
- 107 (1982) WITTSTOCK, R.-R. Zu den Ursachen bodennaher Strömungsschwankungen in der nordöstlichen Kieler Bucht
- 108 (1982) SCHRÜDER, M. Das statische Verhalten von Einpunktverankerungen bei Anströmung
- 109 (1982) BREITENBACH, J., SCHRÜDER, M. Anleitung für Benutzer des Rechenprogramms STASIP (statics of single-point moorings)
- 110 (1983) BAUERFEIND, E., BOJE, R., FAHRBACH, E., LENZ, J., MEYERHÜFER, M., ROLKE, M. Planctological and chemical data from the Atlantic at 22°W obtained in February to June 1979 ("FGGE-Equator '79")
- 111 (1983) SY, A. Warmwassersphäre - Handling and Processing of Hydrographic Data - Technical Report -
- 112 (1983) KETZLER, C. Zur Kinematik der Gezeiten im Rockall-Gebiet
- 113 (1983) FAHRBACH, E. Transportprozesse im zentralen äquatorialen Atlantik und ihr Einfluß auf den Wärmeinhalt
- 114 (1983) MÜLLER, T.J., ZENK, W. Some Eulerian current measurements and XBT-sections from the North East Atlantic - October 1980 - March 1982 - A Data Report -
- 115 (1983) VIEHOFF, Th. Bestimmung der Meeresoberflächentemperatur mittels hochauflösender Infrarot-Satellitenmessungen
- 116 (1983) HILLER, W., KXSE, R.H. Objective analysis of hydrographic data sets from mesoscale surveys

- 117 (1983) PRICE, J.M. Historic hydrographic and meteorological data from the North Atlantic and some derived quantities
- 118 (1983) FAHRBACH, E.,
KRAUSS, W.,
119 (1983) MEINCKE, J.,
SY, A. Nordostatlantik '81 - Data Report -
Nordostatlantik '82 - Data Report -
- 120 (1983) HORCH, A.,
BARKMANN, W.,
WOODS, J.D. Die Erwärmung des Ozeans hervorgerufen durch solare Strahlungsenergie
- 121 (1983) SINN, M. Berechnung der solaren Bestrahlung einer Kugel sowie des menschlichen Körpers aus Werten der Global- und Himmelsstrahlung
- 122 (1984) ASMUS, H. Freilanduntersuchungen zur Sekundärproduktion und Respiration benthischer Gemeinschaften im Wattenmeer der Nordsee
- 123 (1984) BREY, Th. Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrozoobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5 - 10 m Wassertiefe
- 124 (1984) KREMLING, K.,
WENCK, A. Chemical Data from the NW African Upwelling Region ("Auftrieb '75" and "Ostatlantik-Biozirkel 1983")
- 125 (1984) STRAMMA, L. Wassermassenausbreitung in der Warmwassersphäre des subtropischen Nordostatlantiks
- 126 (1984) JÄGER, T.,
NELLEN, W.,
SELL, H. Beleuchtete Netzgehegeanlagen zur Aufzucht von Fischbrut bis zur Setzlingsgröße - Eine Bauanleitung und Aufzuchtbeschreibung -
- 127 (1984) MÜLLER, T.J. Eulerian Current Measurements from the North East Atlantic - March 1982 - October 1983 - A Data Report -
- 128 (1984) WOODS, J.D. The Warmwatersphere of the Northeast Atlantic - A Miscellany -
- 129 (1984) FINKE, M. Messungen zum Widerstandsbeiwert von Verankerungskomponenten
- 130 (1984) GERLACH, S.A. Oxygen Depletion 1980 - 1983 in Coastal Waters of the Federal Republic of Germany. First Report of the Working Group "Eutrophication of the North Sea and the Baltic"
- 131 (1984) ASMUS, R. Benthische und pelagische Primärproduktion und Nährsalzbilanz Eine Freilanduntersuchung im Watt der Nordsee
- 132 (1984) BAUER, J.,
WOODS, J.D. Isopycnic Atlas of the North Atlantic Ocean - monthly mean maps and sections -
- 133 (1984) KNOLL, M. Feinstrukturen in der jahreszeitlichen Sprungschicht im JASIN-Gebiet
- 134 (1984) FAHRBACH, E.,
KRAUSS, W.,
MEINCKE, J.,
SY, A. Nordostatlantik '83 - Data Report -
- 135 (1984) SAURE, G. Verhalten der Freifallprofilsonde FPS
- 136 (1984) FIEDLER, M.,
TEMMING, A.,
WEIGELT, M. Eine Analyse der fischereibiologischen und fischereilichen Verhältnisse in einem für die Ölförderung genutzten Offshore-Bereich des deutschen Ostseegebietes
- 137 (1985) BÜNING, C. Eine Untersuchung der Dynamik der windgetriebenen ozeanischen Zirkulation mit einem wirbelaflösenden barotropen Modell
- 138 (1985) WEIGELT, M. Auswirkungen des Sauerstoffmangels 1981 auf Makrozoobenthos und Bodenfische in der Kieler Bucht
- 139 (1985) BREITENBACH, J.,
ZENK, W.,
DASCH, W.,
WITTSTOCK, R.-R.,
SCHLOSSER, P. A compilation of hydrographic data from the Canary Basin, October to November 1983
- 140 (1985) LENZ, J.,
SCHNEIDER, G.,
ELBRÄCHTER, M.,
FRITSCHKE, P.,
JOHANNSEN, H.,
WEISSE, T. Hydrographic, chemical, and planktological data from the North-West-African upwelling area, obtained from february to april 1983 (OSTATLANTIC-BIOZIRKEL)
- 141 (1985) OSTERROHT, C.,
WENCK, A.,
KREMLING, K.,
GÖCKE, K. Chemical planktological and microbiological investigations at an anchor station in Kiel Bight during 1981/82

- 142 (1985) ENNENGA, U. Objektive Analyse aktueller Wind- und Druckfelder über dem Nordatlantik
- 143 (1985) BAUER, J., FISCHER, J., LEACH, H., WOODS, J.D. SEA ROVER Data Report I - North Atlantic Summer 1981 - NOA '81 -
- 144 (1985) WEISSE, Th. Die Biomasse und Stoffwechselaktivität des Mikro- und Mesozooplanktons in der Ostsee
- 145 (1985) NIESSLBECK, P., VOIGT, M., KIM, S.J., BOLMS, G., HOPPE, H.-G. Auswirkungen von Salzgehalts- und Temperaturänderungen auf die Extrazelluläre Enzymaktivität marin-pelagischer Mikroorganismen
- 146 (1985) FAHRBACH, E., KRAUSS, W., MEINCKE, J., SY, A. Nordatlantik '84 - Data Report -
- 147 (1985) PAULY, D. Zur Fischereibiologie tropischer Nutztiere - Eine Bestandsaufnahme von Konzepten und Methoden -
- 148 (1985) BABENERD, B., ZEITZSCHEL, B. Trends für eintragsrelevante Faktoren und für die Nährsalzkonzentrationen im Wasser der Kieler Bucht
- Ein Beitrag zur Erforschung der Eutrophierung der Nord- und Ostsee -
- 149 (1986) BREY, T., PAULY, D. Electronic Length Frequency Analysis - A User's Guide to ELEFAN 0, 1 AND 2 (Revised and Expanded Version)
- 150 (1985) LIPPERT, A. Erzeugung niederfrequenter ozeanischer Variabilität durch fluktuierende Windfelder
- 151 (1986) ZARKESCHWARI, N. Fische als Fischräuber, dargestellt an der Nahrung demersaler Fische der Nordsee
- 152 (1986) STIENEN, Ch. Die Phytoplanktonentwicklung in Abhängigkeit von der Nährsalzkonzentration
Ein Vergleich zwischen Kieler Förde und Kieler Bucht
- 153 (1986) BAUER, E. Isopyknische und diapyknische Ausbreitungsvorgänge im tropischen und subtropischen Nordatlantik
- 154 (1986) AMBAR, I. et al. TOPOGULF - A joint programme initiated by IFREMER, Brest (France) - IFM, Kiel (W.Germany)
- Data Report -
- 155 (1986) DICKE, M. Vertikale Austauschoeffizienten und Porenwasserfluß an der Sediment/Wasser-Grenzfläche
- 156 (1986) ONKEN, R. Numerische Simulation der Erzeugung und Instabilität mesoskaliger Fronten
Numerical Simulation of the Generation and Instability of Mesoscale Fronts
- 157 (1986) WENZEL, M.K.CH. Die mittlere Zirkulation des Nordatlantik auf der Grundlage klimatologischer hydrographischer Daten
- 158 (1986) BARTHEL, K.-G. Die Stellung dominanter Copepoden-Arten im Nahrungsgefüge typischer Wasserkörper der Grönland-See
- 159 (1986) WUBBER, Ch. Ein numerisches Modell zur Untersuchung barokliner Rossby-Wellen im Nordatlantik
- 160 (1987) ISEMER, H.-J. Optimierte Parametrisierungen der klimatologischen Energie- und Impulsflüsse an der Oberfläche des Nordatlantik
- 160a (1987) ISEMER, H.-J. The Bunker Climate Atlas of the North Atlantic Ocean - a technical description of the data tape -
- 161 (1987) SCHLUSSEL, P. Infrarotfernerkundung von Oberflächentemperaturen sowie atmosphärischen Temperatur- und Wasserdampfstrukturen
- 162 (1987) VIEHOFF, Th. Bestimmung mesoskaliger Variabilitäten der Oberflächentemperatur und der Attenuation im Nordatlantik aus Satellitenmessungen
- 163 (1986) KILS, U. Verhaltensphysiologische Untersuchungen an pelagischen Schwärmen
Schwarmingbildung als Strategie zur Orientierung in Umwelt-Gradienten
Bedeutung der Schwarmingbildung in der Aquakultur
- 164 (1987) FISCHER, J. Struktur und Dynamik einer mesoskaligen Front im Wirbelfeld des Nordatlantischen Stromes
- 165 (1987) STAMMER, D., WOODS, J.D. Isopycnic Potential Vorticity Atlas of the North Atlantic Ocean
- monthly mean maps -
- 166 (1987) MÖLLER, T.J., FINKE, M., DASCH, W., WITTSTOCK, R.-R. Hydrographic and current measurements in the North-East Atlantic Ocean
Data Report F.S. Meteor Cruises 69/5 and 69/6 October to November 1984
- 167 (1987) BECKMANN, A. Die Modellierung mesoskaliger quasigeostrophischer Instabilität
- 168 (1987) ROLKE, M. Ein Verfahren zur Auswertung von Zooplanktonfeldproben mittels der quantitativen automatischen Bildanalyse am Beispiel von Material der "Meteor-Aquatorexpedition 1979"

- 169 (1987) STEGMANN, P.M. Untersuchungen zur Variabilität der sonnenlichtangeregten Fluoreszenz von Phytoplankton in der Ostsee im Hinblick auf Fernerkundung
- 170 (1987) MÜLLER, T.J. Analyse niederfrequenter Strömungsschwankungen im Nordostatlantik
- 171 (1987) BARKMANN, W. Der Einfluß der Wärmebilanz auf die Struktur der saisonalen Grenzschicht
- 172 (1987) FINKE, M. Zirkulation und Rossbywellen im Kanarenbecken
- 173 (1987) SIEDLER, G.
SCHMICKLER, H.
MÜLLER, T.J.
SCHENKE, H.W.
ZENK, W. Forschungsschiff METEOR, Reise Nr. 4
Kapverden-Expedition, Oktober - Dezember 1986