

# METEOR-BERICHTE

96-1

## *MINDIK*

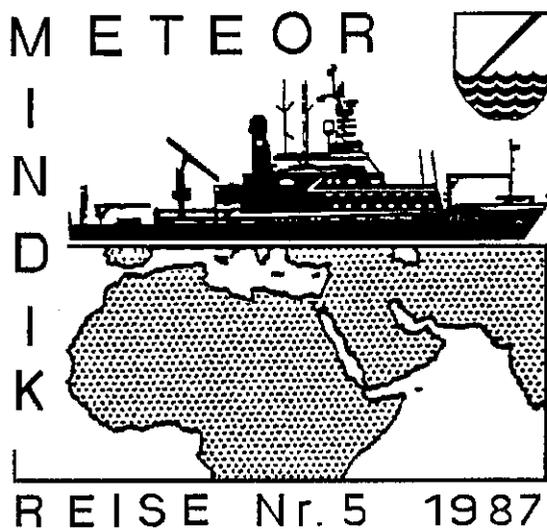
Reise Nr. 5

2. Januar 1987 - 24. September 1987

Band I

Herausgegeben von:

W. Nellen, W. Bettac, W. Roether, D. Schnack, H. Thiel, H. Weikert und B. Zeitzschel



Redaktionelle Bearbeitung:

Keiko D. Kähler-Mähl

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Leitstelle METEOR

Institut für Meereskunde der Universität Hamburg

1996



**Inhaltsverzeichnis****Band I****Seite**

Zusammenfassung	viii
Abstract	ix
1     Forschungsthemen	1
1.1    Fahrtabschnitt M 5/1, Hamburg - Port Said Fauna und Produktion im Tiefenwasser des östlichen Mittelmeeres	1
1.2    Fahrtabschnitt M 5/2, Port Said - Djibouti Tiefenwasserzirkulation, Produktionsbiologie und Lebensgemein- schaften des Benthos im Roten Meer	2
1.3    Fahrtabschnitt M 5/3a-c, Djibouti - Goa - Karatschi - Daressalam Vergleichende sedimentologische und planktologische Prozesse im nordwestlichen Indischen Ozean; Leben im sauerstoffarmen Tiefenwasser	4
1.4    Fahrtabschnitt M 5/4, Daressalam - Djibouti Regionaler Trainingskurs über bathymetrische Vermessungstechnik	4
1.5    Fahrtabschnitt M 5/5, Djibouti - Dschidda - Port Said Sommerliche Strukturen und Dynamik der Wassermassen und planktischen Lebensgemeinschaften im Roten Meer	6
1.6    Fahrtabschnitt M 5/6, Port Said - Heraklion - Palermo - Hamburg Physikalische Ozeanographie und Spurenstoffchemie des östlichen Mittelmeeres	7
2     Teilnehmer	10
3     Forschungsprogramme	24
3.1    Erster Fahrtabschnitt (H. Weikert)	24
3.1.1   Fragestellung	24
3.1.2   Ergebnisüberblick	24
3.2    Zweiter Fahrtabschnitt	26
3.2.1   Expedition Background (H. Thiel)	26
3.2.2   Zwecke der Reise	26

	<u>Seite</u>	
3.3	Dritter Fahrtabschnitt	28
	3.3.1 Unterabschnitt 3a	28
	3.3.2 Unterabschnitt 3b	30
	3.3.3 Unterabschnitt 3c	32
3.4	Vierter Fahrtabschnitt	34
3.5	Fünfter Fahrtabschnitt (H. Weikert)	34
3.6	Sechster Fahrtabschnitt	37
4	Ablauf der Reise	39
4.1	Erster Fahrtabschnitt	39
4.2	Zweiter Fahrtabschnitt	43
	4.2.1 Course of Leg 2	43
	4.2.1.1 Report of Sublegs and Port Calls	43
	4.2.1.2 International Collaboration	46
	4.2.1.3 Research Areas and Construction of Marine Boundaries	49
	4.2.2 Arbeitsgruppe Göttingen	54
4.3	Dritter Fahrtabschnitt	56
	4.3.1 Unterabschnitt 3a	56
	4.3.2 Unterabschnitt 3b	58
	4.3.3 Unterabschnitt 3c	61
4.4	Vierter Fahrtabschnitt	70
4.5	Fünfter Fahrtabschnitt	72
4.6	Sechster Fahrtabschnitt	79
	4.6.1 Die Arbeiten des Fahrtabschnittes	79
	4.6.2 Einige vorläufige Ergebnisse	80
	4.6.3 Schlußbemerkung	81
5	Berichte der Arbeitsgruppen	82
5.1	Erster Fahrtabschnitt	82
	5.1.1 Hydrographie (A. Frey, A. Frische)	82
	5.1.2 Phytoplankton und Microheterotrophs (A.G. Moigis, P.D. Walline)	83

	<u>Seite</u>
5.1.3 Planktonische Foraminiferen (D. Mühlen, Ch. Simet)	86
5.1.4 Zooplankton und Mikronekton (H. Weikert)	87
5.1.5 Benthopelagisches Makroplankton und Nekton (B. Christiansen)	92
5.1.6 Meiobenthos (A. Eleftheriou)	94
5.1.7 Makrobenthos (M. Türkay)	97
5.1.8 Schadstoffe (R. Schneider, J.-P. Villeneuve)	100
5.2 Zweiter Fahrtabschnitt	103
5.2.1 Benthic and Planktonic Bacteria (K. Lochte)	103
5.2.2 Isolation of Bacteria from Hot Brines of the Atlantis-II-Deep (G. Fiala)	107
5.2.3 Hot Brine Structure and Bacteria (M. Petzold)	109
5.2.4 Macro- and Meifauna, Chemical Properties of Sedimentary Particulate Organic Compounds, Measurement of ETS-activities (O. Pfannkuche, H. Thiel)	109
5.2.5 In situ Sediment Community Oxygen Consumption (O. Pfannkuche, V. Nuppenau)	111
5.2.6 Deep-sea Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) (G. Schriever)	113
5.2.7 Macro- and Megafauna (M. Türkay)	114
5.2.8 Benthopelagic Fauna (H. Thiel, M. Türkay, O. Pfannkuche)	117
5.2.9 Drifting Algae and Associated Fauna (H. Thiel, M. Türkay)	118
5.2.10 Foraminiferal Assemblages and Sediments (C. Hemleben)	119
5.2.11 Sediments (M.M. Osman)	124
5.2.12 Physical Oceanography (N. Verch)	124
5.2.13 Chemical Oceanography (M. Petzold, S. Burchert)	130
5.2.14 Chloroplastic and Accessory Phytoplankton Pigments (M. Petzold)	130
5.2.15 Plankton (J. Lenz)	131
5.2.15.1 Introduction	131
5.2.15.2 Chlorophyll as a Parameter for Phytoplankton Biomass (T. Pillen)	132
5.2.15.3 Composition of the Autotrophic Pico- and Nanoplankton (R. Gradinger, T. Weisse)	134
5.2.15.4 Primary Production (A. Moiges, J. Lenz, P. Fritsche)	134
5.2.15.5 Grazing Experiments (A. Moiges)	135
5.2.15.6 Dynamics of Pelagic Bacteria and Heterotrophic Nanoflagellates (T. Weisse, R. Gradinger)	135
5.2.15.7 Zooplankton Standing Stock (M. Rolke, J. Lenz)	135
5.2.15.8 Heterotrophic Activity (G. Schneider)	137
5.2.15.9 Phytoplankton (A.G. Daffalla)	138
5.2.15.10 Preliminary Conclusion (J. Lenz)	138
5.2.16 Einsatz des Göttinger Kolbenlotes	140

	<u>Seite</u>
5.2.16.1 Abschließende Beurteilung (D. Meischner)	153
5.3 Dritter Fahrtabschnitt	154
5.3.1 Unterabschnitt 3a	154
5.3.1.1 Hydrographie (H. Ashraf, W. Lenz, J. Ribbe)	154
5.3.1.2 Planktologie (B. Zeitzschel, P. Fritsche, F. Jochem, H. Maske, U. Passow, R. Peinert, K.O. Rothaupt)	157
5.3.1.3 Fischereibiologie (T. Al-Ab Dalsalaam, M. Doyle, T. Gröhsler, F. Hartmann, D. Jarosch, P. Klisch)	167
5.3.1.4 Meeresgeologie/Paläontologie (M. Bartsch, B. Buch, P. Klisch, R. Seifert)	170
5.3.2 Unterabschnitt 3b	171
5.3.2.1 Hydrographie (M. Ashraf, J. Ribbe)	171
5.3.2.2 Planktologie (W. Fleckner, N. Gelpke, H. Giesenhagen, R. Hansen, F. Jochem, B. Karrasch, R. Peinert, F. Pollehne, R. Werner, D. Wille)	173
5.3.2.3 Ichthyoplankton	178
5.3.2.3.1 Kleinskalige Verteilungsmuster (M. Doyle, F. Hartmann, D. Jarosch, J. Kinzer, A. Röpke, D. Schnack, A. Sieg, L. Tiefenbacher, U. Waller)	178
5.3.2.3.2 Ernährungszustand und Histologie von Fischlarven (C. Clemensen, F. Hartmann, B. Ueberschär)	181
5.3.2.4 Mikronekton	185
5.3.3 Unterabschnitt 3c	190
5.3.3.1 Hydrographie	190
5.3.3.2 Planktologie und Mikrobiologie (F. Pollehne, R. Boje, W. Fleckner, N. Gelpke, H. Giesenhagen, R. Hansen, F. Jochem, B. Karrasch, R. Werner, S. Wille)	192
5.3.3.3 Ichthyoplankton (A. Röpke, J. Baquer, A. Jarre, D. Jarosch, R. Nellen, W. Nellen, J. Zhao, A. Rehmann, A. Sieg)	199
5.3.3.4 Mikronekton (J. Kinzer, J. Tiefenbacher, U. Waller)	215
5.3.3.5 Erprobung Hydrosweep und anderer Systeme (B. Aechter, P. Block, M. Braun, B. Freking, W. Neu, R. Schreiber)	217
5.4 Report on the Training Course on Bathymetric Charting	218
5.5 Fünfter Fahrtabschnitt	223
5.5.1 Pelagos und Umwelt (H. Weikert)	223
5.5.1.1 Metazoenplankton und Mikronekton (H. Weikert)	224
5.5.1.2 Metabolismus und Biochemische Zusammensetzung von Zooplankton (A. Plaga)	227

	<u>Seite</u>
5.5.1.3 Detritus- und Planktondokumentation (S. Wellershaus)	229
5.5.1.4 Primärproduktion und Mikroheterotrophes Zooplankton (A. Moiges)	230
5.5.1.5 Chlorophyll-a Gehalt und Bioaktivität von Phytoplankton (G. Pätzold, R. Sachse)	233
5.5.1.6 Nährstoffchemie (S. Luck, T. Eggert, K. Stoob)	235
5.5.1.7 Strömungsmessungen (H. Giese)	237
5.5.2 Planktonische Foraminiferen und Gastropoden (C. Hemleben)	238
5.5.2.1 Planktonische Foraminiferen (A. Auras, J. Bijma)	239
5.5.2.2 Planktonisch lebende Gastropoden (K. Bandel)	243
5.5.3 Physikalische Ozeanographie (D. Quadfasel, K. Schulze, N. Verch)	244
5.5.4 Activities of the I.O., Port Sudan (H. Dirar Nasr)	245
5.6 Sechster Fahrtabschnitt	246
5.6.1 Tracer Ozeanographie (G. Bader, G. Fraas, M. Hausmann, H.G. Junghans, E. Plep, I. Rau, W. Roether, R. Schlitzer)	246
5.6.2 Bericht zur Freonmessung	248
5.6.3 Preliminary Report on CTD Measurement (A. Michelato, F. Franzutti, R. Jungwirth, P. Scarrazzato)	250
5.6.4 Harvard University Group Report (A.R. Robinson, N. Pinardi, W.G. Leslie, M.A. Spall, M. Golnaraghi)	254
5.6.5 Nährstoffanalysen (H. Johannsen)	261
5.6.6 Organische Spurenstoffe in Wasser und Neuston (T. Bulszucz, W. Drebing, K. Weber, J Breer)	261
5.6.6.1 Organische Spurenstoffe in Neuston	262
5.6.6.2 Organische Spurenstoffe im Wasser	264
5.6.7 Organische Meereschemie (M. Ehrhardt, G. Petrick)	267
5.6.8 Gruppe GPI-Hamburg (E.T. Degens, A. Spitzky, N. Skoulikidis, L. Jürgensen)	271
5.6.9 MIT Marine Geochemistry Group (D. Lea, E. Boyle)	272
5.6.10 Gravimetrie (W. Roether, J. Makris, Th. Liebe, Chr. Henke)	272
5.6.11 Luftchemie (M. Kessel, D. Kubin, Th. Darmstadt)	275

**Inhaltsverzeichnis****Band II**

	<u>Seite</u>
Zusammenfassung	viii
Abstract	ix
6 Bericht der Bordwetterwarte	1
6.1 Erster und zweiter Fahrtabschnitt bis zum 01.03.1987 (K. Dittmer, D. Bassek)	1
6.2 Ab 03.03.1987 und dritter Fahrtabschnitt (M. Gebauer-Koch, H.-J.Döscher, K. Buhlmann, D. Bassek)	2
6.3 Vierter Fahrtabschnitt (H.-J. Möller, H.-J. Döscher)	4
6.4 Fünfter Fahrtabschnitt (H.-J. Möller)	5
6.5 Sechster Fahrtabschnitt	8
7 Listen	9
7.1 Stationsliste erster Fahrtabschnitt Hamburg - Heraklion - Port Said, 2.1. - 28.1.1987	9
7.2 Zweiter Fahrtabschnitt	16
7.2.1 Station List and Station Maps of Leg 2	16
7.3 Dritter Fahrtabschnitt	37
7.3.1 Stationsliste des Abschnittes 3a	37
7.3.2 Stationsliste des Abschnittes 3b	57
7.3.3 Stationsliste des Abschnittes 3c	73
7.3.4 Hydrographie Stationen	87
7.4 Fünfter Fahrtabschnitt	93
7.4.1 Stationsliste	93
7.4.2 Multischließnetzfänge, 55 $\mu\text{m}$	131
7.4.3 Multischließnetzfänge, 300 $\mu\text{m}$	133
7.4.4 1 m <sup>2</sup> Mocnessfänge, 300 $\mu\text{m}$	138
7.4.5 10 m <sup>2</sup> Mocnessfänge, 1600 $\mu\text{m}$	139
7.4.6 Neustonfänge, 300 $\mu\text{m}$	140
7.4.7 Für biochemische Untersuchungen fixiertes Material	142
7.4.8 Produktionsbiologische Stationen	146

	<u>Seite</u>
7.4.9 Liste der impulsfluorometrischen Chlorophyllbestimmungen	147
7.4.10 Chlorophyll-a Stationen im Suez-Kanal	149
7.4.11 Multischließnetze, 100 $\mu\text{m}$ : Stations- und Positionsliste	149
7.4.12 Stationskarten	151
7.5 Stationsliste des sechsten Fahrtabschnittes	159
7.5.1 Stationsliste	159
8 Acknowledgement	177
9 Literatur	178

## **Zusammenfassung**

Die METEOR-Reise Nr. 5 war die erste längere Expedition des 1986 in Dienst gestellten und damit jüngsten Forschungsschiffes der Bundesrepublik Deutschland. Wie ihre Vorgängerin hat auch die neue METEOR für ihre große Bewährungsprobe als modernes, multidisziplinär einsetzbares und technisch hoch entwickeltes, meereskundliches Forschungsinstrument das Mittelmeer, das Rote Meer und den westlichen Indischen Ozean zum Ziel.

Die Planung für die neun Monate dauernde Fahrt beruht auf Ideen, von denen schon vorangegangene große deutsche meereskundliche Unternehmungen geleitet wurden. Es sollen, losgelöst von anwendungsbezogenen Fragestellungen, Grundkenntnisse über weiträumig im Meer stattfindende physikalische, chemische, biologische und geologische Phänomene und Prozesse gewonnen und erweitert werden. Sie mögen später eine bessere Basis für Forschungsprogramme bilden, die stärker von regionalen Interessen geprägt sind und der Nutzung sowie des Schutzes des Meeres durch die Küstenstaaten dienen.

Die Erforschung großräumiger Zusammenhänge und Wechselwirkungen von abiotischen und biotischen Prozessen im Meer sowie vergleichende Studien an regional verhältnismäßig weit auseinanderliegenden marinen Systemen unterschiedlicher ökologischer Struktur kann nur gelingen, wenn die dafür erforderlichen ozeanographischen Untersuchungen keinen örtlichen Einschränkungen unterliegen. Solche Forschungsarbeiten bedürfen aufgrund der Zielsetzung eines interdisziplinären Charakters. Ihre Ergebnisse dienen den allgemeinen und ganzheitlichen Verständnis der Hydrosphäre unserer Erde. Sie lassen sich nur mit einem großen personellen und apparativen Aufwand gewinnen.

Gemäß ihrer geologischen sowie rezenten Entwicklung sind die Meeresgebiete, die aufgesucht werden, nicht als voneinander unabhängig und isoliert anzusehen. Wie und wo sich verschiedene Regionen gegenseitig beeinflussen, ist ein übergeordneter Gesichtspunkt für die geplanten Arbeiten.

Das Schiff wird in Gewässern operieren, die meereskundlich noch relativ wenig erforscht sind. Es ist aber zu erwarten, daß sich dort in Zukunft die einzelnen Küstenstaaten in großem Umfang der wissenschaftlichen Erkundung ihrer maritimen Wirtschaftszonen widmen werden.

Wo immer Interesse dafür besteht und die Situation es erlaubt, sollen auf den einzelnen Abschnitten der METEOR Expedition Gastwissenschaftler aus den Küstenstaaten an den Untersuchungen beteiligt werden, mit dem Ziel, die moderne Meeresforschung in der Region weiterzuentwickeln und Anreize für zukünftige eigene nationale oder kooperative Arbeitsprogramme zu geben.

## Abstract

METEOR cruise No. 5 is the first long expedition by this ship, which was placed in service in 1986 and is the newest research vessel in the German Federal Republic. Like her predecessor, the new METEOR will sail for the Mediterranean, Red Sea, and Indian Ocean as one of the most modern research vessels. METEOR is equipped to handle multidisciplinary marine science projects with highly specialized technical demands.

The planning for the nine month cruise is based on concepts similar to those which guided the great German ocean science projects of the past. Without the necessity of dealing with questions of practical applications, basic knowledge of wide-spread physical, chemical, biological, and geological phenomena and processes in the sea will be gained or increased. The findings may later form a sound basis for future research programmes, which will be more influenced by regional interests and serve to improve the exploitation as well as the conservation of marine resources by the various coastal countries.

The research on large-scale interactions and interrelationships of abiotic and biotic processes in the sea and comparative studies of widely separated regions in the marine system with different ecological structures can only succeed if the necessary oceanographic investigations can be conducted without regional limitations. To accomplish the goals, such research must be of an interdisciplinary nature. Its results serve to provide a general and comprehensive understanding of the hydrosphere on our earth. Such an understanding can be reached only at great expense for personnel and equipment.

Because of their geological history, as well as more recent events, the regions of the sea to be visited cannot be looked upon as independent and isolated from one another. Where and how the various regions mutually influence each other is a major theme for the research plans.

The ship will be operating in regions that have been subjected to relatively little scientific research. It can nevertheless be expected that in the future, the individual coastal nations will devote a greater amount of effort towards the scientific investigation of their maritime zones of economic influence.

Wherever interest is encountered and the situation permits, guest scientists from the coastal nations will be given the opportunity to participate during individual legs of the METEOR cruise. In this way, it is hoped to promote the further development of modern marine research in the region and encourage future national or international research programmes.



## 1 Forschungsthemen

### 1.1 Fahrtabschnitt M 5/1, Hamburg - Port Said

#### Fauna und Produktion im Tiefenwasser des östlichen Mittelmeeres

Erstes regionales Schwerpunktgebiet der Expedition war das östliche Mittelmeer (Abb. 1a, Tab. 1), dessen ozeanographische Erforschung noch am Anfang steht. Vornehmlich sollte das Leben im Tiefenwasser und am Boden des Levantinischen Beckens studiert werden. Aufgrund der bodentopographischen Verhältnisse ist die Region vom Weltmeer stark isoliert, woraus hypothetisch gefolgert werden kann, daß hier eine verhältnismäßig arme Fauna existiert. Dies sollte durch Untersuchungen am Tiefenzooplankton und am Tiefseebenthos geprüft werden. Erkenntnisse über die Struktur von Lebensgemeinschaften im Tiefenbecken des östlichen Mittelmeeres sollen helfen, die produktionsbiologische Effizienz der Benthostiere abzuschätzen. Von besonderem faunistischen Interesse war, welche atlanto-mediterranen Elemente vertreten sind, ob Endemismen charakteristische Komponenten bilden, ob es - analog zu den Verhältnissen im Flachwasser - auch im Tiefenwasser atlantische Warmzeitrelikte gibt und möglicherweise einige indopazifische Einwanderer in der Tiefsee des Levantinischen Meeres vorkommen. Einwanderungen von Arten aus dem Roten Meer in den Hochseebereich des östlichen Mittelmeeres können nur an der Oberfläche erfolgen. Falls auch mesoplanktische Lebensstadien von Tiefsee-Benthosorganismen den Suez-Kanal passieren, ist eine Besiedlung auch tiefer Lebensräume des Mittelmeeres durch indopazifische Arten möglich. Mit Hilfe von Planktonfängen im obersten Bereich der Wassersäule sollte untersucht werden, ob Arten vorkommen, von denen gesagt werden kann, daß es sich um Einwanderer handelt.

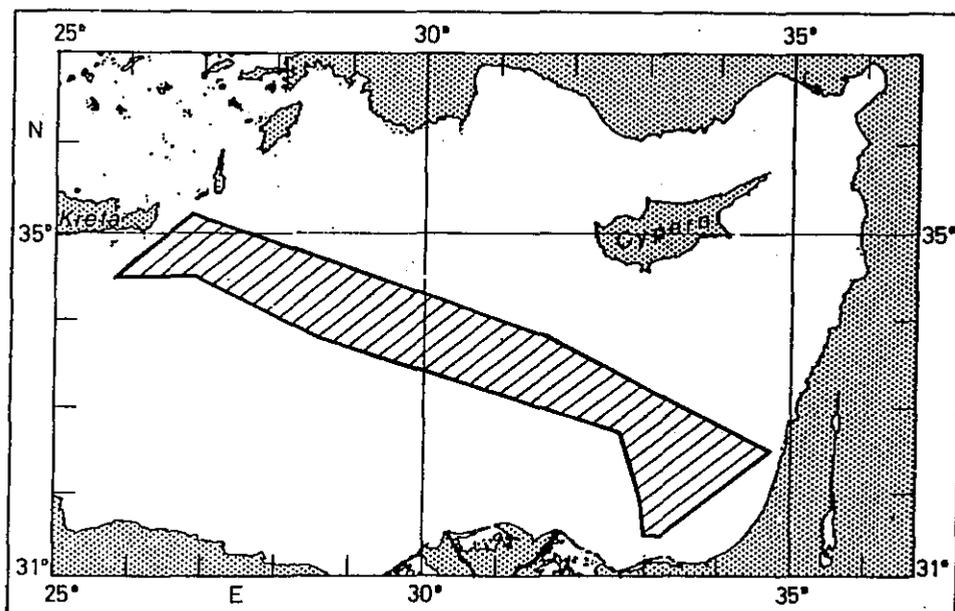


Abb. 1a: Untersuchungsgebiet während M 5/1. Die Stationen sind auf der straffierten Fläche verstreut verteilt.

## 1.2 Fahrtabschnitt M 5/2, Port Said - Djibouti

### Tiefenwasserzirkulation, Produktionsbiologie und Lebensgemeinschaften des Benthos im Roten Meer

Regionaler Schwerpunkt war das Rote Meer (Abb. 1b), das als ein stark eigenständiges Nebenmeer des Indischen Ozeans eine ökologische Sonderstellung einnimmt. Dafür ist in erster Linie die bis in große Tiefen reichende hohe Wassertemperatur verantwortlich. Hinzu kommen örtlich durch extreme Umweltverhältnisse gekennzeichnete Biotope in Form von heißen Quellen im Tiefenbereich. Das Rote Meer kann als ein weitgehend eigenständiges Ökosystem betrachtet werden. Seine Beschreibung erfordert multidisziplinär angelegte Untersuchungen, wobei die einzelnen Forschungsaspekte in engem Zusammenhang miteinander stehen müssen.

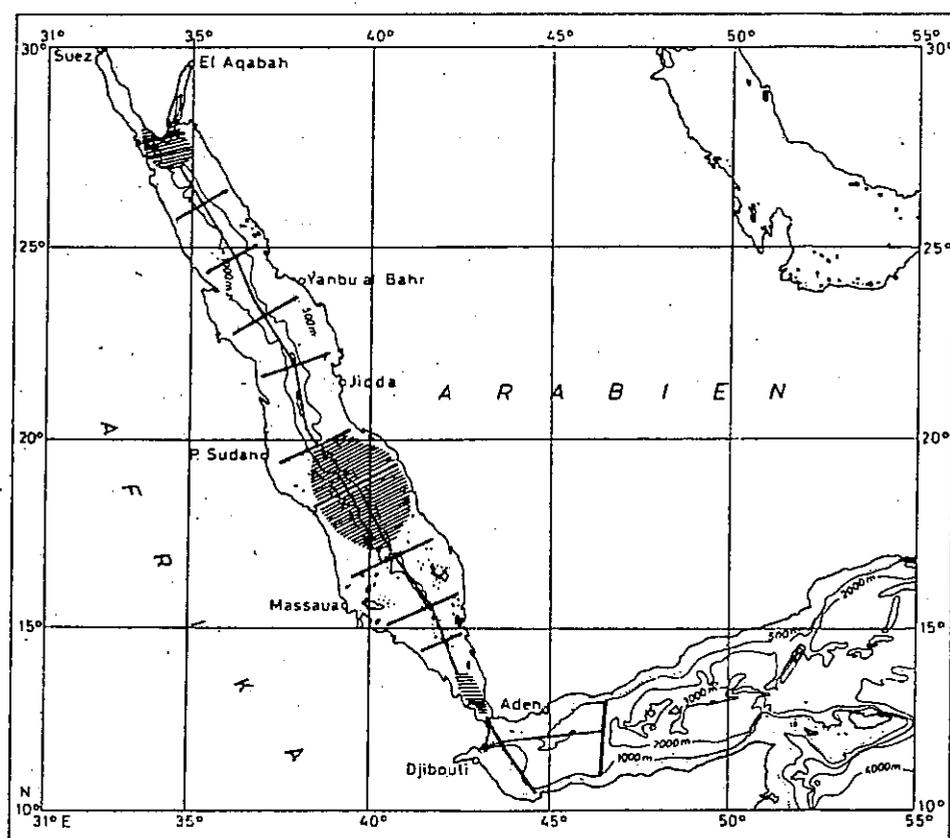
Mit Hilfe physikalisch-ozeanographischer Arbeiten sollten die Tiefenwasserbildung und die Tiefenzirkulation im Roten Meer näher beschrieben werden. Das erforderte im Entstehungsgebiet des Tiefenwassers (die Golfe von Suez und Akaba) intensive hydrographische Messungen, um die Absinkrate des Wassers am Schelfhang quantitativ erfassen zu können. Eine Aufnahme des Stromprofils über den gesamten Bereich des Roten Meeres soll helfen, den Umfang der Tiefenzirkulation abzuschätzen. Vermutlich hat der Indische Ozean aufgrund der nur 130 m tiefen Schwelle vor der Straße von Bab-el-Mandeb im Süden keinen Einfluß darauf.

Die biologischen Fragen widmeten sich pelagischen und benthischen Lebenszonen. Für die erstere sollte jeweils die Bedeutung der beiden ökologischen Komponenten "hydrographische Prozesse und Strukturen" sowie "hohe Lichteinstrahlung in Verbindung mit oberflächennaher Lichthemmung" auf die Photo- und Zooplanktonproduktion studiert werden. Das Gebiet der Tiefenwasserbildung im Norden und die mesoskalige Wirbelzone auf der Höhe von Port Sudan sowie der Übergangsbereich zum Indischen Ozean waren dabei regionale Schwerpunkte. Für die Erfassung von Veränderungen in der planktischen Produktion, wie sie in nord-südlicher Richtung zu erwarten waren, kam der kalkigen Planktonfauna eine besondere Indikatorrolle zu. Von Untersuchungen zur Ablagerungsgeschichte dieses Faunenelementes werden Rückschlüsse auf die klimatischen Gegebenheiten in der Rotmeeregegend während des Pleistozäns und des Holozäns erwartet. Austauschprozesse zwischen der Riffregion und den ozeanischen Zentren des Roten Meeres sind theoretisch wichtige produktionsbiologische Faktoren, die mit erfaßt werden sollten. Die planktologischen Arbeiten wurden ergänzt durch die Messung von Sedimentationsraten, die von unmittelbarer Bedeutung für den Stofftransport in die Tiefsee und damit für die Produktionsbiologie des Benthos sind.

Ein Teil des benthologischen Programms im Roten Meer zielte auf eine bislang fehlende großräumige systematische Aufnahme der Tiefseefauna unter besonderer Berücksichtigung der dekapoden Krebse ab. Dabei interessierten das in Ansätzen bekannte Submergenzverhalten von Arten, die im Indischen Ozean in geringeren Tiefen gefunden werden, das Vorkommen und die Bedeutung von Endemismen sowie Genflüsse zwischen Rotem Meer und Arabischem Meer.

Das Schwergewicht der benthologischen Arbeiten widmete sich einem gleichermaßen spezifischen wie grundlegenden Thema. Zum erstenmal sollte der Versuch unternommen werden, die Größe der Biomasse der benthischen Lebensgemeinschaft des Roten Meeres sowie die Bilanz ihres Energiehaushaltes abzuschätzen. Es sind enge Beziehungen zu der Zufuhrate von partikulärem, organischem Material zu erwarten, wobei jedoch mit deutlichen regionalen Unterschieden zu rechnen ist, und zwar analog zu den produktionsbiologischen Vorgängen im Oberflächenwasser. Aufgrund der für das Rote Meer typischen ökologischen Situation ist theoretisch davon auszugehen, daß der Großteil der für das Benthos verfügbaren Energie für den Erhaltungsstoffwechsel genutzt wird. Die Nettoproduktion am Boden kann kaum sehr hoch sein.

Charakteristische, aber lokal begrenzte Extrembiotope in der Tiefsee des Roten Meeres sind heiße Quellen, deren stark salz- und schwermetallhaltiges Umgebungswasser frei von Sauerstoff ist und reduzierende Eigenschaften aufweist. Sediment- und Wasserproben aus diesem Bereich sollten auf Archaeobakterien untersucht werden. Durch geeignete Anreicherungsverfahren an Bord sollten an Reinkulturen dieser Bakterien deren Stoffwechselphysiologie und Taxonomie erforscht werden.



**Abb. 1b:** Fahrtroute und Untersuchungsgebiete während M 5/2 und M 5/5. Die Stationen sind parallel und quer zur Längsachse des Roten Meeres und Golfs von Oman angeordnet. Die straffierten Flächen markieren Gebiete, in denen ein dichtes Stationsnetz bearbeitet wurde.

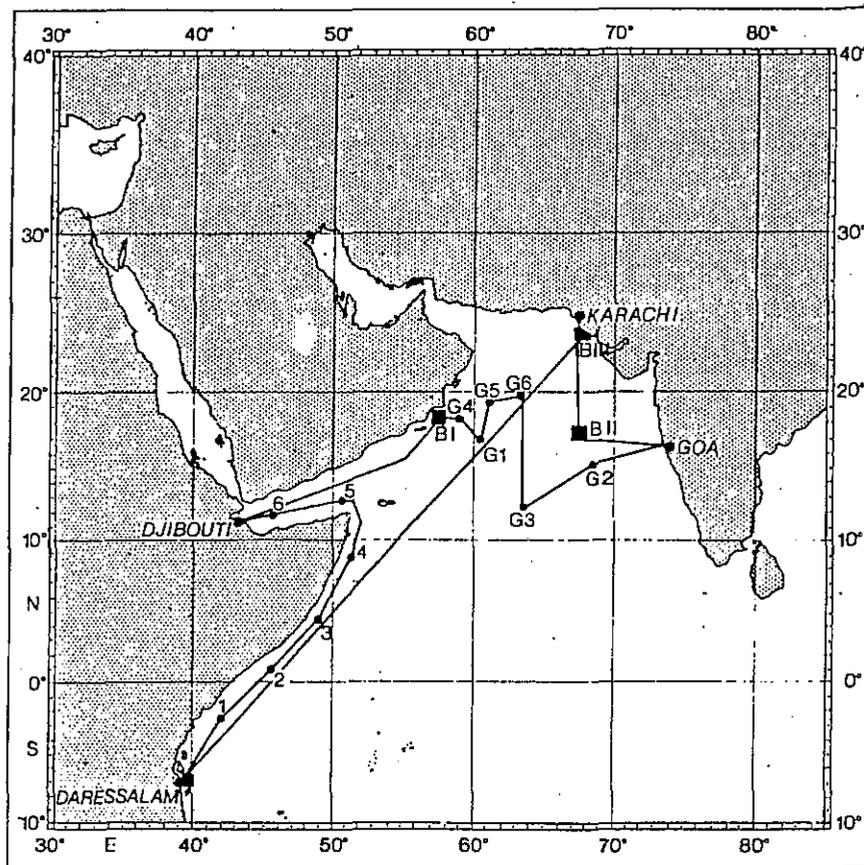
### **1.3 Fahrtabschnitt M 5/3a-c, Djibouti - Goa - Karatschi - Daressalam** **Vergleichende sedimentologische und planktologische Prozesse im nord-westlichen Indischen Ozean; Leben im sauerstoffarmen Tiefenwasser**

Dritte Schwerpunktregion war das nördliche Arabische Meer (Abb. 1c). Hier standen Studien zur groß- und kleinskaligen sowie kurz- und langzeitigen räumlichen Variabilität planktologischer und sedimentologischer Prozesse in einem tropischen Meer im Vordergrund des Interesses. Monsunbedingte ozeanische Tiefenmuster, wechselnde Intensität der Primärproduktion und die Zufuhr von Schwebstoffen aus dem Indus sowie meteorologisch bedingte Variationen am aeolischen Eintrag verändern die Schwebstofffracht im freien Wasser. Durch den langzeitigen Einsatz von Sedimentfallen sollten die Variabilität von Sedimentationsprozessen in zeitlicher Auflösung erfaßt und Einblicke in die Ursachen der großräumigen Sedimentverteilungen am Meeresboden gewonnen werden. Zum anderen fanden die Sedimentfallenexperimente über kurze Zeiträume (Tage) in Verbindung mit räumlich und zeitlich kleinskalig auszuführenden planktologischen Untersuchungen in drei produktionsbiologisch-ökologisch sehr unterschiedlich zu bewertenden küstennahen und küstenfernen Gebieten statt (küstennahes Auftriebsgebiet vor Oman, ozeanisches Gebiet über der Tiefsee, vom Indus beeinflusster Schelf vor Pakistan). Eine hohe horizontale und vertikale Auflösung der Struktur planktischer Lebensgemeinschaften und ihrer Umwelt mit Hilfe von Meßsonden zur Registrierung der Vertikalprofile von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Chlorophyll und partikulärer Substanz sowie mit Hilfe von Mehrfachschließnetzen (Mocness) und Wasserschöpfern (Nährstoffe, Mikroplankton) sollte Aufschluß über die Funktion verschiedener epipelagischer tropischer Ökosysteme geben, was u.a. von grundsätzlicher Bedeutung für die Interpretation der Rekrutierungsstrategie von Fisch- und Tintenfischarten sowie der Lebensstrategie von Planktonorganismen generell ist. Durch den Einsatz größerer Netze und anderer Fanggeräte sollten Jungfische und Tintenfische gefangen werden, um ihren Einfluß als potentielle Räuber jüngerer Fische und Tintenfische zu prüfen.

Ein weiterer Forschungsansatz sollte untersuchen, welche ökologischen bzw. physiologischen Anpassungen mesopelagische Mikronekton- und Makroplanktonorganismen an die für diesen Teil des Indischen Ozeans typische Sauerstoffarmut der mittleren Wasserschichten entwickelt haben. Neben Fängen, mit denen Vertikalwanderungen verfolgt werden sollten, sollten insbesondere Bordexperimente an frisch gefangenen Tieren Aufschluß darüber geben, wie deren Umsatzraten quantitativ von wechselnden Sauerstoffspannungen beeinflusst werden.

### **1.4 Fahrtabschnitt M 5/4, Daressalam - Djibouti** **Regionaler Trainingskurs über bathymetrische Vermessungstechnik**

Dieser Abschnitt (Abb. 1c) ist einem Trainingskurs für Vermessungsingenieure, marine Geologen und Techniker aus der Region gewidmet, der mit Hilfe der Bundesrepublik Deutschland von der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC/UNESCO) geplant, organisiert und finanziert wird. Er sollte Kenntnisse vermitteln, die für die Erstellung



**Abb. 1c:** Fahrtroute während der Fahrtabschnitte M 5/3 und M 5/4. G1 bis G6 bezeichnen geologische Stationen. Die Quadrate BI und BII bezeichnen Gebiete, in denen planktologische und fischereibiologische Untersuchungen erfolgten. Auf dem Quadrat vor Daressalam wurden bathymetrische Vermessungen im Rahmen eines regionalen Ausbildungsprogramms durchgeführt. Zwischen den Punkten 1 bis 6 erfolgten weitere bathymetrische Messungen.

von Seekarten erforderlich sind. Die bathymetrische und geomorphologische Kartierung des westlichen Indischen Ozeans ist bislang noch unvollkommen. Aus diesem Grund wurde 1982 auf der ersten Sitzung der Planungsgruppe für die "Cooperative Investigations in the North and Central Western Indian Ocean" (IOCINCWIO) beschlossen, unter der Schirmherrschaft der IOC eine internationale bathymetrische Kartierung des westlichen Indischen Ozeans durchzuführen. Diesem Interesse kam der von deutschen Experten durchgeführte Kurs entgegen.

Das Trainingsprogramm war in einen theoretischen und praktischen Teil gegliedert. Ersterer fand an der Universität von Daressalam statt und dauerte 9 Tage. An Bord von FS METEOR wurden die Kursteilnehmer mit der Handhabung der Lote und weiterer technischer Hilfsmittel vertraut gemacht. In einem kleinen, überschaubaren Seegebiet sollten die bathymetrischen Vermessungen so engräumig erfolgen, daß die Studenten in der Lage sind, aus den Vermessungsdaten eine Karte zu erstellen. Es war das Ziel, eine solche an Bord anzufertigen, bevor das Programm in Djibouti endet.

### 1.5 Fahrtabschnitt M 5/5, Djibouti - Dschidda - Port Said Sommerliche Strukturen und Dynamik der Wassermassen und planktischen Lebensgemeinschaften im Roten Meer

Das sommerliche Forschungsprogramm im Roten Meer (Abb. 1b) während des SE-Monsuns war der Struktur und Dynamik des Wasserkörpers und seiner Lebensgemeinschaft gewidmet. Es sollten periphere Austauschprozesse, die über die Straßen von Bab-el-Mandeb und Tiran auf das Ökosystem einwirken, untersucht werden. Ziel war es, einen weiteren Einblick in den Aufbau und die Funktion dieses erdgeschichtlich jungen Ökosystems zu gewinnen, über dessen biologische Komponenten für die Zeit des SW-Monsuns noch keine schlüssigen Daten vorliegen. Messungen von Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Nährstoffen sowie des Partikelspektrums und Mikronektons sollen Querschnitte hoher Auflösung ergeben. Während die kleine Partikelgesellschaft vorwiegend mittels summarischer Parameter untersucht wurde ( $^{14}\text{C}$ - und  $^3\text{H}$ -Aufnahmeraten, Zellzahlen, partikulärer organischer Kohlenstoff, Chlorophyll und Chlorophyll-Abbauprodukte), stand für die Fauna die Art im Blickfeld. Die mögliche Herausbildung lokaler Formtypen interozeanisch verbreiteter Arten sollte mittels morphologischer und physiologischer Kriterien geprüft werden. Die für ein warmes Meer ungewöhnliche Artenarmut im Mikronekton und größeren Zooplankton kam dieser Aufgabenstellung entgegen.

Für die Bewertung der Zonierung spielten Leistungsdaten eine große Rolle. Es bestand die Hypothese, daß der Stoffwechsel der höheren pelagischen Organismen im Roten Meer nicht an die extrem hohen Temperaturen des Tiefenwassers angepaßt ist und die Arten bei einem gleichzeitig begrenzten Nahrungsangebot nahe ihrer Existenzgrenze leben. Hierzu war es an Arten des Mikronektons und des größeren Zooplanktons die Bestimmung von Respirations- und Exkretionsraten unter simulierten Umweltbedingungen sowie ihrer biochemischen Zusammensetzung vorgesehen.

Die ökophysiologischen Bedingungen für das Phytoplankton wurden im Hinblick auf den Effekt der Lichthemmung auf die Photosynthese durch die im Sommer extrem hohe Sonneneinstrahlung untersucht. Zusätzlich zur herkömmlichen  $^{14}\text{C}$ -Methode sollte die Primärproduktion über einen Fluoreszenzparameter einer Impulslichtquelle bestimmt werden. Die damit gemessene in vivo-Fluoreszenz sollte gleichzeitig über die Vitalität und Herkunftsgeschichte des Phytoplanktons in verschiedenen Lichttiefen und Nährstoffhorizonten etwas aussagen.

Messungen von Potentialen der Stickstofffixierung durch Cyanobakterien und der Respiration heterotropher Mikroorganismen sollten die bislang vorliegenden Daten über Stoffumsatzprozesse vervollständigen. Die unter den hydrographischen Schichtungsbedingungen des Sommers für die Deckschicht erhaltenen Informationen ergänzen die für den Winter geplanten Untersuchungen über die Abhängigkeit der Primärproduktion von der Nährstofferneuerung im kleinen Kreislauf ("regenerierter Produktion").

Schließlich sollte versucht werden, mit Hilfe einer Bilanzierung des Stofftransports zwischen dem Roten Meer und den Golfen von Aden bzw. Akaba Ökosystem-übergreifende Prozesse

zu studieren. Dabei interessierte aus physikalischer Sicht, inwieweit das Overflowwasser aus dem Golf von Akaba zur Bildung des Tiefenwassers im nördlichen Roten Meer beiträgt. In Fortsetzung der im Winter vorausgegangenen Untersuchungen sollten das Volumen des damals gebildeten Tiefenwassers und die Intensität der Tiefenzirkulation durch eine großräumige Aufnahme der Hydrographie und Strömungen (Strommesserverankerungen) entlang des Axialgrabens bestimmt werden.

#### **1.6 Fahrtabschnitt M 5/6, Port Said - Heraklion - Palermo - Hamburg** **Physikalische Ozeanographie und Spurenstoffchemie des östlichen Mittelmeeres**

Im Rahmen des internationalen Programms POEM (Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean) sollten die Verteilungen von Tritium,  $^3\text{He}$  und Freonen, von hydrographischen Parametern und von Nährstoffen im östlichen Mittelmeer bestimmt werden (Abb. 1d), um alle wesentlichen Wassermassen einschließlich ihrer Bildungsgebiete im Detail zu erfassen. Hierzu war ein Stationsnetz mittlerer Auflösung über das gesamte östliche Mittelmeer zu legen, das bis in die südliche Ägäis und die südliche Adria reichen sollte. Ergänzende Probennahmen waren im westlichen Mittelmeer und im Golf von Cadix vorgesehen. Die Probennahmen erfolgen mittels Wasserschöpferrosette. Für alle zu messenden Parameter wurde die bestmögliche Meßgenauigkeit angestrebt. Ziel des Projektes ist eine Quantifizierung der Zirkulation und Vermischung im östlichen Mittelmeer. Der Schwerpunkt lag auf dem Zwischen- und Tiefenwasser. Die Auswertung der Messungen soll später in Zusammenarbeit mit POEM-Modellierungsarbeiten erfolgen. Der in dem vorliegenden Projekt erwartete hochgenaue und homogene hydrographische und Nährstoffdatensatz für das gesamte östliche Mittelmeer sollte ferner dazu dienen, frühere, regional begrenzte hydrographische Aufnahmen des POEM-Programms gegeneinander einzueichnen. Im Rahmen der Modellierungsarbeiten werden dann auch die Konzentrationen weiterer chemischer Größen (Spurenmetalle, diverse organische Spurenstoffe, Kohlenwasserstoffe), die auf der METEOR-Fahrt durch andere Arbeitsgruppen bestimmt werden, in Transportraten umrechnen lassen.

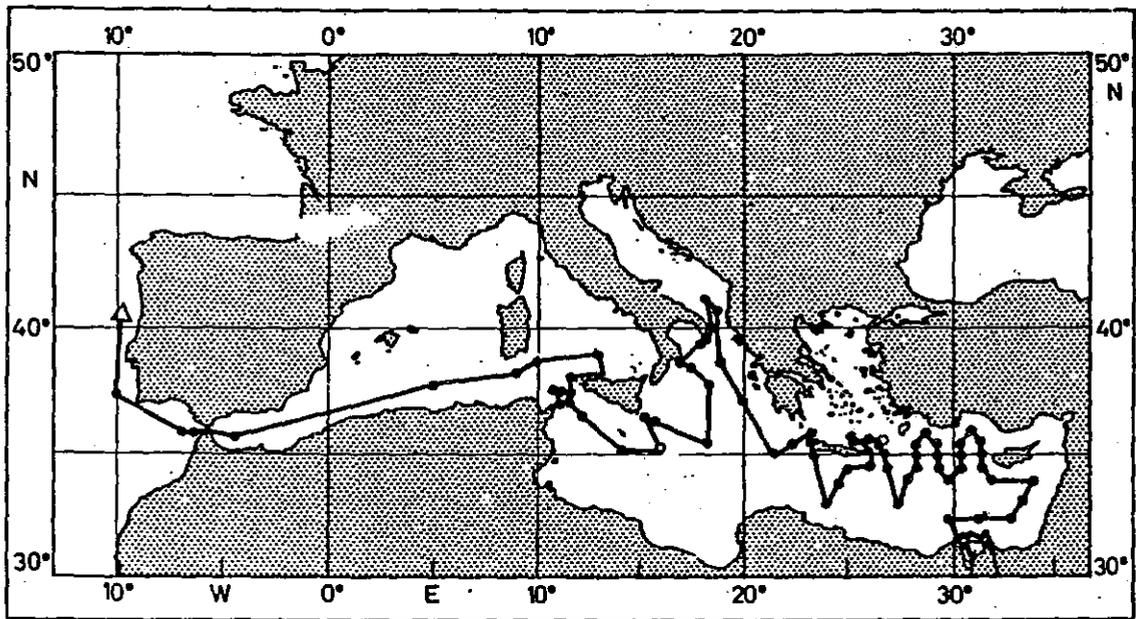


Abb. 1d: Fahrtroute und Stationsabfolge während M 5/6

**Tab. 1:** Fahrtabschnitte und Fahrleiter der METEOR-Reise Nr. 5

Fahrtabschnitt 5/1
02.01.1987 - 28.01.1987
Hamburg/Deutschland - Port Said/Ägypten
Fahrleiter: Dr. Horst Weikert
Fahrtabschnitt 5/2
31.01.1987 - 17.03.1987
Port Said - Djibouti / Djibouti
Fahrleiter: Prof. Dr. Hjalmar Thiel
Fahrtabschnitt 5/3a
18.03.1987 - 23.04.1987
Djibouti - Muscat/Oman
Fahrleiter: Bernt Zeitzschel
Fahrtabschnitt 5/3b
26.04.1987 - 18.05.1987
Muscat - Karachi/Pakistan
Fahrleiter: Prof. Dr. Dietrich Schnack
Fahrtabschnitt 5/3c
21.05.1987 - 20.06.1987
Karachi - Nosi Be/Madagaskar
Fahrleiter: Prof. Dr. Walter Nellen
Fahrtabschnitt 5/4
21.06.1987 - 02.07.1987
Nosi Be - Mombasa/Kenia
Fahrleiter: Prof. Dr. Werner Bettac
Fahrtabschnitt 5/5
03.07.1987 - 16.08.1987
Mombasa - Heraklion/Kreta
Fahrleiter: Dr. Horst Weikert
Fahrtabschnitt 5/6
18.08.1987 - 24.09.1987
Heraklion - Hamburg
Fahrleiter: Prof. Dr. Wolfgang Roether
Koordination:
Prof. Dr. Walter Nellen
Kapitäne (F.S. METEOR):
Kapitän H. Papenhagen
Kapitän H. Bruns

## 2 Teilnehmer

Fahrtabschnitt M 5/1

Name	Fachrichtung	Institut
Weikert, Horst, Dr. (Fahrtleiter)	Zooplankton	IHF
Allspach, Andreas, T.A.	Makrobenthos	FIS
Christiansen, Bernd, Dipl.-Biol.	Zooplankton	IHF
Eleftheriou, A., Prof.	Meiobenthos	UCH
Fey, Anneliese, Student	Hydrographie	IfMH
Fischer, Gerd, Cand. rer. nat.	Makrobenthos	FIS
Fischer, Tamar, Student	Mikroplankton	BARIL
Frische, Andrea, Student	Hydrographie	IfMH
Galil, Sara, Dr.	Makrobenthos	BARIL
Herzig, Ronny, Student	Mikroplankton	BARIL
Moigis, Algrid, Dr.	Mikroplankton	IfMK
Moore, Derek, B.Sc.	Meiobenthos	MLA
Mühlen, Dorothee, T.A.	Plank. Foraminiferen	GPIT
Plaga, Axel, Dipl.-Biol.	Zooplankton	IHF
Schneider, Rolf, Dr.	Schadstoffe	ILMR
Simet, Christine, Dipl.-Geol.	Plank. Foraminiferen	GPIT
Trinkaus, Sabine, Student	Zooplankton	IHF
Tselepidis, Anastassios, M.Sc.	Meiobenthos	UCH
Türkay, Michael, Dr.	Makrobenthos	FIS
Villeneuve, Jean-Paul, Dr.	Schadstoffe	ILMR
Walline, Paul, Dr.	Mikroplankton	IOLR

## Fahrtabschnitt M 5/2

Name	Fachrichtung	Institut
Thiel, Hjalmar, Prof. Dr. (Fahrtleiter)	Ecology	IHF
Allspach, Andreas, T.A.	Taxonomy	FIS
Burchert, Siegfried, Chem.-Ing.	Plankton	IHF
Carstens, Marina, Cand. rer. nat.	Ecology	IHF
Daffalla, Abdul, Dr.	Guest Participant	IOP
Fiala, Gerhard, Cand. rer. nat.	Ecology	IBR
Fischer, Gerd, Cand. rer. nat.	Taxonomy	FIS
Fritsche, Peter, T.A.	Plankton	IfMK
Ghazi, Lotfi A.	Researcher	MSC
Gradinger, Rolf, Dipl.-Biol.	Plankton	IfMK
Hemleben, Christoph, Prof. Dr.	Geology	GPIT
Leling, Astrid, Dipl.-Biol.	Ecology	IHF
Lenz, Jürgen, Prof. Dr.	Plankton	IfMK
Lochte, Karin, Dr.	Ecology	IfMK
Moiges, Algirido, Dr.	Plankton	IfMK
Mutley, Faraq M., Dipl.-Biol.	Guest Participant	MSC
Nuppenau, Volker, Dipl.-Ing.	Ecology	IHF
Osman, Mustafa, Geol.	Guest Participant	IOP
Petzold, Michael, Dipl.-Biol.	Plankton	IHF
Pfannkuche, Olaf, Dr.	Ecology	IHF
Pillen, Thomas, Cand. rer. nat.	Plankton	IfMK
Rolke, Manfred, Dr.	Plankton	IfMK
Rumpel, Herbert, T.A.	Geology	GIP
Schlie, Peter, Dipl.-Geol.	Geology	GIP
Schneider, Gerald, Dr.	Plankton	IfMK
Schriever, Gerd, Dr.	Ecology	ZMK
Türkay, Michael, Dr.	Taxonomy	FIS
Velten, Roswitha, T.A.	Ecology	IHF
Verch, Norbert, T.A.	Hydrography	IfMH
Weisse, Thomas, Dr.	Plankton	ILK

## Fahrabschnitt M 5/3a

Name	Fachrichtung	Institut
Zeitzschel, Bernt (Fahrtleiter)	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Al-Ab-Dalsalaam, Thabid		MSFC
Al-Hamed, Harib		MPM
Ashraf, Mohammad, Oz.	Hydrographie	DON
Bartsch, Martin	Geologie/Paläontologie	GPIH
Bschorr, Wilhelm		
Buch, Beate	Geologie/Paläontologie	GPIH
Doyle, Miriam, Ph.D.	Fischereibiologie	DOUG
Fritsche, Peter, T.A.	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Gelpke, Nicolaus, Student	Fischereibiologie	IfMK
Groehsler, Tomas	Fischereibiologie	IfMK
Hammes, Ernst		H&N
Hartmann, Frank, Dipl.-Biol.	Fischereibiologie	IHF
Jarosch, Dirk, T.A.	Fischereibiologie	IfMK
Jochem, Frank, Cand. rer. nat.	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Klisch, Petra	Geologie/Paläontologie	GPIH
Lenz, Walter,	Hydrographie	IfMH
Maske, Helmut	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Neubert, Hans-Joachim		
Passow, Uta, Dipl.-Biol.	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Peinert, Rolf, Dr.	Planktologie/Sedimentat.	IfMK
Rabbani, Mohammed, Dr.	Planktologie/Mikrobiol.	NIOP
Ribbe, Joachim, Cand. Oz.	Hydrographie	IfMH
Rothaupt, Karl-Otto	Planktologie/Sedimentat.	MPIP
Seifert, Richard	Geologie/Paläontologie	GPIH

## Fahrtabschnitt M 5/3b

Name	Fachrichtung	Institut
Schnack, Dietrich, Prof. (Fahrtleiter)	Planktologie	IfMK
Ashraf, Mohammed, Oz.	Hydrographie	HDNH
Clemmesen, Catriona, Dipl.-Biol.	Fischereibiologie	IfMK
Doyle, Miriam, Ph. D.	Fischereibiologie	DOUG
Flechner, Walter, Cand. rer. nat.	Planktologie	MPIP
Gelpke, Nikolaus, Student	Planktologie	IfMK
Giesenhausen, Hanna, Cand. rer. nat.	Planktologie	IfMK
Hansen, Regina, T.A.	Planktologie	IfMK
Hartmann, Frank, Dipl.-Biol.	Fischereibiologie	IHF
Jarosch, Dirk, T.A.	Fischereibiologie	IfMK
Jochem, Frank, Cand. rer. nat.	Planktologie	IfMK
Karrasch, Bernd, Cand. rer. nat.	Planktologie	IfMK
Kinzer, Johannes, Dr.	Fischereibiologie	IfMK
Passow, Uta, Dipl.-Biol.	Planktologie	IfMK
Peinert, Rolf, Dr.	Planktologie	IfMK
Pollehne, Falk, Dr.	Planktologie	IfMK
Ribbe, Joachim, Cand. Oz.	Hydrographie	IfMH
Röpke, Andreas, Cand. rer. nat.	Fischereibiologie	IfMK
Sieg, Andreas, Student	Fischereibiologie	IHF
Tiefenbacher, Johannes, Dr.	Fischereibiologie	ZSM
Ueberschär, Bernd, Dipl.-Biol.	Fischereibiologie	IfMK
Waller, Uwe, Dr.	Fischereibiologie	IfMK
Werner, Rolf, T.A.	Planktologie	IfMK
Wille, Sabine, Cand. rer. nat.	Planktologie	IfMK

## Fahrabschnitt M 5/3c

Name	Fachrichtung	Institut
Nellen, Walter, Prof. (Fahrleiter)	Ichthyoplankton	IHF
Aechter, Burckhard, Dipl.-Ing.		KAE
Ashraf, Mohammed, Oz.	Hydrographie	HDNH
Baqwar, Javeed, Biol.	Ichthyoplankton	NIOP
Block, Peter, Dipl.-Ing.		KAE
Boje, Rolf, Dr.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Braun, Michael, Dipl.-Ing.		KAE
Clemmensen, Catriona, Dipl.-Biol.	Ichthyoplankton	IfMK
Fleckner, Walter, Cand. Rer. nat.	Planktologie/Mikrobiol.	MPIP
Freking, Benno, Dipl.-Ing.		KAE
Gelpke, Nikolaus, Student	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Giesenhagen, Hanna, Cand.rer.nat.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Hansen, Regina, T.A.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Jarosch, Dirk, T.A.	Ichthyoplankton	IfMK
Jarre, Astrid, Dipl.-Biol.	Ichthyoplankton	IfMK
Jochem, Frank, Cand. rer. nat.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Karrasch, Bernd, Cand. Rer. nat.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Kinzer, Johannes, Dr.	Mikronekton	IfMK
Nellen, Rolf, Student	Ichthyoplankton	IfMK
Neu, Wolfgang, Dipl.-Ing.		KAE
Pollehne, Falk, Dr.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Rabbani, Mohammed, Dr.	Planktologie/Mikrobiol.	NIOP
Rehman, Atiq-Ur, Biol.	Ichthyoplankton	NIOP
Ribbe, Joachim, Cand. Oz.	Hydrographie	IfMH
Röpke, Andreas, Cand. rer. nat.	Ichthyoplankton	IfMK
Schreiber, Reinhold, Dipl.-Phys.		KAE
Sieg, Andreas, Student	Ichthyoplankton	IHF
Tiefenbacher, Johannes, Dr.	Mikronekton	ZSM
Ueberschär, Bernd, Dipl.-Biol.	Ichthyoplankton	IfMK
Waller, Uwe, Dr.	Mikronekton	IfMK
Werner, Rolf, T.A.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Wille, Sabine, Cand. rer. nat.	Planktologie/Mikrobiol.	IfMK
Zhao Jing, Biol.	Ichthyoplankton	FIOQ

## Fahrtabschnitt M 5/4

Name	Fachrichtung	Institut
Bettac, Werner, Prof. (Fahrtleiter)	Bathymetrie	DHI
Aechter, Burckhard		KAE
Ali, Moazzan	Participant of Training Course	NIOP
Clemmesen, Cartiona, Dipl.-Biol.	Ichthyoplankton	IfMK
Dubad, Omar Hagi Ahmed	Participant of Training Course	MFMR
Idris, Faisal Mohamed	Participant of Training Course	IOP
Jarosch, Dirk, T.A.	Ichthyoplankton	IfMK
Jaunke, Reinhard, Ing.	Bathymetrie	DHI
Kotnala, Kanhaiya Lal	Participant of Training Course	NIOI
Moordee, Ronnachai	Participant of Training Course	DF
Nellen, Walter, Prof. Dr.	Ichthyoplankton	IHF
Odada, Eric Onyango	Participant of Training Course	KMFRI
Raharijaona, Richard N.	Participant of Training Course	FTIM
Rakotondravony, Ramarofahitra	Participant of Training Course	CNRO
Ramasawmy, Darmalingum	Participant of Training Course	MHLE
Randriamboavonjy, Georges	Participant of Training Course	FTIM
Rasoarimanana, Eleonore E., Biol.	Ichthyoplankton	CNRO
Razafimamonjy, Daniel	Participant of Training Course	FTIM
Razafindrakoto, Herimamy L., Biol.	Ichthyoplankton	CNRO
Röpke, Andreas, Cand. rer. nat.	Ichthyoplankton	IfMK
Schleider, Wilfried, Dr.-Ing.	Bathymetrie	WSD
Shaghude, Yohanna Wilson	Participant of Training Course	UD
Siroor, Abdel-Rahman Ahmed	Participant of Training Course	UQ
Syed, Naeem Ahmed	Participant of Training Course	NIOP
Ueberschär, Bernd, Dipl.-Biol.	Ichthyoplankton	IfMK
Wijayananda, Nanaykarawasam	Participant of Training Course	NARA
Zohri, Ahmad	Participant of Training Course	MDP

## Fahrtabschnitt M 5/5

Name	Fachrichtung	Institut
Weikert, Horst, Dr. (Fahrtleiter)	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Abboud, Yahuya, Dr.	Gast	UNIS
Abdella, Dirar Sasun, Dr.	Gast	IOP
Al-Al-Hadrani, Abdul-Karim	Beobachter	DONY
Al-Din Al-Ansi, Taj, Dr.	Gast	UNIS
Al-Sureimi, Majed	Forscher	UNIS
Auras, Annabelle, Dipl.-Geol.	Foraminiferen/Gastropod.	GPIT
Bandel, Klaus, Prof.	Foraminiferen/Gastropod.	GPIH
Beckmann, Werner, Dipl.-Biol.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Bijma, Jelle, Dipl.-Biol.	Foraminiferen/Gastropod.	GPIT
Christiansen, Bernd, Dipl.-Biol.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Ebel, Christian, Student	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Eggert, Tatiana, Dipl.-Biol.	Nährstoffe	IHF
Giese, Holger, T.A.	Strömungsmessungen	DHI
Gollembiewski, Renate, T.A.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Luck, Susanne, T.A.	Nährstoffe	IHF
Moigis, Algrid, Dr.	Phytoplankton	IHF
Oellrich, Helga, Dipl.-Biol.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Pätzold, Gottfried, Dipl.-Biol.	Phytoplankton	IFB
Plaga, Axel, Dipl.-Biol.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Posny, Jörg, Dipl.-Biol.	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Sachse, Rüdiger, Student	Phytoplankton	IFB
Schulze, Klaus, T.A.	Physikal. Ozeanogr.	IfMH
Stoob, Karin, T.A.	Nährstoffe	IHF
Trinkaus, Sabine, Student	Metazoenplank/Mikronekt.	IHF
Verch, Norbert, T.A.	Physikal. Ozeanogr.	IfMH
Wellershaus, Stefan, Dr.	Metazoenplank/Mikronekt.	AWI

## Fahrabschnitt M 5/6

Name	Fachrichtung	Institut
Roether, Wolfgang, Prof. (Fahrleiter)	Tracer Ozeanographie	UBP
Bader, G.	Tracer Ozeanographie	IUP
Bendadou, A.	Gast	ISPM
Bluszczyński, T.	Org. Spurenstoffe	AWI
Breer, J.	Org. Spurenstoffe	AWI
Christianidis, S.	Gast	NCMRG
Drebing, W.	Org. Spurenstoffe	AWI
Ehrhard, M. Dr.	Erdölderivate	IfMK
Fanzutti, Francesco	Hydrographie	OGS
Fraas, G.	Tracer Ozeanographie	UBP
Golnaraghi, Myriam	XBT	HUA
Hausmann, M.	Tracer Ozeanographie	IUP
Henke, Chr., Cand. Geophys.	Gravimetrie	IGH
Johannsen, H.	Nährstoffe	IfMK
Junghans, H.G.	Tracer Ozeanographie	IUP
Jungwirth, Ricardo	Hydrographie	OGS
Jürgensen, Lars	Org. Kohlenstoff	GPIH
Kessel, M.	Luftchemie	THD
Kubin, D.	Luftchemie	THD
Lea, D.	Spurenmetalle	MIT
Leslie, Wayne G.	XBT	HUA
Liebe, T., Dipl.-Geophys.	Gravimetrie	IGH
Michelato, Antonio, Dr.	Hydrographie	OGS
Petrick, G.	Erdölderivate	IfMK
Pinardi, Nadia, Dr.	XBT	IMGAI
Plep, W.	Tracer Ozeanographie	UBP
Rau, I.	Tracer Ozeanographie	UBP
Robinson, Allan R., Prof.	XBT	HUA
Roussenov, V., Dr.	Gast	SUB
Saydam, C., Dr.	Gast	METUT
Scarrazzato, Paolo	Hydrographie	OGS
Schlitzer, R., Dr.	Tracer Ozeanographie	MIT/UBP
Skoloukidis, Nikos	Org. Kohlenstoff	GPIH
Spall, Michael A.	XBT	HUA
Spitzky, Alejandro, Dr.	Org. Kohlenstoff	GPIH
Weber, K., Dr.	Org. Spurenstoffe	AWI

**Tab. 3:** An der METEOR-Reise Nr. 5 beteiligte Institute  
Participating institutions

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Postfach 12 01 61 27515 Bremerhaven Germany
BARIL	Bar-Ilan University Department of Life Sciences, Tel-Aviv, Israel
CNRO	Centre National de Recherche Oceanographique Nosi Be Madagaskar
DF	Department of Fisheries Paknam Thailand
DHI	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bernhard-Nocht-Str. 78 29359 Hamburg Germany
DON	Department of the Navy Karachi Pakistan
DONY	Department of the Navy Sanaa A.R. Yemen
DOUG	Department of Oceanography University College GALWAY Ireland
FIOQ	First Institute of Oceanography Quingdao China
FIS	Forschungsinstitut Senckenberg Senckenberganlage 25 60325 Frankfurt a.M. Germany

Tab. 3: Fortsetzung/continued

GIP	Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Göttingen Goldschmidt-Str. 3 37077 Göttingen Germany
GPIH	Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität Hamburg FB Geowissenschaften Bundesstr. 55 20146 Hamburg Germany
GPIT	Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Tübingen Sigwartstr. 10 72076 Tübingen Germany
HDNH	Hydrography Department Naval Headquarters Islamabad
H&N	Hammes & Neubert Filmproduktion Hein-Hoyer-Str. 64 Hamburg Germany
HUA	Harvard University Division of Applied Sciences Pierce Hall Cambridge MA 02138 U.S.A.
IBR	Institut für Biochemie, Genetik und Mikrobiologie der Universität Regensburg Germany
IFB	Institut für Biophysik der Universität Hannover Germany
IFMH	Institut für Meereskunde der Universität Hamburg Tropowitzstr. 7 22529 Hamburg Germany

**Tab. 3:** Fortsetzung/continued

IfMK	Institut für Meereskunde An der Universität Kiel Düsternbrooker Weg 20 24105 Kiel Germany
IGH	Institut für Geophysik Universität Hamburg Bundesstr. 55 20146 Hamburg Germany
IHF	Universität Hamburg Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft Zeiseweg 9 22765 Hamburg Germany
ILK	Institut für Limnologie an der Universität Konstanz Germany
ILMR	International Laboratory of Marine Radioactivity UNO Oceanographic Museum Monaco-Ville Monaco
IMGAI	IMGA-CNR Via Emilia East 770 41100 Modena Italien
IOLR	Israel Oceanographic and Limnological Research Ltd. P.O. Box 8030 31080 Haifa Israel
IOP	Institute of Oceanographic Sciences Port Sudan
ISPM	Laboratoire de Recherches Oceanographiques de l'Institut Scientifique des Peches Maritimes 13-15 Rue Chevalier Bayard B.P. 21 Casablanca Marokko

Tab. 3: Fortsetzung/continued

IUP	Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 366 69120 Heidelberg Germany
KAE	Krupp Atlas Elektronik GmbH Bremen Germany
KMFRI	Kenya Marine and Freshwater Research Institute Mombasa Kenya
MDP	Mariane Department Petronas Kuala Lumpur Malaysia
METUT	Middle East Technical University Marine Sciences Institut PK 28 Erdemli-Icel 33731 Türkei
MFMR	Ministry of Fisheries and Marine Resources Mogadisho Somalia
MHLE	Ministry of Housing, Lands and the Environment Port Louis Mauritius
MIT	Massachusetts Institute of Technology Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Cambridge MA 02139 U.S.A.
MLA	Marine Laboratory Aberdeen Scotland
MPIP	Max-Planck-Institut für Limnologie August-Thienemann-Str. 2 24306 Plön Germany

**Tab. 3:** Fortsetzung/continued

MPM	Ministry of Petroleum and Mineral Muscat Oman
MSC	Marine Science and Resources Research Center Aden
MSFC	Marine Science and Fisheries Centre Ministry of Agriculture and Fisheries Box 467 Muscat Oman
NARA	National Aquatic Resources Agency Colombo Sri Lanka
NCMRG	National Center for Marine Research Dept. of Physical Oceanography Hellenikon GR-16604 Athens
NIOI	National Institute of Oceanography Goa India
NIOP	National Institute of Oceanography 37K, Block 6, Pechs Karachi 29 Pakistan
OGSI	Observatorio Geofisico Sperimentale P.O.Box 2011 (Opicina) 34016 Triest Italien
SUB	Sofia University Fac. of Physics Dep. of Meteorology Sofia 1126 5 Anton Ivanov Blvd. Bulgarien
THD	Technische Hochschule Darmstadt Fachbereich 8 Hochschulstr. 4 Darmstadt Germany

Tab. 3: Fortsetzung/continued

UBP	Universität Bremen Fachbereich 1 Postfach 330440 28334 Bremen Germany
UCH	Institute of Marine Biology of Crete P.O. Box 2214 71003 Iraklion Greece
UD	University of Daressalaam Daressalaam Tansania
UNIS	University of Sanaa Sanaa A.R. Yemen
UQ	University of Qatar Qatar
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest Aurich Germany
ZMK	Zoologisches Museum der Universität Kiel Hegewischstr. 3 24105 Kiel Germany
ZSM	Zoologische Staatssammlung München Germany

### **3                    Forschungsprogramme**

#### **3.1                Erster Fahrtabschnitt (H. Weikert)**

##### **3.1.1            Fragestellung**

Die ozeanographische Erfassung der Hoch- und Tiefsee des östlichen Mittelmeeres steht erst am Anfang. Ziel des Fahrtabschnittes 1 war es daher, Untersuchungen zur Biogeographie, bathymetrischen Verteilung und Produktion des Planktons, Mikronektons und Benthos durchzuführen, um einen ersten Einblick in die Ökologie des ozeanischen Systems zu erhalten. Die Gewinnung von Basisdaten über die Verbreitung anthropogener Schadstoffe in den Organismen und ihrer Umwelt ergänzte das Pilotprojekt.

Die vierzehntägige Untersuchung erfolgte in drei Regionen (Abb. 2): der Hochsee südöstlich von Kreta und südwestlich von Zypern über Wassertiefen von ca. 4300 m bzw. 2700 m sowie über dem Schelf und Kontinentalabhang vor der Südküste Israels.

Mittels physikalischer Meßsonden, Wasserschöpfern, pelagischen Mehrfachschließnetzen sowie Bodentrawls, verankerten Fallenketten und Bodengreifern wurden die Strukturen der Lebensgemeinschaft, eingebettet in begleitende Umweltmessungen, auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen aufgelöst. Dadurch sollten Lebensräume abgegrenzt und Faunenvergesellschaftungen, Vertikalwanderungen sowie Biomasseverteilungen bestimmt werden. Ein besonderer Aspekt war die Suche nach Relikten aus den Warmzeiten der letzten Eiszeit sowie neuzeitlichen Einwanderern aus dem Roten Meer (Lesseps'sche Wanderung) und die Bewertung ihrer Rolle in der mediterranen Faunengemeinschaft.

Labormessungen der Primärproduktion sowie ihre Beeinflussung durch die Aktivität der Bakterien und des einzelligen Zooplanktons sollten zusammen mit der Bestimmung von Aktivitätspotentialen im Benthos beitragen, eine genauere Vorstellung über die Produktivität des östlichen Mittelmeeres und seine Stabilität zu erhalten.

##### **3.1.2            Ergebnisüberblick**

Die vorliegenden Befunde aller biologischen Arbeitsgruppen zeigen an, daß das östliche Mittelmeer, insbesondere in seinem ozeanischen Bereich, ein sehr produktionsarmes System darstellt. Die Bestände planktischer und benthischer Organismen in der Hoch- und Tiefsee waren klein, und die Produktion lag extrem niedrig. Die physikalischen und chemischen Verhältnisse im Sediment ergänzen das allgemeine Bild. Auf dem Schelf vor der israelischen Küste war im Benthos ein leichter Anstieg der Organismenhäufigkeit und der Meßwerte biomassebezogener biochemischer Parameter zu beobachten. Auf der flachsten Station (100 m) war eine aus dem Roten Meer eingewanderte Krabbe, *Ixa monodi*, bestandsbildend.

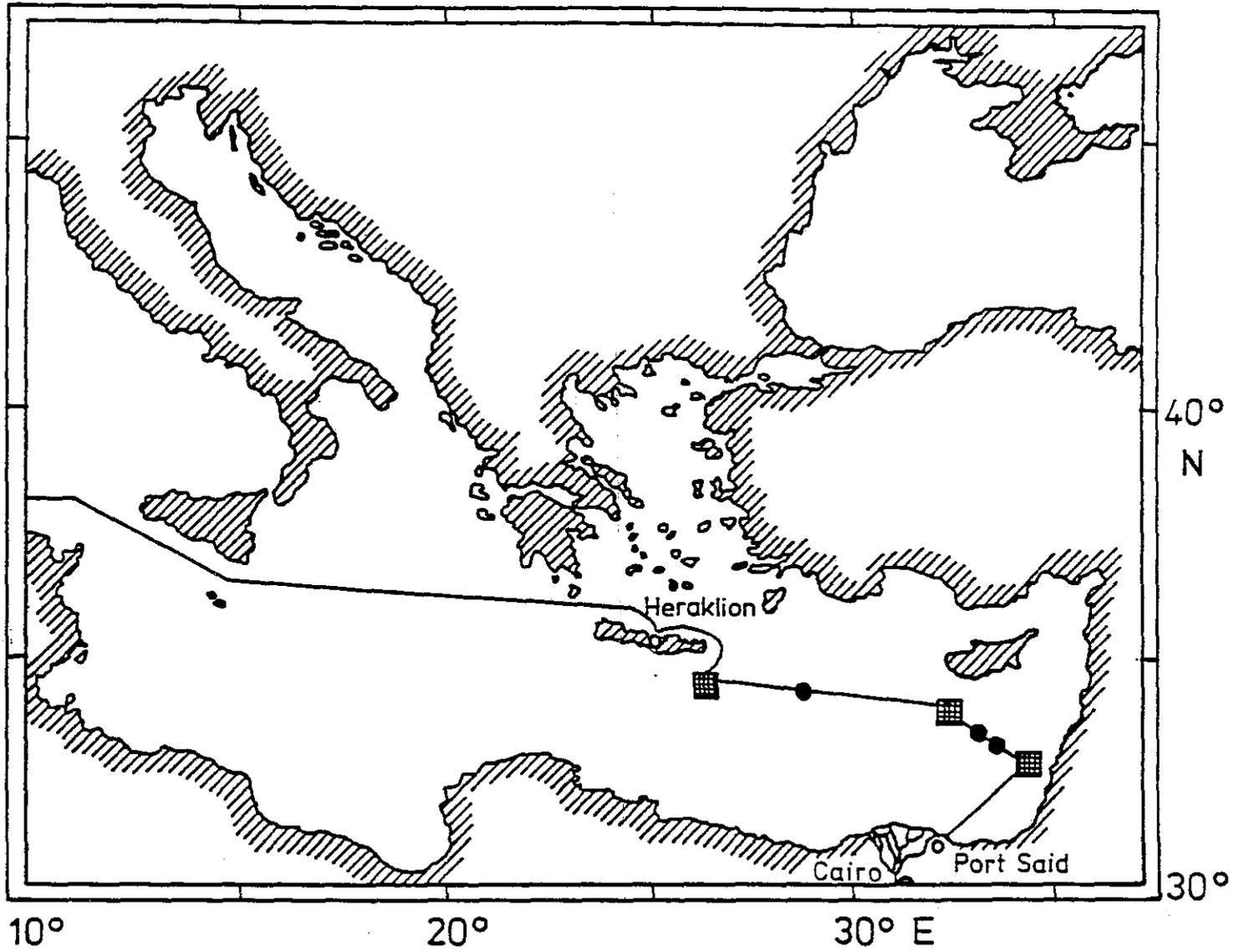


Abb. 2: Fahrtroute Abschnitt M 5/1

- Hauptarbeitsgebiete - main sites
- Einzelstationen - single stations

## **3.2 Zweiter Fahrtabschnitt**

### **3.2.1 Expedition Background (H. Thiel)**

Leg 2 of this expedition was designed to cover various research activities throughout the Red Sea (Fig. 3), the main aspects being the study of biological phenomena in the warmest ocean on earth and to compare the different geographical regions of this long and narrow basin. Most of the German research groups on board have had previous experience of work in the Red Sea from former cruises with RV SONNE and VALDIVIA (1977 - 1981) within the framework of MESEDA (Metalliferous Sediment Development Atlantis-II-Deep) Programme. However, during the MESEDA cruises research work focussed on environmental studies in context with prospected mining of the Atlantis-II-Deep metalliferous sediments and the disposal of tailings back into the sea. These studies were initiated and directed by the Saudi-Sudanese Red Sea Joint Commission for Exploration of the Red Sea Resources, and financial support was partially granted by the Bundesministerium für Forschung und Technologie der Bundesrepublik Deutschland (Ministry for Science and Technology of the FRG). In this applied programme research was mainly centered around the Atlantis-II-Deep.

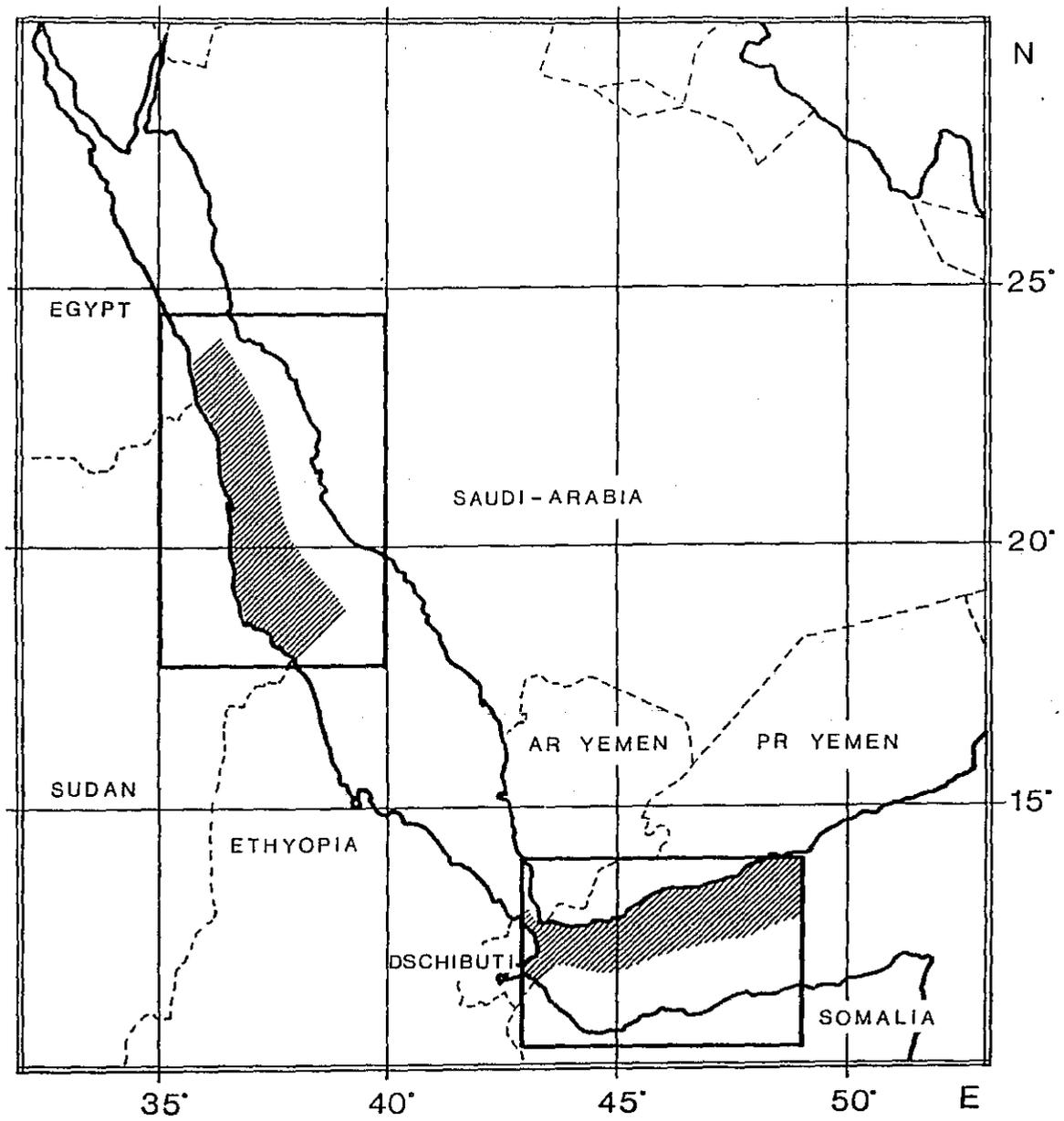
In contrast, the plans for the present METEOR cruise were of purely scientific nature. Research proposals for the participation in METEOR cruise 5, leg 2 in the Red Sea were submitted to and approved and granted by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Council). The interests of the scientific groups were to investigate structure and function of pelagic and benthic communities, to gain further knowledge of the history of this young ocean, to work on problems of the structure of water masses and transport, and finally to search for bacterial life in the hot brines of the Atlantis-II-Deep. The goals and first results obtained by the different research teams are described in chapter 5.2 in this report.

It has been frustrating to learn that some research permissions not only for the coastal zone, but even for the Exclusive Economic Zone, were not granted or were connected to conditions which were not acceptable scientifically. Our research plans for the cruise had to be revised mainly by deleting those parts of the programme which were concerned with the investigations of regional aspects.

### **3.2.2 Zwecke der Reise**

Seit mehr als 10 Jahren arbeitet die Abteilung Sediment-Geologie der Universität Göttingen in der Meeresgeologie an der Erforschung der Klimageschichte des Pleistozän und des Holozän. Bei den bisherigen Untersuchungen im Nordost Atlantik und in der Westantarktischen Tiefsee wurden auf mehreren Reisen mit FS POLARSTERN und FS METEOR erfolgreich Kolbenlotkerne bis zu 22,38 m Länge entnommen.

In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Tübingen, vertreten durch Prof. Dr. C. Hemleben und dem Institut und Museum



**Fig. 3:** Research areas of M 5/2 in the Red Sea and the Gulf of Aden.  
Shaded: Sudanese waters, Djiboutian and PR Yemenitic waters.

für Geologie und Paläontologie der Universität Göttingen, vertreten durch Prof. Dr. D. Meischner, sollten anhand der Entwicklung des kalkigen Planktons während des Pleistozän und des Holozän die Sedimentationsbedingungen näher bestimmt und die Klimageschichte des Roten Meeres erarbeitet werden. Das Zusammenspiel der sich zeitlich und räumlich ändernden Parameter Strömung, Nahrung, Temperatur und Salinität seit dem Pliozän spiegelt sich in unterschiedlicher Weise in der Verbreitung der kalkigen Planktonfauna (Foraminiferen und Pteropoden) wider, besonders in einem Extrembiotop, wie es das Rote Meer darstellt. Der Einfluß, den die Schwelle von Bab-el-Mandeb auf das System hat, bedarf dabei besonderer Berücksichtigung. Die Schwelle ist mit nur 137 m Wassertiefe die einzige Verbindung des Roten Meeres mit dem Weltmeer.

An geeigneten Stellen sollten möglichst lange (max. 23,60 m) ungestörte Sedimentkerne gezogen werden. Vorgesehen waren ca. 10 Stationen über das gesamte Rote Meer verteilt, einschließlich einer Station im Golf von Aden. Die Kerne sollten auch die Ergänzung bilden zu vorhandenem Kernmaterial, vor allem der Preussag AG, das wegen der differenzierten Technik und Fragestellung (Prospektion auf Erzschlämme) unterschiedlicher Art ist.

Noch kurzfristig vor Beginn des Fahrtabschnittes mußte das geplante Programm wegen fehlender Arbeitsgenehmigungen oder inakzeptabler Forderungen einiger Anrainerstaaten auf das sudanesischen, das somalische, das Hoheitsgebiet von Djibouti und das südjeminitische Seegebiet begrenzt werden. Diese Einschränkungen hatten zur Folge, daß erst vor Ort über jeweils mögliche Kernstationen entschieden werden konnte.

Dipl.-Geol. Peter Schlie ist wenige Tage vor Beginn der Reise für Prof. D. Meischner eingesprungen, der aus gesundheitlichen Gründen nicht an der Expedition teilnehmen konnte.

### **3.3           Dritter Fahrtabschnitt**

#### **3.3.1         Unterabschnitt 3a**

Ziel der Untersuchungen des Abschnittes 5/3a war die Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität im Arabischen Meer mit dem Schwerpunkt vor der Küste des Sultanats Oman (Abb. 4). Zur Erreichung dieses Zieles wurden zwei unterschiedliche Meßstrategien angewandt: die räumliche Variabilität wurde mehrmals in einem Stationsnetz mit 25 Punkten über ein Gebiet von 40 x 80 sm untersucht, die zeitliche Variabilität wurde in vier 2-3tägigen Zeiträumen mit kurzfristigen und kleinskaligen Messungen vom driftenden Schiff untersucht. Als Referenzpunkt dienten treibende Sinkstofffallen, die an satellitenorientierten Spieren angebracht waren.

Eine hohe horizontale und vertikale Auflösung der Struktur der planktischen Lebensgemeinschaften und ihrer Umwelt wurde mit Meßsonden erreicht, die Vertikalprofile von Temperatur, Salzgehalt, Licht und Chlorophyll aufzeichneten. Mit Hilfe von Wasserschöpfnern und unterschiedlichen Mehrfachschließnetzen in engem vertikalen Abstand wurden

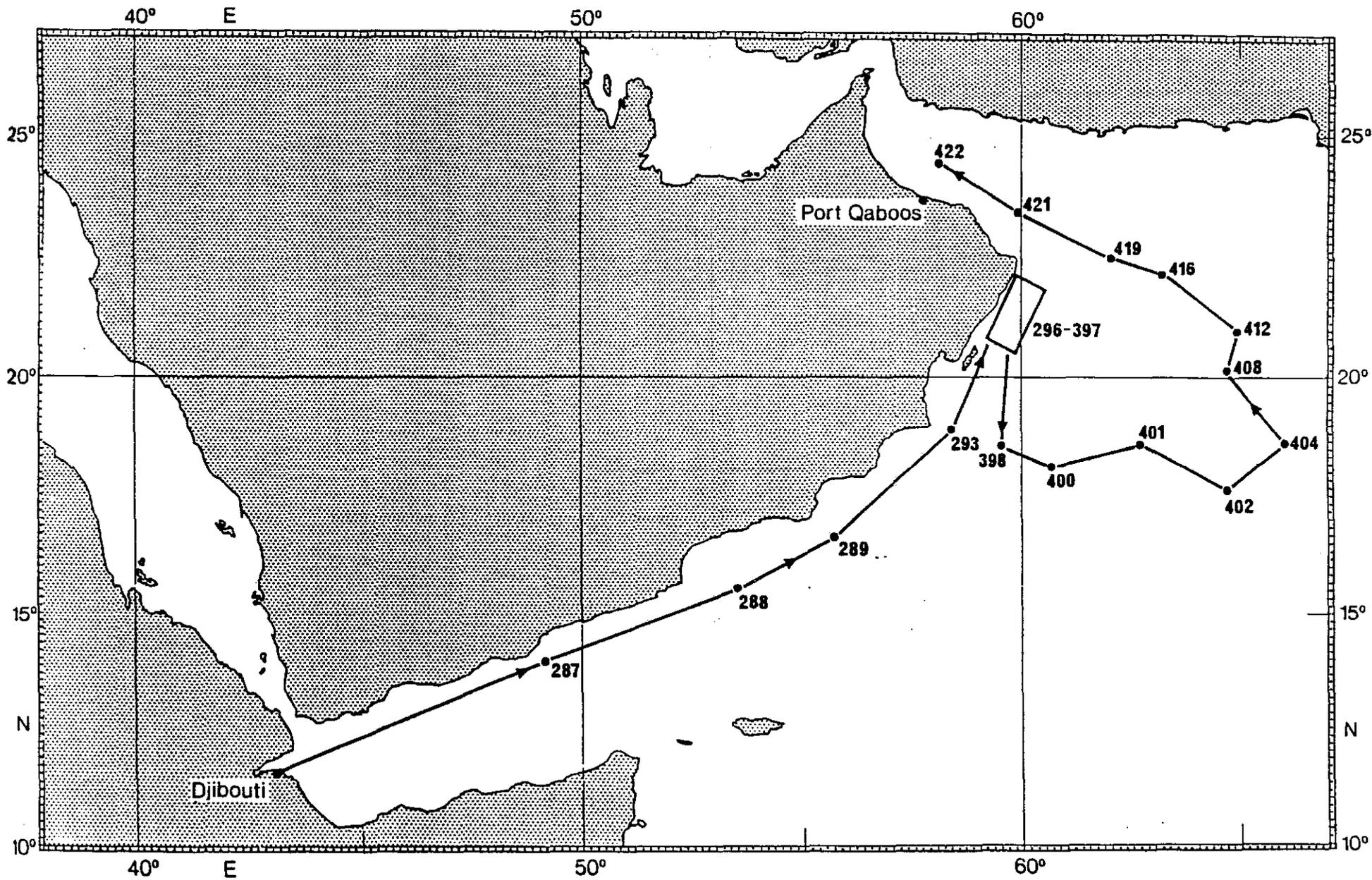


Abb. 4: Fahrtroute Abschnitt M 5/3a

die Konzentrationen von Nährsalzen und Planktonorganismen bestimmt. In situ und Labormessungen zur Primärproduktion wurden während der Driftstationen mit hoher Auflösung durchgeführt.

Einen weiteren Schwerpunkt bildeten die Untersuchungen zur Messung des Partikelflusses sowie die Erfassung der Sedimentverteilung am Schelfhang der Nordostküste von Oman, im nördlichen Arabischen Meer südlich des Murray Rückens, auf dem Murray Rücken sowie im Golf von Oman.

### 3.3.2 Unterabschnitt 3b

Den Fahrtabschnitten 3a-c lag ein übergeordnetes gemeinsames Forschungsprogramm (BIOSTAR) zugrunde. In ökologisch unterschiedlichen Teilgebieten des Arabischen Meeres (Abb. 5) sollten die räumlich und zeitlichen Variabilitäten der biologischen Strukturen und Prozesse im Pelagial vergleichend untersucht werden.

Abschnitt 3b war dem oligotrophen ozeanischen Bereich gewidmet. Die Meßstrategie für das gemeinsame Grundprogramm verbindet zwei unterschiedliche methodische Ansätze: die wiederholte Aufnahme eines geographisch festliegenden Stationsnetzes und die Erfassung zeitlicher Veränderungen auf einer Driftstation. Das festliegende Stationsnetz (Routine Grid) hatte eine Ausdehnung von 40 x 80 sm und umfaßte 25 regelmäßig angeordnete Stationen. Es konnte zweimal in einem mittleren Zeitabstand von etwa 8 Tagen abgefahren werden. Auf jeder Station wurden Hydrographie- und Chlorophyllprofile gemessen und die Planktonverteilung mit vertikal auflösenden Mehrfachschließnetzen bis 150 m Tiefe aufgenommen. Auf ausgewählten Stationen wurden außerdem Schöpferproben für Nährsalz- und mikroskopische Analysen genommen.

Die Arbeiten auf der Driftstation konzentrierten sich ebenfalls auf den oberen 150-200 m Bereich. Sie orientierten sich an treibenden, nach Satellitenortung verfolgten Sinkstoffallen, die zur Erfassung von Sedimentationsraten in verschiedenen Tiefen eingesetzt waren. Zwei kurze Driftstationen von 1,5 und 2 Tagen Dauer dienten von allem einer feinen vertikalen Auflösung der Bestände an Zoo-, Phyto- und Bakterioplankton und ihrer kurzzeitigen Variationen sowie einer parallelen Bestimmung der autrophen und heterogenen Umsatzraten.

Auf einer zentralen 5tägigen Driftstation stand die Aufnahme tageszeitlicher Variationen in den Biomasse- und Produktionsparametern im Vordergrund. Der zeitliche Ablauf der Probennahme orientierte sich hier an festen Einsatzraten für vertikal gezogene und geschleppte Mehrfachschließnetze ergänzt durch Hydrographie- und Fluoreszenzmessungen. In situ-Messungen der Primärproduktion beschränkten sich auf den Vormittag. Nachmittags und nachts wurden zusätzliche Jungfischfänge und Tiefeneinsätze mit Planktonschleppnetzen durchgeführt. Eine gesonderte Probennahme in ausgewählten Tiefenstufen geschah in dieser Zeit auch zur Sammlung von Fischlarven für histologische Untersuchungen und biochemische

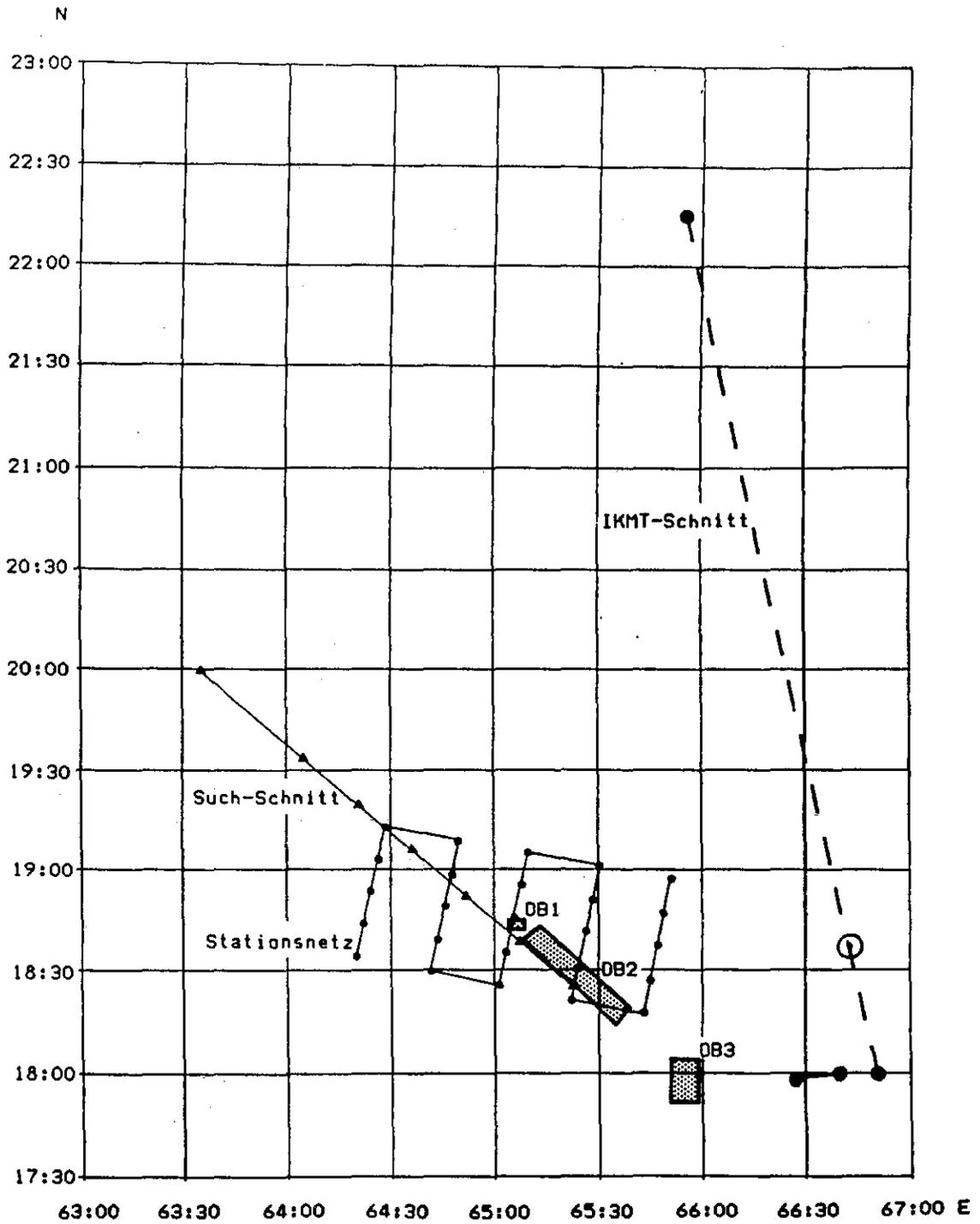


Abb. 5: Stationsplan für Fahrtabschnitt M 5/6

- Folge von Suchstationen
- Stationsnetz (Routinegrid)
- ▨ Driftgebiet der Zentralstation während der beiden planktologischen Arbeitsphasen (DB1, DB3) und der planktologisch-fischereibiologischen Arbeitsphase (DB2)
- Station für pelagische Trawlfänge
- Stationsfolge für IKMT-Fänge

Analysen im Untersuchungsgebiet (RNA/DNA, Enzymaktivität). Letztere dienten zur Einschätzung der Ernährungssituation der Fischbrut.

Ein zweiter Programmteil (OMSAT) des Fahrtabschnittes 3b war ausgerichtet auf die Verteilung von Mikronektonorganismen (mesopelagische Fische und Garnelen) in Relation zu den reduzierten O<sub>2</sub>-Gehalten in Tiefen unterhalb 100 m. Als Fanggerät diente ein vergrößertes Isaac-Kidd-Midwatertrawl, das im Steert mit einem Mehrfachschießnetz ausgerüstet war (IKMT-MU). Neben einigen Fängen im Arbeitsgebiet des BIOSTAR-Programms wurde im anschließenden OMSAT-Programm über etwa 5 Tage ein ausgedehnter Nord-Süd-Stationsschnitt mit dem IKMT-MU abgefahren. Die Fänge wurden ergänzt durch Untersuchungen zur Stoffwechselaktivität mesopelagischer Organismen unter reduzierten O<sub>2</sub>-Bedingungen. Sie sollten aufzeigen, ob und welche Anpassungen die Tiere an das Leben im O<sub>2</sub>-armen Milieu entwickelt haben.

### 3.3.3 Unterabschnitt 3c

Im Mittelpunkt des Interesses standen Arbeiten, die denen auf den beiden vorangegangenen Unterabschnitten 3a und 3b entsprachen. Es galt, die örtliche und zeitliche Variabilität in der Häufigkeit von Planktonarten, von Planktonqualitäten, Biomassenmengen, Bakterienkonzentrationen und -aktivitäten sowie von Primärproduktions-, Respirations- und Sedimentationsraten im oberen Epipelagial (Oberfläche bis 150 m), d.h. in der produktionsbiologisch bedeutendsten Wasserschicht, zu bestimmen.

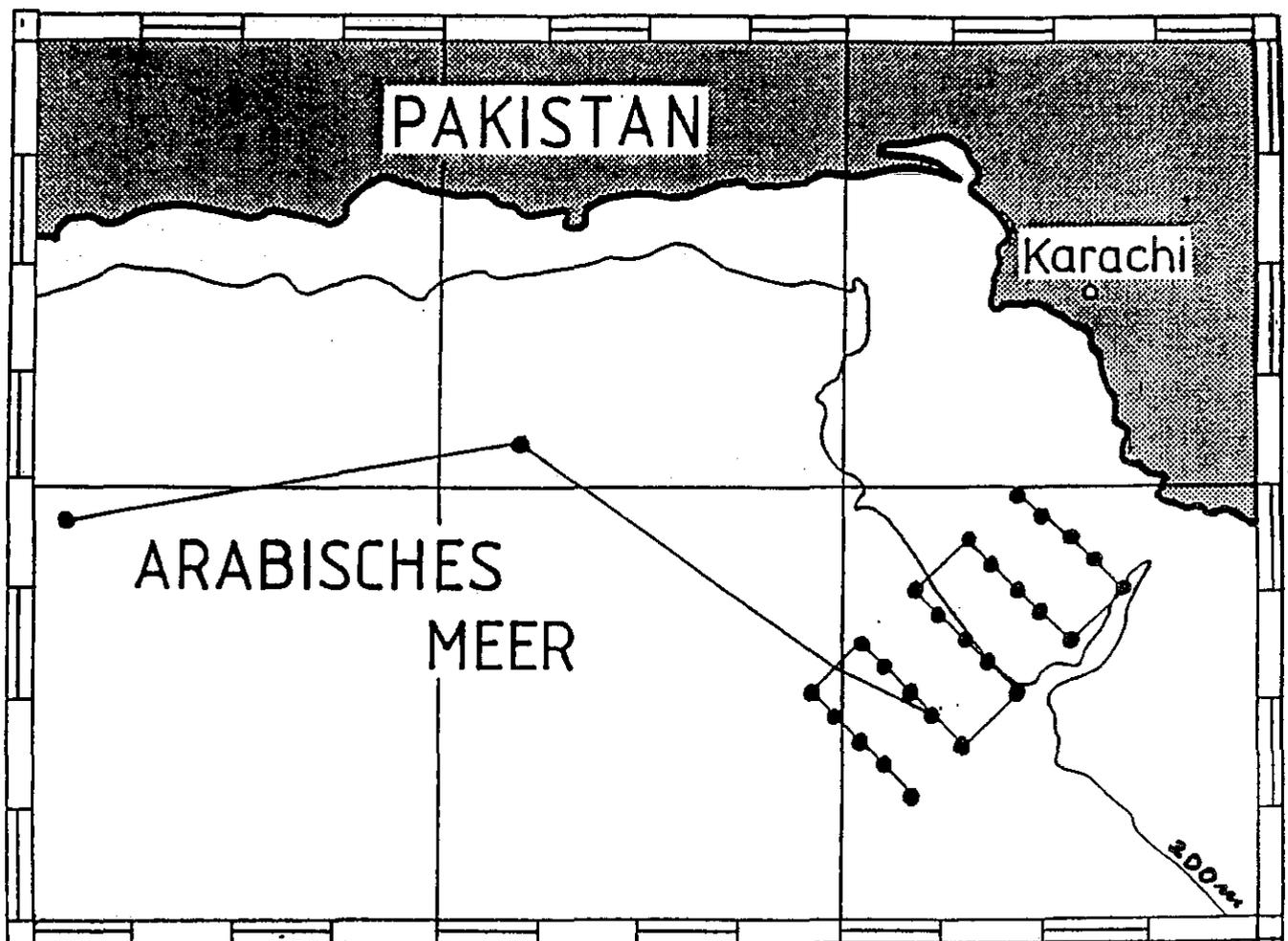
Dafür wurde folgende Untersuchungsstrategie angewendet: ein örtlich fixiertes Netz von 25 Stationen, mit einer Ausdehnung von 40 x 80 m wurde in einem zeitlichen Abstand von 10 Tagen zweimal abgefahren. Dabei wurden einmal mit zwei verschiedenen Typen von Mehrfachschießnetzen (Multinetz und Mocness) vertikal auflösende Planktonfänge (5 bzw. 8 Tiefenstufen) sowie über die Tiefe integrierende Mikronektonfänge durchgeführt, zum anderen wurden mit Meßsonden Vertikalprofile von T, S, Licht und Chlorophyll aufgezeichnet. Zwei im Zentrum des Stationsnetzes ausgesetzte Sedimentfallen, die an driftenden, satellitengeorteten (Argos) Spierenbojen in unterschiedlichen Tiefen aufgehängt waren, dienten der Erfassung von Sedimentationsraten. Letztere erfuhren durch rotierende, schaltuhrgesteuerte Sammelbecher eine kleinskalige zeitliche Auflösung. Eine entsprechende Auflösung der übrigen o.a. Parameter geschah dadurch, daß in unmittelbarer Nähe der Driftboje mit der in 30 m Tiefe aufgehängten Sedimentfalle einmal 1,5 und einmal 6,5 Tage lang in einem festen zeitlichen Rhythmus zwei kurzzeitig aufeinanderfolgende Geräteeinsätze erfolgten. Die Proben wurden jeweils vor und nach Mitternacht sowie vor und nach Mittag genommen. Planktonqualitäten wurden durch das Sammeln von diversen Fischlarventaxa in definierten Tiefen und Gebieten und ihre anschließende biochemische (RNA/DNA, Enzymaktivität) und histologische Analysen untersucht.

Diesem wissenschaftlichen Programm lag ein dem gesamten Fahrtabschnitt 3 übergeordnetes Konzept zugrunde, nämlich Strukturen und Prozesse des Lebens im oberen Epipelagial in

ökologisch unterschiedlichen Gebieten unter vergleichenden Gesichtspunkten zu betrachten. Während des Abschnitts 3c fanden die Untersuchungen dafür im Schelfbereich Pakistans statt (Abb. 6).

Ein weiteres Ziel war die Messung der Stoffwechselaktivität von ozeanischen Kleinfischen über ihren Sauerstoffverbrauch in Respirationskammern. Es sollte der Frage nachgegangen werden, welche Anpassungserscheinungen bei Arten zu finden sind, die auch in größerer Tiefe vorkommen, wo sie mit dem für das Arabische Meer typische hohe Sauerstoffdefizit schon ab etwa 100 m Tiefe konfrontiert sind.

Schließlich wurde ein Teil der Expeditionszeit dieses Abschnittes noch einmal darauf verwendet, tiefere Wasserschichten des Arabischen Meeres mit einem Issac-Kidd-Midwatertrawl in Kombination mit einem Mehrfachschließnetz diskret zu befischen, um in Erfahrung zu bringen, welche Arten in welchen Mengen die extrem sauerstoffarmen Tiefenwasserschichten besiedeln, und welche Vertikalbewegungen im Tag-Nacht-Rhythmus durchgeführt werden.



**Abb. 6:** Lage des Stationsnetzes für die biologischen und hydrographischen Untersuchungen und Lage des ozeanischen Schnittes, auf dem Tiefenfänge in der sauerstoffarmen Zone unterhalb der Deckschicht durchgeführt wurden. Die 200 m Tiefenkontur zeigt die Ausdehnung des pakistanischen Schelfgebietes.

### **3.4           Vierter Fahrtabschnitt**

Der Fahrtabschnitt 4 diente in erster Linie der Forschung des am 9. Juni auf Nosi Be, Madagaskar, begonnenen "IOC Training Course on Bathymetric Charting", der von der Bundesrepublik Deutschland über einen Trust Fund der IOC finanziert wurde und für den die Deutsche Forschungsgemeinschaft FS METEOR zur Verfügung stellte, damit auch seegehende Vermessungsarbeiten mit Hilfe moderner Techniken geübt und vermittelt werden konnten. Für diese Arbeiten war ein Seegebiet im Nordwesten Madagaskars (Abb. 7) ausgewählt worden, das besonders reich strukturierte bathymetrische Konturen des Meeresbodens aufwies.

Wegen der noch weitgehend unbekanntem biologischen Gegebenheiten im Meeresgebiet um Madagaskar beteiligte sich eine kleine Arbeitsgruppe biologischer Ozeanographen an dem Abschnitt. Es wurden in Anlehnung an die zentralen Arbeiten des Fahrtabschnittes 3 Studien über die kleinskalige horizontale und vertikale Verteilung von Zoo- und Ichthyoplankton im oberen Pelagial (0 - 150 m) mit Hilfe des MOCNESS durchgeführt, wobei auch der Einfluß der extrem wechselhaften Wassertiefe in dem befahrbaren Seegebiet auf die qualitative und quantitative Zusammensetzung der epipelagischen Planktongemeinschaft interessierte.

### **3.5           Fünfter Fahrtabschnitt (H. Weikert)**

Ziel der Untersuchung des Fahrtabschnittes 5 der METEOR-Reise 5 war es, die für die Zeit des SW-Monsuns bestehende Kenntnislücke über die produktionsbiologischen Grundlagen des Roten Meeres zu schließen.

Erstmals wurden mit dem kombinierten Einsatz unterschiedlicher elektronischer Meß- und Fangsysteme Strukturen von Wassermassen sowie der Taxonomie, des Größenspektrums, der trophischen Beziehungen und der Häufigkeitsverteilung für das Phytoplankton, Zooplankton und Mikronekton quantitativ und auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen aufgelöst. Studien dynamischer Abläufe wie der Zirkulation von Wassermassen sowie der Primärproduktion und Respiration im Feld und im Labor ergänzten die Ökosystemanalyse.

Die Forschungsarbeiten erfolgten in den Territorialgewässern des Sudan, Nordjemen und - im Golf von Aden - der Republik Djibouti (Abb. 8). Im Gegensatz zum Fahrtabschnitt 2, der sich im Winter 1987 während des NO-Monsuns im Roten Meer auf sudanesisches Gewässer beschränken mußte, konnten im Sommer auch großräumige Aspekte der Wasserzirkulation, der Nährsalzverteilung und der pelagischen Lebensgemeinschaft im Roten Meer untersucht werden. Die Studien schlossen ökosystemübergreifende Prozesse zwischen dem Roten Meer und dem Golf von Aden auf der Grundlage von direkten Strömungsmessungen in der Straße von Bab-el-Mandeb ein.

Mombasa 4° 05' S

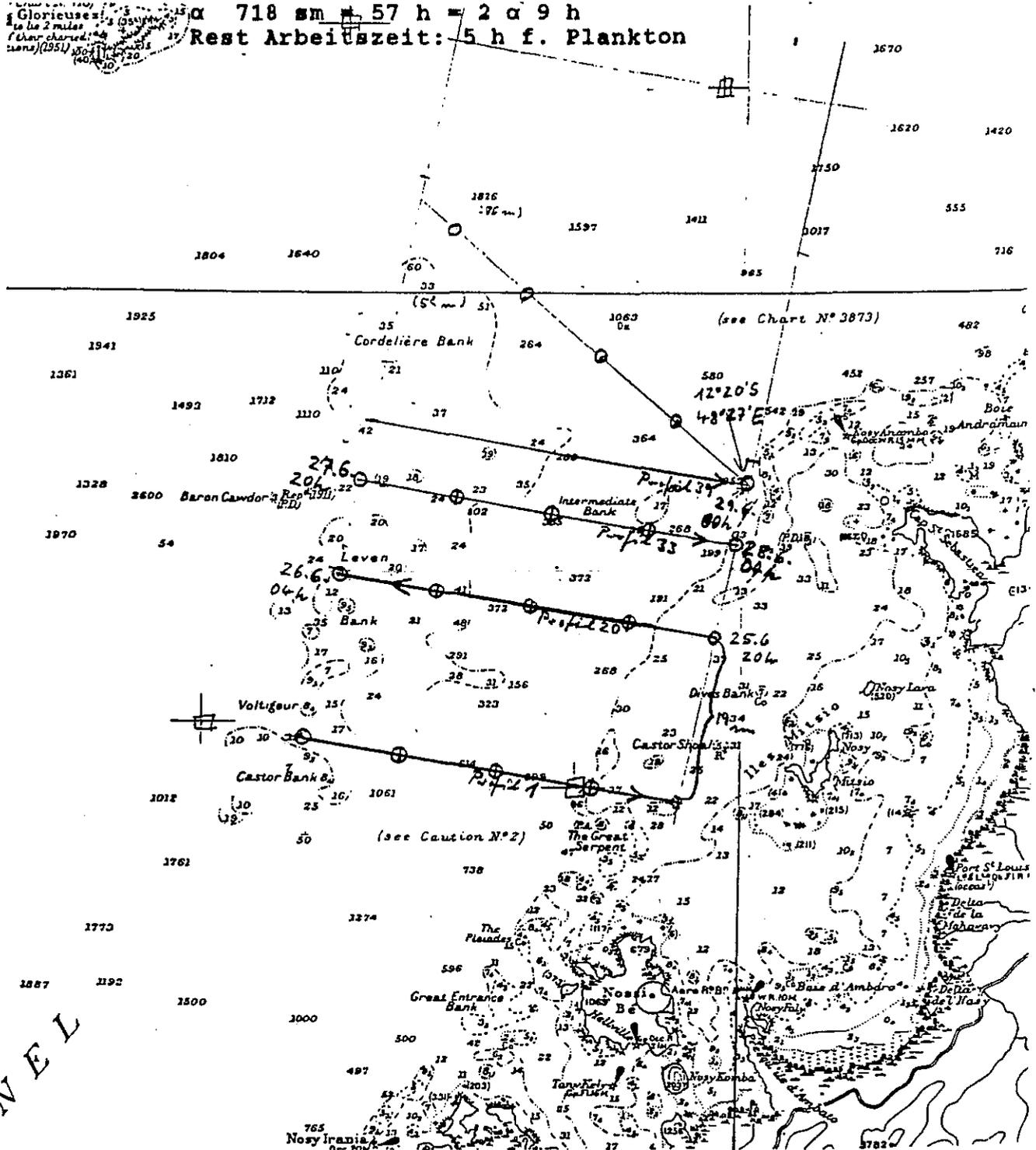
39° 45' S

↖ 313°

α 718 sm = 57 h = 2 α 9 h

Rest Arbeitszeit: 5 h f. Plankton

Glorieuses  
to be 2 miles  
(Chart charted  
1951) 150° 11' 20"  
140° 11' 20"



WEL

Abb. 7: Lage der Vermessungsprofile 1, 10, 33 und 39 und der Ichthyoplanktonstationen (Kreise). Die Profildichte zwischen Profil 1 und 39 betrug 1 sm.

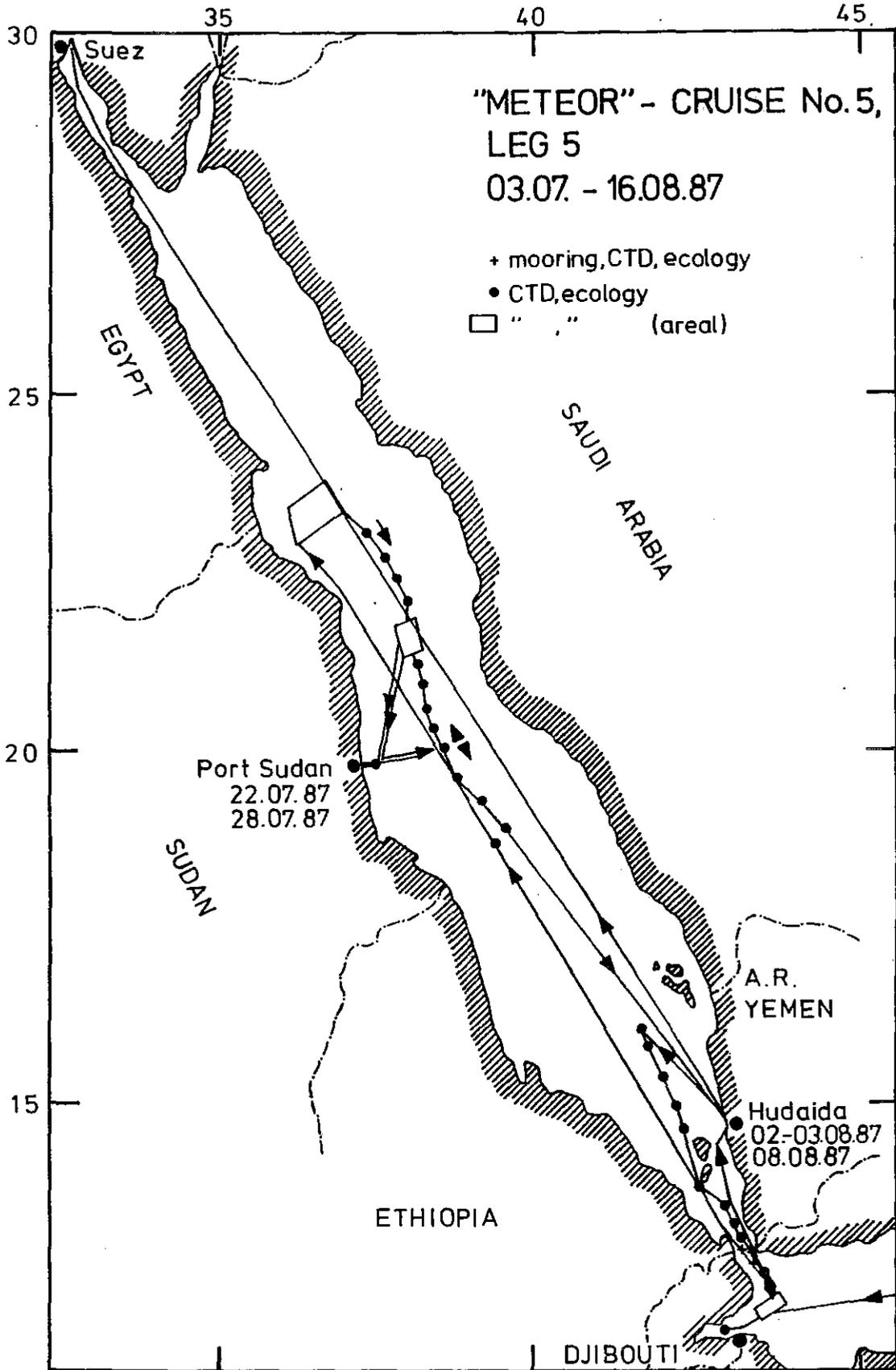


Abb. 8: Arbeitsgebiete und Fahrtstrecken

### 3.6 Sechster Fahrtabschnitt

Das zentrale Vorhaben des Fahrtabschnittes war eine umfassende XBT-, hydrographische, Nährstoff- und Traceraufnahme des gesamten östlichen Mittelmeeres (Abb. 9) im Rahmen des internationalen Programms POEM (Physical Oceanography by the Eastern Mediterranean). Dieses Programm hat es sich zum Ziel gesetzt, durch umfangreiche Beobachtungen auf See und nachfolgende Datenaufbereitung mittels numerischer Modelle die Zirkulations- und Vermischungsvorgänge des östlichen Mittelmeeres vollständig zu beschreiben und grundsätzlich zu verstehen. Damit soll für diese Region die Vorhersagbarkeit für Fragen der Klimatologie, des Umweltmanagements und der Ökologie verbessert werden. Im Rahmen der METEOR-Reise sollte ein kohärenter Datensatz geschaffen werden, der alle wesentlichen Wassermassen der Region, einschließlich der Kreta See und der südlichen Adria, erfassen sollte. Die Arbeiten sollten dabei ergänzt werden durch zur gleichen Zeit durchgeführte höherauflösende, regionale hydrographische und Nährstoffaufnahmen einer Reihe von Mittelmeer Anrainerstaaten. Der METEOR-Aufnahme kam dabei eine Interkalibrierungsaufgabe für das gesamte Unternehmen zu. Mit dem Spektrum von XBT- bis zu Tracer Daten sollte sie ferner einen weiten Bereich von Zeitskalen der Zirkulation erfassen.

Weitere, meereschemische Vorhaben umfaßten organische Spurenstoffe, Erdölderivate, gelösten organischen Kohlenstoff und Spurenmetalle. Gravimetrische und luftchemische (ab Palermo) Arbeiten rundeten das Programm ab. Zusammenfassender Gesichtspunkt war zum einen die flächige Erfassung des östlichen Mittelmeeres; darüber hinaus bestand bei den meereschemischen Arbeiten ein Zusammenhang mit POEM insofern, als die aus POEM-Arbeiten erwartete Information über die Zirkulation, Mischung und Wassermassenbildung hinaus auch chemische und biologische Stoffkreisläufe zum Thema hat, für die es geeignete Zirkulationsmodelle der Region entwickeln will.

Die einzelnen Arbeitsvorhaben sind im folgenden in Kurzform zusammengestellt, sind in Kapitel 5.6 näher ausgeführt.

**POEM:** Hydrographische Stationen zur Messung von bzw. Probennahme für Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff, Nährstoffe, Fluorkohlenwasserstoffe (Freon 11 und 12), Tritium und H<sub>2</sub>-3 (CTD 24 x 10 l-Rosette). Mesoskalig auflösende XBT-Schnitte zwischen den Stationen mit real-time Auswertung.

**Organische Spurenstoffe:** Probennahme aus Oberflächenwasser und Tiefenwasser (Kontaminationsarme Gerhardschöpfer) sowie Neuston; Extraktion unter strenger Kontaminationskontrolle.

**Erdölderivate:** Oberflächenprobennahme, Hexanextraktion, orientierende Messungen.

**Gelöster organischer Kohlenstoff:** Rosetten Probennahme und Probenaufbereitung, Einzelproben aus Gerhardschöpfern.

**Spurenmetalle:** Oberflächen- und teilweise Rosettenprobennahmen, Probenkonservierung.



## 4 Ablauf der Reise

### 4.1 Erster Fahrtabschnitt

METEOR legte am 2. Januar 1987, 10:24 Uhr, vom Afrikaterminal in Hamburg mit Fahrtziel Heraklion auf Kreta ab. Der Fahrtverlauf wurde bis eingangs des Englischen Kanals durch Arbeiten an der Kreiselplattform und dem Parasound System bestimmt, die im Rahmen der Garantieleistungen durch die Firmen Plath bzw. Krupp-Atlas erfolgten und Meßkurse auf der Elbe sowie in der südlichen Nordsee erforderten. Die acht Personen starke Servicegruppe wurde am folgenden Tag, um 19:24 Uhr, vor Dover auf ein dort stationiertes Lotsenboot übergeben. Südwestliche Winde um 6-7 Bft. und grobe See im Kanal bis zur Bretagne ließen die Reisegeschwindigkeit auf 8 kn absinken. Sie führten - ebenso wie später ein Orkantief mit westlichen Winden von 9-10 Bft. in der Straße von Sizilien - zu einer weiteren Verzögerung im Zeitplan.

Am 5. Januar, 10:00 Uhr, hatte METEOR in der Biskaya auf 46°51'N / 06°52'W die avisierte Geräteteststation erreicht, die bis 18:27 Uhr dauerte. Alle Geräte arbeiteten fehlerfrei. Schiffsseitig wurden die Seilführung auf der Trommel der W 12 sowie das der Winde zugeordnete Menü des Atlas DVS-Systems verbessert. Eingesetzt wurden eine OTS-Sonde in 50 m Tiefe und ein an der W 3 auf 300 m Tiefe vertikal gefahrenes kleines Mehrfachschließnetz (5 Fangstufen). Ein an der W 12 mit etwa 2,2 kn geschlepptes 1 m<sup>2</sup> Mocness-System ergab 8 Sammelstufen für den Tiefenbereich 300-1750 m. Die beiden Fanggeräte, ausgerüstet mit 300 mm-Netzen sowie Umweltsonden für Druck, Temperatur und Leitfähigkeit, lieferten quantitatives Zooplanktonmaterial in Ergänzung zum Programmteil "Biozirkel" der METEOR-Reise 64 (1983). Zur Untersuchung von chlorierten Kohlenwasserstoffen im überregionalen Vergleich entnahm die Gruppe aus dem ILMR, Monaco, mit einem 60 l-Schöpfer dreimal Wasser aus 10 m Tiefe. Der Einsatz des Seriendrahtes auf der W 1 mit fünf 5 l-Niskin Schöpfern in 300 m Tiefe zeigte die Notwendigkeit auf, den Draht über die gesamte Länge neu aufzutrommeln. Dies geschah am folgenden Tag bei 6 kn Fahrt und nahm vier Stunden in Anspruch.

Am 8. Januar mittags passierte METEOR Gibraltar und setzte bei nach SW drehenden Winden die Reise mit mehr als 13 kn Fahrt fort. Die Straße von Sizilien wurde am 10. Januar durchfahren.

Am 13. Januar, um 07:48 Uhr, lief METEOR mit 19 Stunden Verspätung zu einem vorgesehenen Kurzaufenthalt in Heraklion ein, um ausländische Gastforscher aufzunehmen. Aus unbekanntem Gründen waren die beiden ägyptischen, zur israelischen Arbeitsgruppe gehörenden Teilnehmer sowie ein italienischer Mitarbeiter der griechischen Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Eleftheriou nicht eingetroffen. Insgesamt 9 der nunmehr 21 Expeditionsteilnehmer gehörten ausländischen Institutionen an.

Während des Vormittags besuchten zwei Gruppen aus der Universität Heraklion METEOR. Die Gäste wurden über technische Einrichtungen des Schiffes, die wissenschaftliche

Ausrüstung der Arbeitsgruppen sowie die Zielsetzung der Gesamtreise und des Fahrtabschnittes 1 unterrichtet. Gegen Mittag lud Herr Eleftheriou zu einem Gegenbesuch in das Institute of Natural Sciences der Universität und seiner noch im Aufbau befindlichen, doch apparativ bereits gut ausgestatteten Meeresbiologischen Abteilung ein. Eine Führung durch die nahegelegene Ausgrabungsstätte von Knossos schloß sich an.

Eine kurzfristig angekündigte Sendung von Tritiummaterial, das für Arbeiten einer Gruppe aus dem Institut für Meereskunde, Kiel, im Indischen Ozean vorgesehen war, wurde leider in Athen festgehalten. Nach der unverbindlichen Auskunft der griechischen Zollbehörde hätte sie frühestens am 15. Januar in Heraklion eintreffen können. METEOR lief deshalb am 13. Januar, 15:45 Uhr, aus Heraklion aus.

Am 14. Januar, 01:42 Uhr, war das erste Arbeitsgebiet, ein südlich von Ostkreta gelegener, etwa 4300 m tiefer Sedimentationsgraben, erreicht (Zielkoordinaten 34°24'N / 26°06'E). Wie in den weiter östlich gelegenen Arbeitsgebieten wurden untersucht:

a) Phytoplankton, Bakterien und heterotrophes Mikroplankton.

Im Labor wurden die Chlorophyllkonzentration und Primärproduktion des Phytoplanktons unter Berücksichtigung der bakteriellen und heterotrophen Zehrung bestimmt.

Die Probennahme erfolgte aus Standardtiefen in den oberen 150 bis 200 m mit 5 l-Niskin Schöpfern, die in der zweiten Untersuchungshälfte mit der Multisonde/Rosette eingesetzt wurden. Vor Kreta mußte ersatzweise siebenmal eine Schöpferserie sofort im Anschluß an die Multisonde gefahren werden. Dabei erwies sich die Halterung der Schöpfer für eine Befestigung am 8 mm-Draht der W 1 als problematisch: zweimal verklemmte sich ein Fallgewicht, und die nicht ausgelösten Tiefen mußten wiederholt werden.

b) Pelagische Foraminiferen, Metazooplankton, Mikronekton

Zum Fang wurden drei unterschiedliche Netzträger mit dem Ziel einer guten Auflösung der Wassersäule eingesetzt: zwei waren mit Sensoren für Temperatur und Leitfähigkeit ausgerüstete Mehrfachschlieβnetze. Das kleinere Gerät, in der Regel mit 55 mm-Netzbeuteln ausgestattet, wurde für Vertikalholts bis in maximal 1850 m Tiefe eingesetzt. Das Mocness-System zum Fang von größerem Zooplankton und Mikronekton besaß neun 300 mm-Netzbeutel. Die Schrägholts bei einer Schleppgeschwindigkeit um 2,2 kn wurden bis in 4000 m Tiefe gefahren. Als dritter Netztyp wurde an der Meeresoberfläche ein Neustonkatamaran mit zwei übereinander angeordneten unverschließbaren 300 mm-Netzen zeitgleich zum Mocness-System geschleppt. Zum Fang benthopelagischer Karnivorer wurden vor Kreta in etwa 3500 m Tiefe freifallende Reusenketten für 22 Stunden bzw. 59 Stunden ausgelegt.

c) Makro- und Meiobenthos

Sammelgeräte waren ein Kastengreifer sowie eine Baumkurre (Beamtrawl). Sie wurden vor Kreta in Tiefen von 1361 m bis 4196 m eingesetzt. Teilproben aus dem Kastengreifer dienten zur Bestimmung einer Anzahl von sedimentbezogenen Parametern: Partikelgröße, ATP,

partikulärer organischer Kohlenstoff, Pflanzenpigmente, Redox-Potential, Protein und Adenylate.

d) Kohlenwasserstoffe

Zur Bestimmung von chlorierten Kohlenwasserstoffen wurden Teilproben aus dem Kastengreifer und der Baumkurre sowie insgesamt 180 l Wasser pro Station mit einem 60 l-Bodmanschöpfer genommen. Die Schöpftiefe betrug in der Regel 10 m. Zur Untersuchung etwaiger bathymetrischer Unterschiede wurde vor Kreta je einmal Wasser aus 100 m und 200 m Tiefe entnommen. Petroleum-Kohlenwasserstoffe wurden aus etwa 2 l Oberflächenwasser bestimmt.

Die Arbeiten im Tiefseegraben vor Kreta wurden bis zum 19. Januar durch den Ausfall von Hydrosweep behindert. Besonders gefährdet waren natürlich Baumkurre und Kastengreifer, die ohne genaue Kenntnis der Grabentopographie gefahren werden mußten. Nicht voll genutzt werden konnte die Leistungsfähigkeit des geschleppten Mocness-Systems wegen des großen zum Boden zu haltenden Sicherheitsabstandes.

Am 22. Januar, gegen 03.00 morgens, waren die Arbeiten südlich Kretas abgeschlossen, und METEOR nahm Kurs auf Zypern. Auf der Dampfstrecke ging METEOR um 15:00 auf Station ( $34^{\circ}29,9'N$  /  $28^{\circ}59,7'E$ ), um Wasser für die Schadstoffanalyse sowie Bodenproben zu nehmen. Die Arbeiten bei sehr kurzer, steiler See und NW 7-8 mußten jedoch sofort nach dem ersten Einsatz des 60 l-Schöpfers abgebrochen werden. Das Schiff schaukelte sich unerwartet hoch und erreichte einen Rollwinkel von 25 Grad. Um den maximal zulässigen Tiefgang und damit eine bessere Stabilität zu erreichen, wurde zusätzlicher Ballast aufgefüllt.

Das Untersuchungsgebiet vor der Südwestküste Zyperns mit den Richtkoordinaten  $34^{\circ}06'N$  /  $31^{\circ}52'E$  hatte METEOR am 23. Januar, 04:00 Uhr, erreicht. Die Arbeiten wurden eingeleitet mit einer Aufnahme der Bodentopographie durch Hydrosweep. Die Anlage wurde im folgenden auch während der Mocness-Schleppfänge betrieben, so daß für die anschließenden Benthosarbeiten ausreichende Aufnahmen des Bodenreliefs vorlagen. Aufgrund der geringeren Wassertiefe von maximal 2700 m konnte das Mocness-System nunmehr am kürzeren Einleiterkabel der W 9 und damit ohne Friktionswinde geschleppt werden, die vor Kreta zweimal nicht sauber aufspulte und zur Beeinträchtigung der Hols führte. Es entfiel das zeitaufwendige Umlegen und Umspulen des bisher verwendeten Einleiterkabels der W 12 und des Drahtes der W 11, an dem Baumkurre und Kastengreifer gefahren wurden.

Am 25. Januar um 03:00 Uhr waren die Arbeiten trotz starker Dünung und NW Winden von 6 Bft. erfolgreich beendet, und METEOR lief mit Kurs 130 Grad in Richtung israelische Küste. Da sich der Vorhersage nach See und Wetter weiter verschlechtern sollten, wurden am selben Tag außerplanmäßig zwei kleine Stationen eingeschoben: eine zur Messung der Primärproduktion auf  $33^{\circ}15'N$  /  $32^{\circ}53'E$ , die zweite zur Bestimmung von Erdölkohlenwasserstoffen und Auslegung einer Reusenkette in 1421 m Tiefe auf  $32^{\circ}36'N$  /  $33^{\circ}41'E$ . Die Kette wurde zwei Tage später wieder aufgenommen.

Die Stationsfolge im dritten Hauptarbeitsgebiet nördlich vor Tel Aviv begann am 25. Januar um 20:00 Uhr bei zunehmenden NW-Winden von 7-8 Bft. über 1076 m Wassertiefe. Das Mocness wurde beim Ausbringen durch die Heckschleppe so beschädigt, daß von weiteren Einsätzen abgesehen wurde. Am 26. Januar, 03:00 Uhr, mußten bei schwerer See und Schauerböen aus West um 10 Bft. alle Tätigkeiten an Deck wegen überlaufender See für acht Stunden eingestellt werden, was in etwa der "eingesparten" Mocnesszeit entsprach. Die übrigen Geräteeinsätze auf Wassertiefen von 100 m, 300 m, 700 m und 1000 m wurden in ihrem vorgesehenen Umfang bis zum 28. Januar, 03:00 Uhr, dem Ablauftermin nach Port Said, abgeschlossen.

Ein Sicherheitsmanöver mit dem Aussetzen des Steuerbord Rettungsbootes etwa 30 sm vor Port Said sorgte am Vormittag des 28. Januar bei sonnigem Wetter und 3 Bft. für Abwechslung beim Geräteabbau und Umstauen in den Containern. Um 14:19 Uhr kam der Lotse an Bord. Noch während der Fahrt zum Bunkerplatz, der um 15:48 Uhr erreicht wurde, war METEOR fest im Besitz von Händlerkolonien.

Am 30. Januar, 05:00 Uhr, übergab ich die Fahrtleitung an Herrn Prof. Dr. H. Thiel.

Insgesamt standen für die Untersuchungen im östlichen Mittelmeer inklusive der Fahrtstrecken zwischen Heraklion und Port Said 15 Tage zur Verfügung. Die Geräteeinsätze in einer Übersicht:

- 1 OTS-Sonde
- 11 Multisonden
- 7 Serien von Niskin-Schöpfern (Ökologie)
- 6 Rosetten (Ökologie)
- 16 Serien von Spezial-Schöpfern (Schadstoffe)
- 8 Secchi-Scheiben
- 8 Quanta Meter
- 44 Multinetze
- 18 Mocness-Hols
- 42 Neustonkatamarane, parallel zu Mocness und Baumkurre
- 7 Ringtrawls, parallel zu Mocness und Baumkurre
- 3 freifallende Reusenketten
- 9 Kastengreifer
- 9 Baumkurren sowie

zahlreiche Pump- und Handnetzfüge an der Meeresoberfläche parallel zu anderen Geräten auf ortsfesten Stationen.

Von den 9 Baumkurren war das Netz bei zwei Einsätzen wegen Haker leer. Bei zwei der 44 Multinetzholze löste das Gerät nicht aus. Von den 18 Mocnessholze mißlang ein Einsatz wegen eines Einleiterschadens an der W 12; ein zweiter Holz mußte wegen rauher See abgebrochen werden. Bei einem weiteren Holz waren die Netzbalken verkantet, so daß nur zwei Netze geschlossen waren. Die OTS-Sonde fiel auf der ersten Station vor Kreta für die

weitere Reise aus. Trotz der vorherrschenden rauhen See war dennoch die Erfolgsquote der Einsätze insgesamt gut, und kein Gerät ging verloren.

## **4.2           Zweiter Fahrtabschnitt**

### **4.2.1        Course of Leg 2**

#### **4.2.1.1     Report on Sublegs and Port Calls**

##### *Subleg 1: Port Said - Port Sudan, January 31 - February 15*

A group of 21 scientists arrived on board METEOR in the early morning hours of January 30, 1987, after they had left Germany on the 29th and had had a rather smooth immigration into Egypt with the aid of Legationsrat K. Scharinger from the German Embassy in Cairo. Four further scientists remained on board after their participation in leg 1 in the Mediterranean Sea.

On January 30, a reception was given for members of the German Embassy and other German citizens living in Cairo and some of them remained on board for the passage through the Suez Canal.

METEOR left Port Said in a convoy early on January 31. In the afternoon of the same day, the five guests left via an agent's boat when METEOR passed Suez. A short time later the pilot left the ship and the journey through Egyptian waters begun.

As an essential part for further research work the boundaries of the Sudanese waters were determined.

On February 2, METEOR entered Sudanese waters and research work began at 6 a.m. directly south of Egyptian waters. The first research period finished on February 14.

In the mean time we were informed by telex that METEOR received no permission to call at the port of Jeddah and that participation of Saudi-Arabian scientists was not approved by governmental agencies. Since two Sudanese scientists were to embark in Jeddah on February 15, it was decided to go to Port Sudan for their embarkation.

##### *Port Sudan I, February 15*

METEOR left the working area around the Atlantis-II-Deep in the evening of February 14, and arrived at Port Sudan roads in the early morning of February 15. Dr. Abdul Daffalla and Mr. Mustafa Osman embarked and we were visited by Dr. Dirar Nasr, Director, and Dr. Feisal Idris of the Institute of Oceanography and by Mr. Jacob Bruentgen, Project Manager of the Vacation Training Centre in Port Sudan (GTZ-Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). Mr. Bruentgen together with the ships agent took responsibility for the disembarkation of Mrs. R. Velten. On the advice of Dr. S. Witten she was to fly back to

Germany for health reasons. Visa and flight could not be organized earlier than February 17, and Mrs. Velten remained on board for another two days.

*Subleg 2: Port Sudan - Port Sudan, February 15 - March 1*

METEOR arrived again in the Atlantis-II-Deep area in the evening of February 15, to pick up the freefall system "trap chain" and "respirometer", and was able to finish the planned work within 24 hours before heading back to Port Sudan.

In the morning of February 17, Mrs. Velten disembarked in the roads of Port Sudan and was kindly accompanied to the airport of Port Sudan and taken care of in Khartoum by personnel of the GTZ, the German Embassy and Lufthansa. It was a great relief and I was most grateful for the generous help by these German organisations.

Already on February 15, the leading scientists and two guests met on board to incorporate their specific research needs into our own plans. Dr. Daffalla is mainly interested in phytoplankton and Mr. Osman in sedimentological problems. It was decided to work during the following days on a transect from Port Sudan roads with north-easterly direction to collect off-shore samples supplementing research programmes of the Port Sudan Institute of Oceanography. This part of the cruise began on Port Sudan roads after Mrs. Velten's disembarkation on February 17.

On February 21, the work on the "Port Sudan" transect was finished after Mrs. Carstens, the substitute for Mrs. Velten, had embarked. Again, the above mentioned agencies were of great help in Khartoum and in Port Sudan.

Between February 22 and 28, research work was conducted south of Port Sudan with the southernmost stations just north of the Sudanese-Ethiopian boundary. In the late afternoon of February 28, the freefall respirometer and freefall trap chain were deployed about 10 n.m. off Port Sudan to remain there during our call in Port Sudan. The night was used for trawling near Port Sudan and Sanganed Reef, but Hydrosweep sounding demonstrated a sea bed too rough for trawling in most places, hence the trawl was lowered only once.

In the morning of March 1, METEOR arrived in Port Sudan.

*Port Sudan II, March 1 - 3*

The stay in Port Sudan turned out to be highly interesting and eventful, although difficulties arose through governmental regulations. Port leaving permits were issued for only 10 persons of the crew and scientists each, but more persons than the number of permits could leave the harbour area. Germans from two GTZ projects under Mr. Jacob Bruentgen (Vocational Training Centre), and Mr. Hinnerk Bartels (Sea Port Corporation) presents us with a well organized programme. All necessary permissions had been arranged in advance.

March 1: Captain H. Papenhagen and myself were invited for lunch in the honour of Ambassador F. Löhr by Sd. Ali Ahmed Abdel Rahim, General Manager of the Sea Port

Corporation. Afterwards the scientific group visited the Institute of Oceanography. In the evening more than 40 guests from the Port Sudan area were entertained in a reception given on METEOR.

March 2: A car tour to the ghost town of Port Suakin and a grill party at Erkovit in the mountains had been arranged by the GTZ personnel in cooperation with colleagues from the Institute of Oceanography and Mr. Sd. Salah Medani, Manager of Hotels and Tourism Corporation.

March 3: A boat tour for diving had been arranged by the institute and a beach tour for reef snorkelling was organized by GTZ personnel.

These magnificent tours allowed us to see people and landscape of the Sudan Red Sea Province, cultural aspects and folklore, plants and animals on the land and in the sea. The experience "coral reef" is one of the most fascinating for marine biologists and others, and many of us got their first chance to see the living reef community.

We are most grateful to all Sudanese and German friends for their cordial reception, their help and engagement for our eventful recreation. METEOR left Port Sudan in the early afternoon with a newly motivated scientific group and crew.

*Subleg 3a: Port Sudan - Aden, March 3 - 8*

In the early afternoon of March 3, one hour after leaving Port Sudan, METEOR arrived near the equipment moored on the sea bottom, one hour after leaving Port Sudan. The freefall respirometer and the trap chain were released from their bottom weights, surfaced and were picked up. Multicorer samples were collected and we proceeded south. Because of the occurrence of particular metabolic rates of bacteria in laboratory experiments, it was decided to take an additional sediment sample on our southernmost deep station in Sudanese waters. This was done in the early morning of March 4. Subsequently the journey was continued south through Ethiopian and Saudi-Arabian waters, for which no research permission had been granted. No research was conducted in the national waters of these countries, although it would have been of high scientific interest and was very tempting to do so. However, the planktologists took a surface plankton sample every hour during this passage.

On March 5, Djiboutian waters were reached and sampling began immediately south of the Ethiopian boundary. The work continued till March 8 before heading towards Aden. The freefall respirometer and the trap chain were moored on the bottom for the time of port call.

*Aden, March 8 - 9*

METEOR anchored in the roads of Aden in the afternoon of March 8. Mr. K.H. Schubach, acting Chargé d'Affaires of the FRG Embassy gave a reception on board METEOR. Fifty-two guests, personalities from politics, commerce and science, had been invited.

In Aden, Mr. Farag Mahfood Mutleq, Diplom-Biologist (Rostock), and Mr. Lofti Abdulaziz Gahzi embarked for participation in the further research in the Gulf of Aden.

*Subleg 3b, Aden - Djibouti, March 9 - 17*

METEOR left Aden in the early morning hours of March 9. After taking up the respirometer and the trap chain, we headed for our easternmost station because first priority was assigned to it in the Gulf of Aden. In the morning of March 16, the two guests disembarked via an Aden pilot boat. METEOR arrived and docked in Djibouti in the morning of March 17, the scientific party left the ship on March 18.

#### **4.2.1.2 International Collaboration**

During the early phase of preparation for the Red Sea cruise leg, difficulties were expected to arise due to a broad interest in participation by colleagues from countries bordering the Red Sea. The narrow basin is totally split up into national Exclusive Economic Zones (EEZ), and the countries have the right to ask for participation. The Red Sea proper and the Gulf of Aden are bordered by eight countries: Egypt, Sudan, Ethiopia, Djibouti, People's Republic of Yemen, Arabic Yemen, Saudi Arabia, and Somalia. If each country had sent two participants, the number of guests would have been too large for safe handling of equipment and programme conduction. Therefore, detailed cruise preparations began almost one year before the expedition started.

In February 1986, Dr. Horst Weikert (cruise leader for leg 5, Red Sea July/August 1987) and myself wrote to persons and institutions in the bordering countries, introducing our plans to local scientists and offering cooperation in research programmes. We received only a few and rather unspecific responses.

Early in April 1986, the applications for research in foreign national waters were sent to the German Ministry of Foreign Affairs and were distributed to the countries concerned.

In September 1986, a second circular letter was distributed to scientists and institutions in the Red Sea area, and again the response remained limited.

Most governmental reactions were received very late and were not all at hand when METEOR departed from Port Said on January 31 for cruise leg 2 and when research work was due to begin in the Red Sea.

This forced us to postpone detailed planning and hampered the effective cruise preparations to the disadvantage of our own interests and that of the participating foreign guests. It became rather frustrating for the scientists, technicians and students, realizing that these difficulties are detrimental also to scientists from the bordering countries who are interested in collaboration.

*Permission analysis*

Without going into details, the experience made is summarised for eight bordering countries.

- 1 Scientists from only two countries responded to circular 1 and from a third one to circular 2.
- 2 Permissions for research work in the Exclusive Economic Zone (EEZ) were granted by two countries in due time and by one country very late before the cruise.  
Permission were not given by 4 countries.  
Permission was given under unacceptable conditions by one country.
- 3 It is the general rule that application for research in national waters (Territorial and Exclusive Economic Zone) of other countries should be sent via proper governmental channels 6 months prior the cruise.
- 4 Regulations and recommendations by e.g. the new Law of the Sea are based on the assumption that marine research is done to the benefit of all, but specifically to that of the coastal state. Granting of research permissions would thus be self-evident, with the exception of possibly some specific regions.
- 5 If granting of research permissions is not self-evident, then decisions must be known sufficiently in advance before the cruise to warrant reliable cruise planning.

*Specific cases**The Democratic Republic of the Sudan*

Permission was allocated in August 1986, but cooperative arrangements were postponed due to late decisions of other countries and finally by difficulties in communication (mail, telex). Nevertheless, a fruitful cooperation developed with Dr. A. Daffalla and Mr. M. Osman, participations for two weeks in the cruise and collecting samples for their own research.

*République de Djibouti*

Research permission was given in September 1986.

*People's Democratic Republic of Yemen*

Permission was granted on December 24, 1986. Two scientists, Mr. Farag Mahfood Mutleq and Mr. Lofti Abdulaziz Ghazi embarked for the time research was done in the Gulf of Aden. They participated in the sampling programmes, studied the equipment of the ship and the scientific groups, and collected some samples of their own.

*Arabic Republic of Yemen*

No permission received, final answer on February 22, 1987.

*Socialist Ethiopia*

Scientists responded with interest, however, a permission was not given for unknown reasons. Final decision received on February 13, 1987.

*Democratic Republic of Somalia*

No permission was granted, final letter received on February 15, 1987.

*Kingdom of Saudi Arabia*

Permission was refused in October 1986. During a visit to Jeddah, partly financed by the Saudi-German scientific cooperation and partly by the Marine Science Faculty of the King Abdulaziz University, Jeddah, it became apparent that great interest existed in a participation on university, faculty and individual scientist level. Further diplomatic activities were not successful with the arguments that

- regulations for research in Saudi-Arabian waters were under discussion,
  - research ships from other nations had also not received permissions,
- and a final letter was received on February 9, 1987.

Independent from these decisions, we had invited two Saudi-Arabian scientists to participate in some sublegs of the cruise. However, these scientists did not get the permission for participation and METEOR was not allowed to dock in the port of Jeddah.

*Egypt*

Permission was given in November 1986. However, several conditions were made, two of which were not acceptable:

- Delivery of all bottom samples - geological and biological - to Egypt.
- Publication of results only after Egyptian review.

A visit to Cairo and a discussion of these conditions in the Ministry of Outer Affairs did not have success. This forced the German scientists not to accept the permission for national and international reasons.

Geological samples and collections of benthic animals constitute the basis for the following analyses, they are the essential cruise results for the individual scientist on which he himself, his students, his cooperators and technicians rely for their work in the home laboratories for 1 to 2 years. It is this material which is processed to solve the scientific questions. The Egyptian demand for all samples would cut off the scientists from their research materials, and a transfer of all personnel to Egypt, including equipment, is impossible. Cooperation on samples and data evaluation is self-evident, but this is bound to the collector's home institutions, where ever they are located.

Publication of results under the control of any agency is a still more severe infringement on science. It is general policy that basic research must be published freely to the benefit of mankind. It is a necessity for scientists and strongly advised by research funding authorities to publish the results and this cannot be counteracted or contradicted by any other interest.

The research areas visited during the cruise leg are delineated in Fig. 3.

#### 4.2.1.3 Research Areas and Construction of Marine Boundaries

Restrictive conditions for our expedition were enforced by those countries not even permitting basic research in their EEZ. These limitations forced us to construct sea-boundaries as no such lines were agreed by the nations bordering the Red Sea and the Gulf of Aden. No preparation had been done before-hand, because it was expected that research permissions would be granted and the boundaries would not have to be determined.

Therefore, a few days before research work was due to begin in the two regions, those boundaries had to be constructed in the ship's interest and to avoid violating foreign national territories. Being the cruise leader, I took the responsibility for boundary line construction, in full awareness of the various problems involved and of objections most probably to be raised by bordering countries.

In boundary line construction two methods were applied:

- Boundaries between neighbouring countries were extended into the sea in the direction they approach the coastline.
- Boundaries between opposite countries were constructed graphically on sea maps. Every ten nautical miles an equi-distant point was determined between coastline and/or islands. These points were linked to result in a continuous line.

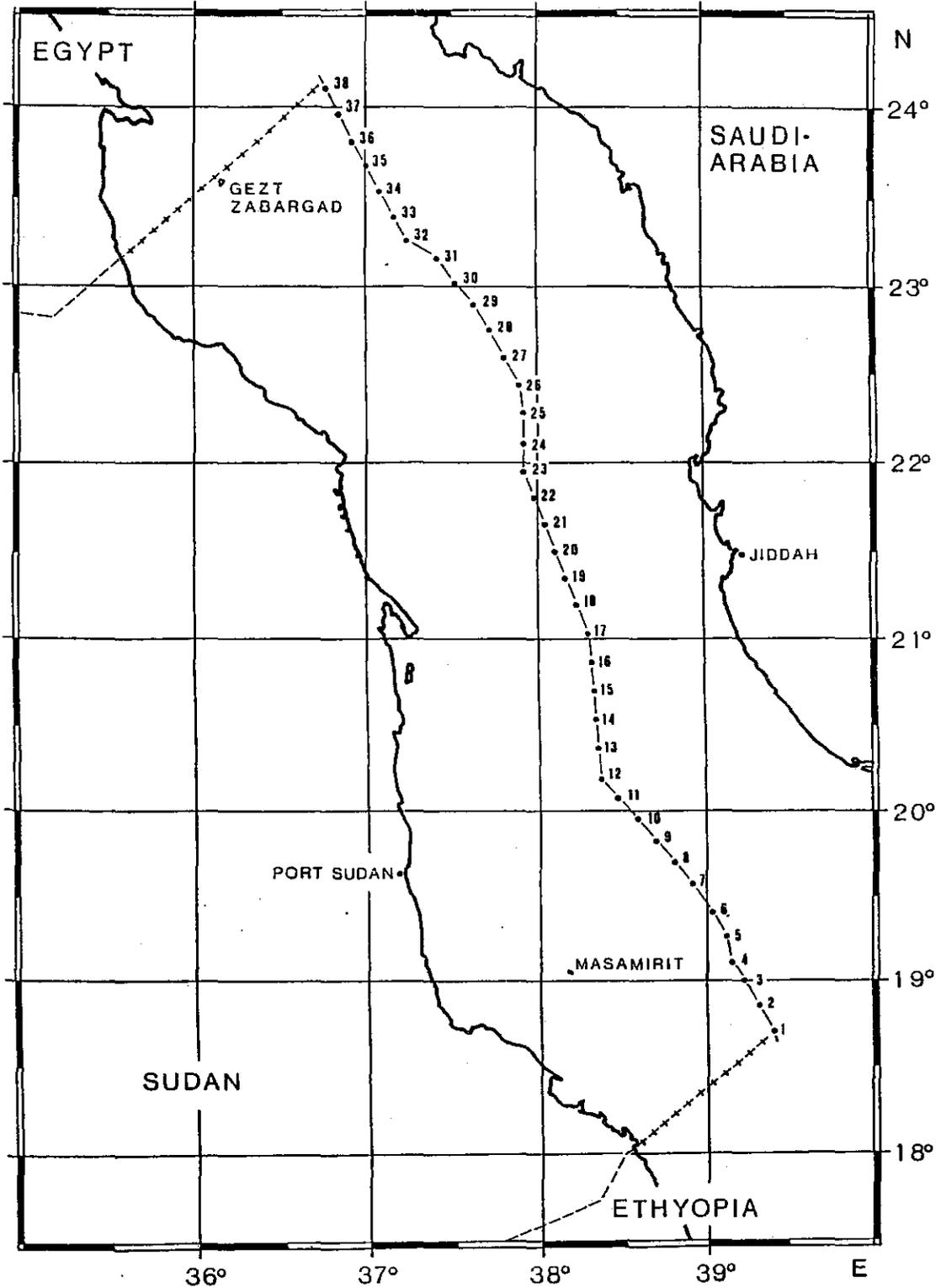
The construction error seems to be less than 1 nautical mile.

The first principle was used for the separation of Sudanese from Egyptian and Ethiopian waters (Fig. 10) and for delineating the Djiboutian research area from Ethiopian and Somalian regions (Fig. 11).

The second method was applied for the construction of the Sudanese - Saudi-Arabian border line starting with a single point of equi-distance to both coasts on the extended Sudanese-Ethiopian boundary line (Fig. 10). Line construction became unimportant between the République de Djibouti and the Arabic Republic of Yemen as we kept west of the Bab-el-Mandeb ship's route covering Djiboutian waters in its western reaches. The open water boundary between the République de Djibouti, the People's Democratic Republic of Yemen and the Democratic Republic of Somalia begins at the central point between Bas Bir (Djibouti) and Aibat Island (Somalia) (Fig. 11).

Figures 10 and 11 illustrate border lines as they were used in the selection of stations during cruise leg 2. Errors may be involved as it is not always possible to distinguish between an island which has to be considered and a reef not to be taken into consideration.

The location of coastal places resulting from the determination of equi-distant points for the construction of the boundary line are given in Table 4 for the sea-boundary between the Republic of Sudan and the Kingdom of Saudi-Arabia, and in Table 5 the sea-boundary between the République de Djibouti, the People's Democratic Republic of Yemen and the Democratic Republic of Somalia.



**Fig. 10:** Boundary lines of Sudanese waters. Constructed for the purpose not to violate Egyptian, Saudi-Arabian and Ethiopian waters during the cruise.

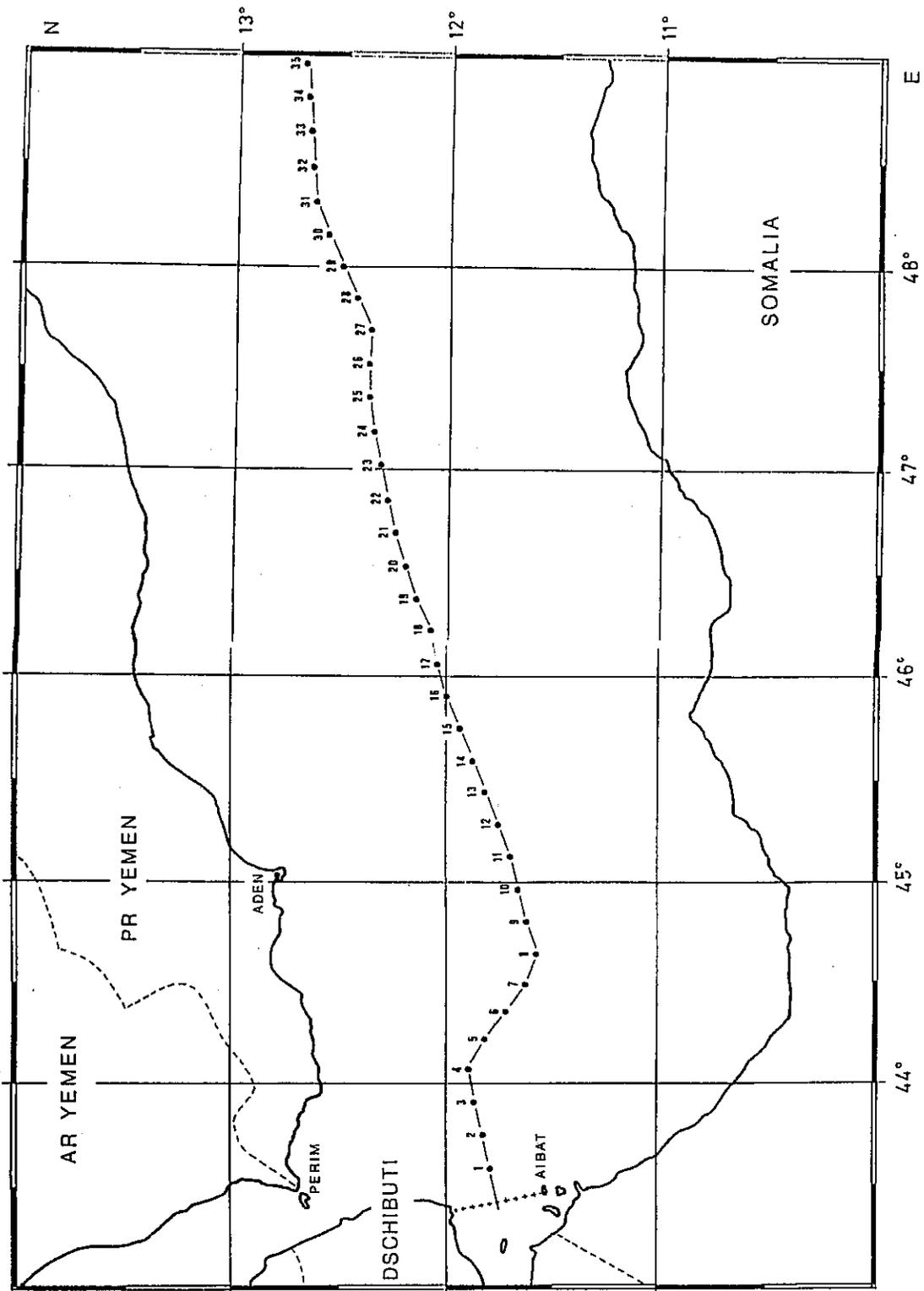


Fig. 11: Boundary lines of Djiboutian and PR Yemenitic waters. Constructed for the purpose not to violate AR Yemenitic and Somalian waters.

Tab. 4: Boundary line construction points (1 - 38) and equi-distant locations along the coasts of the Republic of the Sudan and the Kingdom of Saudi-Arabia (Fig. 10).

Boundary line construction points	Equi-distant localities	
	Sudan	Saudi-Arabia
1 - 2	Akrab Island	Schib as Saka Island
3	same	Djabbara Island
4	same	Danak Island
5	Tamarschi ja Island	same
6	same	Kadd Humais Island
7 - 12	Barra Musa Kebir Island	same
13 - 14	Angarosch Island	N of Abu Schauk 20°54'N
15 - 16	same	Janib Schara
17 - 19	same	Ras el Aswad
20 - 21	Ras Abu Schagara	Island west of Ras Hatiba
22	N of same, 21°08'N	same
23 - 25	Ras Hadarba	same
26 - 28	same	Ras Mastura
29	same	S of Ras el Chaijam 23°18'N
30 - 31	Island N of Halaib el Kebira Island	Ras al. Abyadh
32	Ruwabil Island	Ras Baridi
33	Sabargad Island	same
34 - 36	same	N of Ras Baridi 24°16'N
37 - 38	same	Ras el Lakk

Tab. 5: Boundary line construction points (0 - 35) and equi-distant locations along the coast of the Republique de Djibouti, the People's Democratic Republic of Yemen and the Democratic Republic of Somalia (E = east of, S = south of, W = west of) (Fig. 11)

Border line construction points	Equi-distant localities	
	<u>Djibouti</u>	<u>Somalia</u>
0	Ras el Bir	Aibat Island
1 - 3	same	same
	<u>P R Yemen</u>	<u>Somalia</u>
4	E Ras el Ara, 43°58'E	Aibat Island
5	same, 44°53'E	same
6	Chor Amran	same
7 - 8	same	S Schab Kulangarit, 43°44'E
9	Ras el Argah	Ras Katib
10 - 11	E Ras el Argah, 44°53'E	same
12 - 16	Ras Marschag (Aden)	Ras Khanzir
17 - 18	Ras Sailan	same
19 - 20	Sambeh Huk	Djesiret er Rabsch
21	W Ras Aulaki, 46°40'E	same
22 - 23	Ras Aulaki	same
24	E Ras Aulaki, 46°50'E	same
25	same, 47°07'E	same
26	same, 47°13'E	same
27	same, 47°17'E	same
28	same, 47°20'E	Ras Gaham
29 - 30	same, 47°22'E	E Ras Gahm, 48°24'E
31	Ras el-Asidah	same, 48°32'E
32 - 34	Djesiret Baraka	Ras Adaddo
35	Ras el-Kelb	Ras Antara

#### 4.2.2 Arbeitsgruppe Göttingen

Die Geräte wurden termingerecht am 12. Dezember 1986 in Göttingen geladen und am selben Tage am Liegeplatz Hamburg angeliefert.

METEOR legte am 02. Januar 1987 in Hamburg ab und lag zu Beginn des Fahrtabschnittes M 5/2 am 31. Januar 1987 in Port Said. Wir reisten über Frankfurt mit Lufthansa an und gingen am 30. Januar 1987 gegen 03:30 Uhr an Bord.

METEOR legte am 31. Januar 1987 um 03:00 Uhr von Port Said ab und erreichte am 04. Februar 1987, 08:30 Uhr die erste Kolbenlotstation an der Nordgrenze des sudanesischen Seegebietes. Als erstes Gerät wurde das Kolbenlot 12 m, 120 mm Ø eingesetzt (vgl. Kap. 5.2.16). Das Absatzgestell war fertig auf 18 m Länge vormontiert. Ein Verlängerungsstück (6 m) konnte aufgesetzt werden. Wegen des Ausfalls von Parasound waren wir bei der genauen Wahl der Station ausschließlich auf Hydrosweep angewiesen. Wir erhielten einen Kern von 9,68 m Länge. Auf dem ersten Teilstück der Reise konnten wir bis zum 16. Februar 1987 noch 7 weitere Kerne ziehen, darunter auch unter der Stationsnummer M 5/2-100/87-KL einen Kern von 22,75 m Länge.

Der ursprüngliche Fahrplan, der für den 15. Februar ein Einlaufen in Jeddah (Saudi-Arabien) vorgesehen hatte, mußte kurzfristig geändert werden, da METEOR von den saudischen Behörden keine Einlaufgenehmigung erhielt.

Wegen eines akuten Krankheitsfalles verließen wir am Freitag, den 13. Februar gegen 23:00 Uhr unser Arbeitsgebiet nordwestlich des Atlantis II-Tiefs und fuhren nach Port Sudan. METEOR erreichte Reede Port Sudan am folgenden Morgen gegen 08:00 Uhr. Der Versuch, die erkrankte Frau Velten von Bord abzusetzen, scheiterte an behördlichen Formalitäten. Bei dieser Gelegenheit wurden zwei sudanesischen Wissenschaftler an Bord METEOR übernommen, die uns bis zum planmäßigen Zwischenstop in Port Sudan am 01. März 1987 begleiteten. METEOR verließ Reede Port Sudan um 11:30 Uhr (14.02.1987) in Richtung Atlantis-II-Tief, wo wir das wissenschaftliche Programm fortsetzten.

Am Montag, den 16. Februar 1987, verließen wir gegen 22:00 Uhr erneut unser Arbeitsgebiet in Richtung Port Sudan, wo wir am darauffolgenden Tag um 07:00 Uhr eintrafen. Der 2. Versuch, die erkrankte Frau Velten zu übergeben, gelang reibungslos, so daß METEOR schon eine Stunde später auf dem Weg zur sudanesisch-saudischen Grenze der Hoheitsgewässer war, wo das laufende Programm fortgesetzt wurde. In etwa 800 m Wassertiefe zogen wir am 19. Februar 1987 zwei weitere Kerne von 11,51 m (12 m-Rohr) bzw. 17,39 m (24 m-Rohr) Länge.

Mit mehreren Flachwasserstationen (Benthologie und Planktologie) näherten wir uns am 20. Februar 1987 Port Said, wo wir um 14:00 Uhr auf Reede die Nachfolgerin für die erkrankte Frau Velten an Bord übernahmen. Anschließend nahmen wir unser Programm mit Arbeiten auf den südlichen Schnitten des sudanesischen Hoheitsgebietes wieder auf. Dort zogen wir in

800 m und in ca. 1100 m Wassertiefe weitere vier Kerne (max. 21,74 m auf Station M 5/2-282/87-KL-2).

Am Sonntag, den 01. März 1987 lief METEOR um 10:00 Uhr planmäßig im Hafen von Port Sudan ein. Während unseres Aufenthaltes war ein Programm vorbereitet, das am 01. März mit der Besichtigung des Institute of Oceanography, Port Sudan, und einem anschließenden Empfang an Bord von METEOR begann, am 02. März mit einem ganztägigen Ausflug nach Port Suakin und in die südlich angrenzenden küstennahen Berge fortgesetzt wurde und am 03. März, vormittags, mit einer Schnorchel- und Tauchtour in die Riffe südlich von Port Sudan abschloß.

Am Dienstag, den 03. März 1987 verließ METEOR um 14:00 Uhr Port Sudan. Das am 28. Februar ausgesetzte Respirometer und die Reusenkette wurden eingeholt und mehrere Multicorer in verschiedenen Tiefen gefahren.

Am 04. März 1987 verließen wir früh morgens das Arbeitsgebiet der sudanesischen Gewässer nach Süden in Richtung Bab-el-Mandeb, wo wir am Donnerstag, den 05. März 1987 die Nordgrenze der Hoheitsgebiete von Südjemen und Djibouti erreichten und wo die Stationsarbeiten erneut aufgenommen wurden. Südlich der Schwelle hatten wir eine weitere Kernstation, auf der wir leider ohne Erfolg versuchten, in Erosionsrinnen die dünne Auflage von grobkörnigem Sediment aus das Basement mit einem 12 m-Rohr und 3 t Auflast zu kernen. Das Rohr drang nicht in das Sediment ein. Die Schneide wurde beim versuchten Eindringen wahrscheinlich zerstört; sie ging verloren. Das Rohr wurde geborgen und unterhalb des Gewichtansatzes leicht gestaucht.

Am Sonntag, den 08. März 1987 lief METEOR um 15:00 Uhr in Aden (Süd-Jemen) ein, wo wir auf Reede vor Anker gingen. Am Abend bestand die Möglichkeit zu einem kurzen Landausflug, und an Bord war ein Empfang der bundesdeutschen diplomatischen Vertretung im Südjemen.

Am Montag, den 09. März 1987 verließ METEOR Aden um 06:00 Uhr in Richtung auf den nordöstlichen Teil des Golfes von Aden zur Fortsetzung der Stationsarbeiten. An Bord waren auch zwei südjeminitische Gastwissenschaftler (Biologen). Mit 2 weiteren Kernstationen am 11. März und Kernlängen von 10,36 m (12 m-Rohr) und 22,12 m (24 m-Rohr) wurde das Kernprogramm mit dem Göttinger Kolbenlot alles in allem sehr erfolgreich abgeschlossen.

Am Montag, den 16. März lief METEOR erneut den Hafen von Aden an, um die beiden Gastwissenschaftler abzusetzen. Anschließend nahm METEOR Kurs auf Djibouti, wo wir am Dienstag, 17. März, im Hafen festmachten. Der Abschnitt 2, Rotes Meer und Golf von Aden, der METEOR-Reise Nr. 5 war damit beendet.

### 4.3 **Dritter Fahrtabschnitt**

#### 4.3.1 **Unterabschnitt 3a**

Der Beginn der Reise wurde durch den Bombenanschlag in Djibouoti am 18.03.1987 überschattet.

Bei diesem Anschlag kamen vier junge Wissenschaftler des Instituts für Meereskunde Kiel ums Leben.

Annette Barthelt  
 Marco Bouchalla  
 Hans-Wilhelm Halbeisen  
 Daniel Reinschmidt

Vier Mitglieder der Wissenschaftlergruppe wurden schwer verletzt:

Klaus v. Bröckel, Ilka Peeken, Uwe Piatkowski und Annegret Stuhr.

Sie befinden sich auf dem Wege der Besserung. Es ist damit zu rechnen, daß alle vier Ende des Jahres 1987 wieder arbeitsfähig sind.

Am 22.03.1987 trafen zur Verstärkung der Wissenschaftlergruppe fünf Mitarbeiter aus Hamburg und Kiel auf METEOR ein. Die Reise wurde mit 3,5 Tagen Verspätung am 22.03. um 22:48 Uhr Ortszeit begonnen.

Das Ziel der Untersuchungen des Abschnittes M 5/3a war die Erfassung der räumlichen und zeitlichen Variabilität planktologischer und sedimentologischer Prozesse in einem Meeresgebiet 80 x 40 Seemeilen vor der Küste von Oman (Abb. 4).

Zur Auswahl des geeigneten Untersuchungsgebietes wurde eine Suchfahrt parallel zur Küste von den Kuria Muria Inseln (17°N / 56°E) bis nach Ras Al Junays (22°N / 59°E) durchgeführt. Kriterien für die Auswahl waren Oberflächenregistrierungen von Temperatur und Fluoreszenz (als Maß für den Bestand an Phytoplankton) sowie die Analyse von Nährstoffkonzentrationen. Zusätzlich zu den Oberflächenregistrierungen wurden in 50 Seemeilen Abstand Vertikalserien analysiert.

Am 28.03.1987 wurde das Untersuchungsgebiet mit folgenden Eckpunkten festgelegt: 20°57 N/59°05 E, 22°10 N/59°50 E, 21°48 N/60°30 E, 20°30 N/59°50 E.

Im südlichen Drittel der Box wurde vom 29. - 31.03. die Zentralstation bearbeitet. Es wurden vier Sinkstofffallen in 80 m und 500 m Tiefe mit satellitenorientierten Driftern ausgelegt, und nach 48 Stunden Driftzeit zwei wieder aufgenommen.

Das Schwergewicht der Untersuchungen an der Zentralstation lag bei der Analyse von produktionsbiologischen Parametern in den oberen 300 m der Wassersäule.

Von der Hamburger Geologengruppe wurden 2 Kastengreifer und 4 Kastenlote gefahren.

Die Zentralstation (Phase 1) wurde am 31.03. Um 02:00 UTC beendet. Das erste Stationsgrid mit 25 Stationen wurde am gleichen Tage um 05:00 begonnen. Auf 25 Stationen wurde neben hydrographischen Messungen Fänge mit einem neu entwickelten geschleppten, elektronisch gesteuerten Mehrfachschießnetz mit einer Maschenweite von 300 Mikron durchgeführt.

Vom 13. bis 24. 04. wurde ein Profil im nördlichen Teil des Arabischen Meeres bearbeitet, das vier Teilabschnitte umfaßt:

- 1 Ein Ost-West-Profil im Bereich des Distalen Indus-Cone
- 2 Ein Querschnittprofil über den mittleren Teil des Indus-Cone.  
Diese 11 Stationen erfassen drei Schüttungsstränge, einen Zwischenbereich zwischen zwei Strängen und eine Station im nördlichen Randbereich des Cones. Auf den Conesträngen wurden jeweils die zentralen Rinnen (channel deposits) sowie die beiden randlichen Rücken (overbank-levee deposits) beprobt.
- 3 Auf dem Murray Rücken wurde je eine Station auf dem nördlichen bzw. südlichen Rücken und eine im zentralen Rückenbereich gefahren.
- 4 Die letzten vier Stationen erfassen ein Profil entlang der SE-NW Achse des Oman Beckens.

Es wurden an 15 Stationen 143 Wasserproben entnommen sowie 24 Kastengreiferkerne mit ungestörter Oberfläche (30 - 50 cm) und 13 Kastenlotkerne (100 - 400 cm) mit direktem Anschluß an die Greiferkerne gezogen, die einen Zeitraum von etwa 20.000 Jahren erfassen. Im Bereich des mittleren Indus-Cone wurden mit Hilfe des Echolots (Parasound) Profile des Bodenreliefs aufgenommen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen wurden am 22.04. um 18:30 Uhr LT abgeschlossen. Das Schiff lief am 23.04.1987 in Mina Qaboos (Muskat) im Sultanat Oman ein.

#### Zeitablauf der wissenschaftlichen Arbeiten

22.03.1987	Auslaufen Djibouti	
24.03. - 27.03.	Erprobungs-Suchphase	stn 287-295
28.03. - 31.03.	Zentralstation P1 Phase I	stn 296-305
31.03. - 02.04.	Stationsgrid I	stn 306-330
03.04. - 05.04.	Zentralstation P1 Phase II	stn 331-347
05.04. - 06.04.	Zentralstation Fibio	
06.04. - 07.04.	Zentralstation P1 Phase III	stn 348-361
07.04. - 10.04.	Stationsgrid II	stn 362-386
10.04. - 11.04.	Zentralstation P1 Phase VI	stn 387-397
12.04. - 22.04.	geologisch-sediment. Arbeiten	stn 398-422
23.04.1987	Einlaufen in Mina Qaboos (Muscat) Sultanat Oman	

### 4.3.2 Unterabschnitt 3b

14 neue Mitglieder der wissenschaftlichen Besatzung und der Fahrtleiter des Abschnittes 3b trafen am 23. April spät abends in Muscat (Oman) ein. Ein Vertreter der deutschen Botschaft nahm die Gruppe am Flughafen in Empfang. Beim Zoll ergaben sich gravierende Probleme, da einige Transportkisten mit Meßgeräten und Rechnern an diesem Abend und auch am folgenden Tag, einem Feiertag in Oman, nicht abgefertigt werden konnten. Erst am Sonnabend, den 25.04. gelang es, mit Hilfe des Reedereiagenten die Herausgabe des Gepäcks zu erreichen.

Zum Abend des 24. April erhielten der Kapitän und die Fahrtleiter des vorangegangenen und kommenden Fahrtabschnittes eine Einladung vom deutschen Botschafter. Dort waren anwesend auch der Wissenschaftsdekan und der Dekan für Landwirtschaft und Fischerei der Universität von Muscat. In sehr offenem Gespräch konnten landesspezifische Informationen und Gedanken ausgetauscht werden. Die universitäre Ausbildung und das generelle Bildungssystem im Sultanat Oman und in der Bundesrepublik Deutschland stellten einen Schwerpunkt der Gespräche. Ebenso intensiv wurden die Zielsetzung der METOER-Reise erläutert und Möglichkeiten der Zusammenarbeit auf meereskundlichem Gebiet zwischen beiden Ländern diskutiert.

Am 25.04. nahm ein großer Teil der wissenschaftlichen und nautischen Besatzungsmitglieder der METEOR an einer Besichtigungsfahrt teil, die vom Botschaftssekretär, Herrn Heye, geführt wurde. Neben touristischen Besonderheiten (Altstadt, Palast des Sultans, Hotels, Geschäftsviertel, Marktplatz) und ausführlichen Erläuterungen über Land und Leute wurden fachlich besonders interessante Einrichtungen besichtigt, wie z.B. der Fischereihafen, das Marine Science and Fisheries Center und ein sehr beeindruckendes neu aufgebautes Universitätsgelände. Die Betreuung durch die deutsche Botschaft war insgesamt hervorragend.

Vor dem Auslaufen der METEOR am 26.04. kam zum Abschied ein omanisches Fernseheteam an Bord. Der Fahrtleiter erhielt zunächst Gelegenheit, die Zielsetzung der METEOR-Reise zu erläutern, anschließend folgten Interviews mit Frau Dr. Doyle aus Irland, als Vertreterin der weiblichen Expeditionsteilnehmer, und mit zwei Gastwissenschaftlern aus Oman, die über ihre Erfahrungen im vorangegangenen Fahrtabschnitt berichteten.

Um 10:00 Uhr Ortszeit lief METEOR aus Mina Qaboos, dem Hafen von Muscat, aus und nahm Kurs auf das Untersuchungsgebiet im zentralen Arabischen Meer. Zwei für diesen Abschnitt angemeldete Gastforscher aus Iraq und Qatar waren leider nicht eingetroffen. Die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer versammelten sich um 10:30 Uhr zu einer ersten Besprechung über die Laborverteilung und Organisation des Arbeitsablaufes auf diesem Fahrtabschnitt. Für alle drei Teilabschnitte (a-c) des dritten Fahrtabschnittes war ein gleicher Grundarbeitsplan vorgesehen, mit einer zweimaligen fischereibiologisch orientierten Aufnahme eines festen Stationsnetzes, 4 planktologische Driftstationen und einer zentralen fischereibiologischen Driftstation. Zusätzlich umfaßten die einzelnen Teilabschnitte

unterschiedliche Spezialprogramme. Die Zeitvorgaben für Abschnitt 3b erforderten einige Kürzungen bei allen Programmteilen. Es wurde die Möglichkeit angesprochen, Arbeiten der 2. und 3. planktologischen Driftstation und der fischereibiologischen Driftstation in einer ausgedehnteren zentralen Driftstation zu kombinieren. Detailplanungen hierzu wurden aufgenommen, nachdem Erfahrungen über den zeitlichen Ablauf der Arbeiten gesammelt waren. Um 15:00 Uhr erfolgte eine Besprechung über organisatorische Fragen mit der Schiffsführung und die Sicherheitsbelehrung der wissenschaftlichen Teilnehmer. In einem abendlichen Seminar berichteten die Teilnehmer, die auch am vorangegangenen Fahrabschnitt beteiligt waren, über den bisherigen Ablauf der Arbeiten und die erzielten Ergebnisse. Anschließend wurde das Programm für eine erste Teststation geplant, auf der alle Fang- und Meßgeräte überprüft und in ihrer Handhabung erprobt werden sollten.

Die Teststation wurde am folgenden Tag (27.04.) um 15:00 Uhr jenseits des Murray Rückens auf Position 20°N und 63°35' E durchgeführt. Sie war gleichzeitig die erste von 8 Suchstationen auf einem Schnitt von 140 m Länge in das anvisierte Arbeitsgebiet hinein (Abb. 5). Auf jeder dieser Stationen wurde die Vertikalverteilung von Temperatur, Salzgehalt, Nährsalzen, Phytoplanktonzusammensetzung und in vivo-Fluoreszenz mit Sonden, Schöpfnern und Netzen aufgenommen. Die Ergebnisse sollten zeigen, ob das Gebiet ausreichend ozeanischen Charakter aufweist oder eine weitere Verlagerung des Arbeitsgebietes nach Süden erforderlich ist. Um eine Zentralposition bei 18°45' N und 65°05' E herum erschienen die Kriterien für ein nährstoffarmes horizontal homogenes Gebiet ausreichend erfüllt. Dort wurden drei treibende Sinkstofffallen ausgesetzt und die Arbeiten der ersten, knapp 2tägigen planktologischen Phase an der Driftstation (Zentralstation) am Abend des 28.04. aufgenommen.

Die Position der Driftstation orientierte sich an einer Treibboje mit Sedimentfalle in 100 m Tiefe und einem zusätzlichen Treibsegel in 50 m Tiefe. In der Nähe dieser Treibboje wurde die Wassersäule zur Bestimmung der Planktonbestände und biologischen Umsatzraten in den oberen 200 m beprobt. Pausen zwischen den Außenbordeinsätzen von Planktongeräten werden zur Erprobung einer Jigging Maschine und eines Isaac-Kidd-Midwatertrawls (IKMT) genutzt. Diese Geräte dienen dem Fang von Tintenfischen bzw. Mikronektonorganismen.

Die oben genannte Zentralposition wurde auch als Mittelpunkt des festen Stationsnetzes (Routinegrid) von 40 x 80 m Ausdehnung gewählt. Die Diagonale des Grids wurde der zuvor beobachteten Drift der Sedimentfallen entsprechend nach SE ausgerichtet, damit die Driftposition möglichst lange im Bereich des festen Stationsnetzes verbleibt. Eine erste Aufnahme der 25 Stationen des Routinegrids wurde in der Zeit vom 30.04.-03.05. durchgeführt. Neben Meßsonden, Schöpfnern und kleinem Planktonnetz stand hier der Einsatz größerer geschleppter Mehrfachschließe netze (BIOMOC, Mocness, IKMT) im Vordergrund. Sie dienen dem Fang von Fischlarven, Jungfischen, kleinen mesopelagischen Fischarten und größeren Crustaceen. Zentrales Fanggerät war das BIOMOC (vgl. Abb. 5/3 2. Fahrtbericht 3c) ein stark abgewandeltes Mocness (WIEBE et al., 1976). Im Bericht des vorangegangenen Fahrabschnittes wird noch der Name Mocness verwendet. Die Namensänderung wird hier vorgenommen, weil bei diesem neu entwickelten Gerät nur das elektronische System und die

Netzauslösung vom Mocness stammt; die äußere Form und die Fangeigenschaften entsprechen dagegen mehr einem BIONESS genannten kanadischen Gerät (SAMEOTO et al., 1980). Außerdem wurde auf diesem Fahrtabschnitt auch ein originales Mocness eingesetzt, so daß ein gleicher Name zu Verwechslungen führen würde. Das auf dem ersten Abschnitt eingeführte Geräte Kürzel (MC) für das BIOMOC wurde nicht verändert, das originale Mocness erhält die Abkürzung (MC1).

Während der 3tägigen Aufnahme des Routinegrids haben sich die Boje zur Markierung der zentralen Driftposition mit Treibkörpern in 50 und 100 m Tiefe und 2 weitere Sedimentfallen in 100 und 500 m Tiefe nur jeweils wenig nach SE verlagert. Unterhalb 50 m zeigten sich somit keine starken Stromscherungen. Eine 30 m tief treibende Boje hatte im gleichen Zeitraum jedoch ca. 40 sm zurückgelegt und wies auf eine stärkere Strömung in der durchmischten Oberflächenschicht hin.

Nach der ersten Gridaufnahme folgte eine knapp 5tägige zentrale Driftstation, auf der die planktologischen und fischereibiologischen Arbeiten aus ursprünglich getrennt geplanten Driftphasen kombiniert durchgeführt wurden. Insgesamt konnte damit die erforderliche Zeiteinsparung erreicht werden, und gleichzeitig konnten beide Arbeitsgruppen die zu untersuchenden zeitlichen Variationen in den biologischen Strukturen und Prozessen jeweils über einen ausgedehnteren Zeitraum vier vollständige Tagesgänge aufnehmen. Die Arbeiten konzentrierten sich dabei auf eine möglichst kleinräumige vertikale Auflösung der oberen 150 m (z.T. bis 800 m) der Wassersäule. Der Arbeitsablauf orientierte sich an festen Einsatzzeiten für das vertikal gezogene Multinetz (4 Stundenrhythmus, 600 m bzw. 150 m) und das Schleppnetz BIOMOC (tags und nachts je 2 Doppeleinsätze bis 100 m). Die Probennahme mit Wasserschöpfern, die daran anschließenden Analysen und die Prozeßstudien konzentrieren sich auf den Vormittag, ebenso die in situ-Inkubation zur Bestimmung der Primärproduktion. Nachmittags wurde jeweils ein Tiefenhol (800 m) mit dem BIOMOC eingeführt und nachts kamen verschiedene Schleppnetze zum Einsatz. Sie dienen dem Fang von Mikronekton und Makroplankton für Versuche mit lebenden Tieren sowie dem Fang von Fischlarven und deren Nahrungsorganismen für biochemisch und histologisch orientierte Untersuchungen zur Ökologie der Larven. In zeitlichem Zusammenhang mit den Planktonfängen wurden regelmäßige Fluoreszenz- und Hydrographieprofile gefahren.

Während dieser zentralen Driftphase verlagert sich die Position der Treibbojen schneller als zuvor. Aus einem anfangs mittleren Bereich innerhalb des festen Stationsnetzes wanderte die Driftposition in Richtung SE bis an den Südrand des Grids (Abb. 5). Die 30 m Falle lief über 30 Meilen aus dem Gridbereich hinaus.

Die Arbeiten auf der zentralen Driftstation wurden am Morgen des 8. Mai beendet. Nach Aufdampfen auf die Anfangsposition des festen Stationsnetzes begann mittags die Wiederholungsaufnahme des Routinegrids, die in knapp 2,5 Tagen beendet werden konnte. Es schloß sich eine dritte, nur planktologisch orientierte Driftphase an. Innerhalb von 2,5 Tagen wurden hier vor allem kurzzeitige Variationen in den vertikalen Planktonstrukturen innerhalb

des markierten Wasserkörpers erfaßt. Die Arbeiten konzentrierten sich auf den Bereich des Tiefenchlorophyllmaximums. Das Driftgebiet lag zu dieser Zeit etwas südöstlich außerhalb des festen Stationsnetzes (Abb. 5).

In den folgenden 5 Tagen konzentrieren sich die Arbeiten auf das OMSAT-Programm. Auf einem Schnitt von etwa 18°N / 66°50 E bis 22°N / 65°45 E wurden 18 mehrstündige Hols mit dem Isaac-Kidd-Midwatertrawl zum Fang mesopelagischer Mikronektonorganismen durchgeführt. Sie wurden ergänzt durch zwei Hols mit dem pelagischen Fischereitrawl, zum Fang auch größerer Fische und Tintenfische.

Das wissenschaftliche Programm des Fahrtabschnittes 3b wurde am 17.5. um 17:20 Uhr beendet. Am 18.5. lief das Schiff in Karachi (Pakistan) ein.

#### Zusammenfassung des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Arbeitsphasen.

27.4.1987	Auslaufen aus Mina Qaboos, Muscat, Sultanat Oman	
27.04.-28.04.87	Suchschnitt	stn 423-430
28.04.-30.04.87	Zentralstation: Driftphase 1(PL)	stn 431-435
30.04.-03.05.87	Stationsnetz: Aufnahme I	stn 436-460
03.05.-08.05.87	Zentralstation: Driftphase 2 (Pl, Fibio)	stn 461-467
08.05.-10.05.87	Stationsnetz Aufnahme II	stn 468-492
11.05.-12.05.87	Zentralstation: Driftphase 3 (Pl)	stn 493-495
12.05.-17.05.87	IKMT-Schnitt (Mikronekton), Planktontiefenserie, pelagisches Trawl	stn 496-515

#### **4.3.3            Unterabschnitt 3c**

Am 17. Mai um 22:10 Uhr trafen der wissenschaftliche Fahrtleiter des Abschnittes 3c und drei weitere neue Mitglieder der wissenschaftlichen Besatzung in Karachi ein. Sie wurden von dem dort amtierenden deutschen Generalkonsul, Herrn D. Höscher, am Flugplatz abgeholt und ins Hotel gebracht. Herr Höscher erläuterte kurz das für die kommenden Hafentage in Karachi geplante Programm, wie es mit dem Direktor des "National Institute of Oceanography", Dr. G.S. Quraishee, abgesprochen war.

METEOR lief am 18. Mai um 17:00 Uhr in den Hafen von Karachi ein, wo sie von den vier neu Angekommenen, begleitet von Dr. M. Rabbani vom A.I.O., erwartet wurde. Sofort nach dem Anlegen gingen ca. 20 Schüler der deutschen Schule in Karachi mit der Schulleiterin, Frau Schnelle, sowie einigen ihrer Kollegen an Bord und wurden von verschiedenen mit dem Schiff seit Wochen vertrauten Vertretern der wissenschaftlichen Besatzung durch das Schiff geführt.

Dr. Rabbani berichtete von den Schwierigkeiten, die zu überwinden waren, die Forschungsgenehmigung zu bekommen. Die Verweigerungen von Genehmigungen seitens einiger anderer arabischer Staaten hatten zunächst bei den zuständigen pakistanischen Stellen Argwohn hervorgerufen. Generelle Gründe, eine Erlaubnis nicht zu erteilen, seien auch Punkte in Expeditionsprogrammen, die auf geomorphologische und tiefreichende CTD-Messungen abzielten. Pakistan hätte in der Vergangenheit Ärger mit ozeanographischen Forschungskampagnen der S.U. gehabt, da über keine Ergebnisse informiert worden sei. Das überwiegend biologisch ausgelegte Programm der METEOR und die Absicht, vorwiegend Prozesse im oberen Epipelagial zu untersuchen, hätten letztlich den Ausschlag dafür gegeben, daß für das deutsche Schiff die Genehmigung erteilt worden sei. Dr. Rabbani, der in Kiel promoviert hat, scheint sich selbst in einer für uns sehr hilfreichen Weise eingesetzt zu haben, um eine Forschungsgenehmigung für das Schiff zu erwirken.

Auf Wunsch des N.I.O. war bereits zu einem früheren Zeitpunkt von Hamburg aus vereinbart worden, daß während des Aufenthaltes von METEOR in Karachi ein wissenschaftliches Symposium abgehalten werden sollte mit Vorschlägen von pakistanischen und deutschen Meereskundlern über die fischereiliche Nutzung des Arabischen Meeres. Das N.I.O. hatte für diese Veranstaltung erhebliche Vorbereitungen getroffen. Am 19. Mai wurde das Symposium im Hotel Taj Mahal im Beisein des Beraters des Premierministers für Fragen von Wissenschaft und Technologie, Dr. M.A. Kazi, und des Sekretärs im Ministerium für Wissenschaft und Technologie, Herrn M. Masihaddin, zunächst mit dem Gang durch eine vom N.I.O. hergerichtete Poster Ausstellung über wissenschaftliche Programme des Instituts eröffnet. Im Anschluß daran wurden von Dr. Quraishiee, Herrn Masihaddin und Dr. Kazi Begrüßungsansprachen gehalten, die von Prof. Nellen erwidert wurden. Danach fuhren Dr. Kazi und seine Begleiter zur METEOR, wo sich inzwischen der Deutsche Botschafter, Herr G. Berendonck, aus Islamabad eingefunden hatte. Die Gäste wurden von Kapitän Papenhagen und Dr. Kinzer durch das Schiff geführt.

Das Symposium erstreckte sich über zwei Tage. Am 20. Mai fand die Eröffnung des 2. Symposiumtages durch den Konteradmiral der Marine, Herrn S.M. Khan, statt, der dafür zahlreiche Marinesoldaten ins Auditorium abkommandiert hatte.

Die anliegenden Kopien der Symposiumseinladung und das Programm mögen den Eindruck davon geben, welchen Stellenwert der Besuch der METEOR in Karachi für das N.I.O. hatte (Abb. 12 a,b). Zusätzlich ist anzumerken, daß die Tageszeitung "Dawn" am 19. Mai auf zwei Seiten über das Forschungsschiff, die Teilnahme pakistanischer Wissenschaftler an Teilen der Reise und die Bedeutung ozeanographischer Forschung für das Land reportierte. Ein weiterer längerer Artikel über die METEOR erschien in derselben Zeitung noch einmal am 5. Juni.

Am 19. Mai gab die Besatzung der METEOR einen Empfang für etwa 80 Gäste an Bord. Am 20. Mai hatte das N.I.O. nachmittags einen Ausflug für Mitglieder der nautischen und wissenschaftlichen Besatzung zu den Gräberfeldern des Chaukundi und anderen historischen Stätten arrangiert und abends zu einem Empfang mit Abendessen im Hotel Taj Mahal eingeladen.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



**THE DIRECTOR OF NATIONAL INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY  
REQUEST THE PLEASURE OF THE COMPANY OF**

**Professor Dr. N. Nellen**

**AT THE INAUGURATION CEREMONY OF THE  
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
LIVING RESOURCES OF NORTH ARABIAN SEA  
( IN COMMEMORATION OF THE VISIT OF GERMAN RESEARCH VESSEL 'METEOR' )  
AT 0900 HOURS ON TUESDAY THE MAY 19, 1987**

**AT HOTEL TAJ MAHAL SHAHRA-E-FAISAL, KARACHI**

**DR. M. A. KAZI**

**ADVISOR TO THE PRIME MINISTER FOR SCIENCE & TECHNOLOGY**

**HAS KINDLY CONSENTED TO GRACE THE OCCASION**

**THE CHIEF GUEST.**

**R.S.V.P.**

Tele: 440460

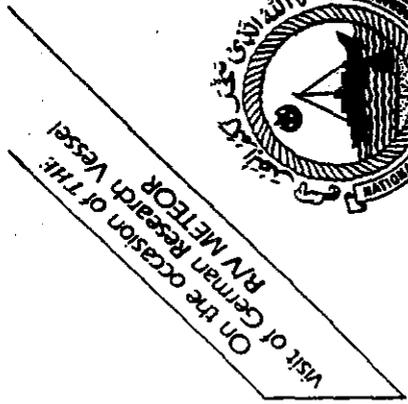
434308

Guests are requested to  
be seated by 0845

P.T.O

**PROGRAMME**

- 0845 Guests take their seat
- 0900 Arrival of Chief Guest and visit  
Oceanographic Exhibition
- 0930 Recitation from Holy Quran & Translation
- 0940 Keynote address by Dr. G. S. Quraishie, Director, NIO
- 0950 Welcome address by Mr. M. Masihuddin,  
Secretary, Ministry of Science & Technology
- 1000 Inaugural address by Chief Guest
- 1015 Vote of thanks by Dr. G. S. Quraishie
- 1020 Departure of Chief Guest to visit 'R/V Meteor'
- 1030 Technical Session



**PROGRAMME**

**International Symposium  
on Living Resources of  
the Arabian Sea  
May 19-20, 1987.**

Organised By:  
**National Institute of Oceanography  
Karachi Pakistan**  
Tel : 440460, 434308

- TECHNICAL SESSION-I**  
(Tuesday 19th May, 1987)
- SESSION CHAIRMAN :** Professor M. Nallan  
**CO-CHAIRMAN :** Abdul Farah
- 1030 Professor Dr. N. Nallan  
Ecological factors hypothetically influencing fish stock recruitment and the importance of fish fecundity. The scientific programme of the R/V 'Meteor' in the Arabian Sea.
- 1100 Professor Dr. D. Schwach  
Phytology of small scale ichthyoplankton sampling as an aspect of the biotic research programme of R/V 'Meteor'.
- 1120 S.H. Niaz (Sri), M. Saleem, J. Bagner, N. Khan & H. Bano  
Impact of environmental stresses on the productivity of *Jackus Daba*.
- 1140 Mrs. M. Doyle  
Mesozoa sampling programme in the Arabian Sea (Meteor cruise 073a, 30, March-May, 1987)
- 1200 Dr. A. Ropke  
Small scale variations of ichthyoplankton distribution on a meandral spawning ground
- 1220 Dr. Habibul Hasan  
Distribution and abundance of Penaeid larvae on the shelf adjacent to Korangi creek and Abnora channel.
- 1240 Miss Fehmina Firoos  
Conservation and protection of Marine Turtles at Hawks bay and Sandspit, Karachi.
- 1300 **BREAK FOR PRAYER**
- 1400 Dr. C. Chennurath  
RNA/DNA ratio as an indicator for the nutritional state of fish larvae.
- 1420 Dr. N.A. Naze  
Ecological surveys on the fauna of Khor Al-Zubair, north-west of the Arabian Gulf
- 1440 Dr. R.B. Qadri  
Shell life of *Strepus Penaeus Margouanis* stored at 0°C and at partial freezing (-3°C)
- 1500 Dr. Mubarriz  
Enzyme activity and the nutritional state of fish larvae.
- 1520 M. Shaheen, D. Koush, Z.M. Khalid, Kausar A. Malik and A.M. Khan  
Degradation and mineralization of crinoid oil fractions by bacteria isolated from coastal waters.
- 1540 Dr. L. Tistlacher  
Pelagic deep water crustaceans of the Northeast West Indian Ocean.
- TECHNICAL SESSION - II**  
(Wednesday, 20th May, 1987)
- SESSION CHAIRMAN :** Rear Admiral Saad M. Khan  
Deputy Chief of Naval Staff (Operations)  
**CO-CHAIRMAN :** Dr. Ajmal Husain  
Senior Scientific Advisor,  
Min. of Science & Technology
- 0900 Dr. F. Polikawa  
Metabolic & transport processes in tropical marine environments
- 0930 Dr. R. Peiner  
The production & sedimentation of particles in the S Red Sea: Investigational & preliminary results from the Arabian Sea.
- 1000 Dr. H. E. Awarad  
Oil pollution in Arabian sea waters, sediments and fish
- 1020 J. Ribbe  
Small scale oceanographic structures in parts of the northern west Indian Ocean
- 1040 M. Moazzam Khan  
Resources potential of intertidal areas of Pakist
- 1100 Dr. Eng. Daid Soedharso  
Coral reef and its management in Indonesia
- 1120 Mrs. U. Pascoe  
Vertical distribution of planktological parameters: Preliminary results from the Arabian Sea.
- 1140 Dr. M.M. Rabhani  
Distribution of phytoplankton biomass in tropic surface waters
- 1200 Mr. Jameel Ahmed  
Present status of Tuna fisheries in Pakistan
- 1220 Dr. Sohail Barkat and Dr. N.M. Turak  
Threats to Sind Mangroves
- 1240 Dr. R. Boj  
Phytoplankton Fluorescence as a tool for remote sensing.
- 1400 **BREAK FOR PRAYER**  
Experiments on metabolic rates of deep water organisms.
- 1420 Dr. S.M. Shauqul Huda and Neemaullah Chirahi  
Biology and fisheries of the grey mullets of Pakistan - 1. Biology of *Liza Carinata* var. *L. carinata*
- 1500 F.A. Mirza and Javed Baqar  
Distribution and abundance of epibenthic fauna of Indus Deltaic area.
- 1520 Dr. J. Kinzer  
Low oxygen content in deep water layers of the northern west Indian Ocean and sea life.
- 1:00 **CLOSING REMARKS BY DIRECTOR NIO**

Abb. 12b: Symposiumseinladung

Am 21. Mai um 10:30 Uhr verließ METEOR Karachi mit Kurs auf das Untersuchungsgebiet. Als Gastwissenschaftler waren vier pakistanische und ein chinesischer Wissenschaftler an Bord, die nach ihren Interessen und Kenntnissen auf die verschiedenen Arbeitsgebiete verteilt wurden. Um 10:30 Uhr erfolgte eine Sicherheitsbelehrung für die wissenschaftlichen Besatzungsmitglieder durch den 1. Offizier, Herrn Kalthoff.

Die ozeanographischen Arbeiten begannen am selben Tag um 12:45 Uhr auf dem pakistanischen Schelf. Es wurde zunächst versucht, ob ein Einfluß des Indus im küstennahen Wasser zu messen war. Das eigentliche Untersuchungsgebiet wurde dann so gelegt, daß sich das 25 Positionen umfassende Stationsnetz von 80 x 40 sm Größe vom flachen, ca. 60 m tiefen Schelf über die Schelfkante bis in den ozeanischen Bereich mit ca. 2000 m Wassertiefe erstreckte (Abb. 6). Die Eckpunkte des Grids waren 23°03 N / 65°49 E; 23°58 N / 66°52 E; 22°34 N / 66°19 E; 23°32 N / 67°21 E. Die Zentralstation wurde auf den Schelf bei ca. 130 m Tiefe nahe an die Schelfkante gelegt. Sie wurde um 22:45 Uhr erreicht. Um Mitternacht wurde hier die erste Sedimentfalle zur Erprobung ausgelegt.

Der weitere Fahrtverlauf wird nach Tagebuchnotizen geschildert.

22.-23: Mai. Arbeiten in der Nähe der Zentralstation. Während der Nacht fielen Fluoreszenzsonde und Bathysonde aus, dazu einige Frauen und Männer wegen Durchfall und Übelkeit aufgrund verdorbener Mägen. Im weiteren Verlauf des Tages partielle Erholung der Leute und vollständige der Sonden nach Kabelreparatur. Geräteerprobung, MC1 erfolgreich über seitlichen A-Rahmen eingesetzt, MC achterlich noch einmal auf Probe gefahren. Jigging Maschine ohne Erfolg erprobt, pelagisches Trawl ohne Fangergebnis. Wasserpumpen zum Auffüllen der Kulturtanks.

23. Mai: Mittags Bergung der probeweise ausgelegten Sedimentfalle mit Inkubationsflaschen für die Bestimmung der Primärproduktion. Aussetzen von zwei in 30 und 100 m aufgehängten Sedimentfallen (Nr. 7861 und 7860) auf der Zentralstation. 17:10 Uhr Erreichen der 1. Gridstation (Nr. 226), zeitliche Vorausplanung bis Station 530 zunächst fehlerhaft, da Zeiten für schleppende Geräte und für Marschfahrt zu gering angesetzt. Ein Hol mit dem pelagischen Trawl auf Station 527 erbrachte in 40 m Schlepptiefe diverse Tintenfische und Fische (Nomeidae und Benthosema, letztere steckten zu vielen Hunderten in den Maschen).

24. Mai: Nachts fiel das MC zweimal aus, morgens stellte sich heraus, daß das Einleiterkabel am äußeren Ende defekt war. Auf Station 530 wurde mit Erfolg das MC1 ersatzweise eingesetzt, davor nur das Bongo Netz. Fänge waren reich an Fischlarven. Die Planktologen hatten, wie schon auf Abschnitt 3b, hohes Chlorophyllmaximum bei ca. 40 m gemessen.

Wegen zeitlicher Verzögerung wurde Bathysonde ab Station 533 nur noch bis maximal 400 m gefahren. Die Planktologen nahmen nur auf jeder 2. Station Wasserproben mit der Rosette. Das pelagische Trawl wurde zunächst nicht mehr gefahren.

Abends mit Dr. Waller im Arbeitskorb steuerbords über die Wasseroberfläche gehängt und von dort aus Nachtllichtfischerei mit Kescher versucht, um Fische für Sauerstoffmessungen zu

fangen. Erfolg: 2 Hemirhamphidae, 1 Coryphaena, die gleich starb, 3 kleine Tintenfische, keine Myctophiden. Ozeanische Formen so empfindlich, daß sie wahrscheinlich physiologischen Experimenten nicht zugänglich sind. Im Jungfischtrawl wurden größere Mengen noch lebender Benthosema gefangen, die aber bald starben und nicht in die Meßkammer hineingenommen werden konnten. Später gelang es, wenige junge Coryphaena über längere Zeit am Leben zu erhalten.

Angaben zur Bewegung des Tagesdrifters zu Anfang der Arbeiten auf Abschnitt 3c in 6stündigem Abstand:

Driftrichtung	Geschwindigkeit
10,6°	1,9 sm
21,4°	1,55 sm
33,5°	1,3 sm
12,6°	0,4 sm
9,3°	2,2 sm
46°	1,2 sm
-----	-----
20 4°	8,3 sm

25. Mai: Gridarbeiten wurden fortgesetzt. Nachts gab es eine Verzögerung beim MC Einsatz wegen Ausfall der W9.

26. Mai: Beendigung des 1. Grids um 12:00 Uhr und zu den Sedimentfallendrifter gefahren. Diese auf die Position der Zentralstation zurückgebracht. In beiden Sedimentfallen waren kleine Fische (Nomeidae). In der Rotationsfalle hielten sich 2 Fische sogar munter umher schwimmend im Fangbecher auf. Geeignetes Versuchsmaterial für Dr. Waller.

Jigging Maschine vom Chief und Elektriker inspizieren lassen, arbeitete nicht zuverlässig; kaum einsatzfähig. Pelagisches Trawl als erstes auf Driftstation 2 eingesetzt und ca. je 20 min. im 50 und 30 m geschleppt bei Dunkelheit. Wenige kleine Tintenfische und Carangiden im Netz, ca. 10 insgesamt.

27. Mai: Die 2. Driftstation, die am Vortag um 17:30 Uhr begonnen hatte, wurde fortgesetzt. Die in 30 m hängende Falle wurde als Orientierungspunkt für die Verfolgung des Drifters gewählt. In der Annahme, daß die Boje ins Flache auf den Schelf hinauf driftet, wurde sie bei 200 m Wassertiefe aufgelegt, so daß die Boje während des Tages in über 300 m Wassertiefe war. Probleme mit der Bathysonde. Einsatz des pelagischen Trawls.

28. Mai: Routinearbeiten gingen weiter. Vormittags stellte sich heraus, daß Bathysonde einen nicht zu identifizierenden Defekt im Rechner hat und nicht repariert werden konnte. Herr Ribbe suchte Wasserschöpfer und Kippthermometer heraus. Gegen 11:15 Uhr wurde der Drifter angelaufen, um ihn herauszunehmen und bei ca. 120 m Tiefe über dem Schelf wieder auszusetzen. Am Zielort riß schwarze die Leine, an dem die Doppelfalle ausgesetzt werden sollte, (ca. 13:20 Uhr) und die Fallen gingen verloren. Gleichzeitige Reparaturen am großen Kran verzögerten Fortsetzung der Arbeiten um gut eine Stunde.

Abends festgestellt, daß der Neustonschlitten in ungünstigster Weise achtern gefahren wird und meist hinter dem Schiff liegt, und zwar bereits während des gesamten Abschnittes 3. Muß geändert werden!

Um 22:30 noch einmal Nachtlichtfischerei durch Dr. Waller vom außenbords gehängten Arbeitskorb aus.

29. Mai: Stationsarbeiten liefen normal weiter. Ein Vergleichshol zwischen gleichzeitig seitlich geschleppten MC1 und achterlich geschlepptem MC (2. Versuch) schlug wieder fehl. Offensichtlich war der Motor am BIOMOC überlastet, da die Netze nicht fielen. Dagegen funktionierte das MC1 sehr gut. Motor ausgewechselt mit Hilfe des Chiefs von 22:30 - 24:00 Uhr.

Dr. Rabbani macht Vorschläge für deutsch-pakistanische Zusammenarbeit auf meereskundlichem Gebiet:

- gemeinsame Untersuchung 4 mal im Jahr für 2 Jahre  
BRD stellt Geräte, Wissenschaftler und Schiff  
Pakistan stellt Schiff, Labor, Geräte, Wohnung, Verpflegung, Transport, Verbrauchsmittel
- Literaturaustausch
- Bedarf besteht in Pakistan für Geräte und Schiffe
- Entwickelt werden sollten Aquakultur und Fischerei
- N.I.O. möchte Aquarium für Karachi bauen
- N.I.O. würde gerne 1-2 Jahre einen Planktologen aus Deutschland als Gastforscher haben.

Dr. Rabbani würde gerne von der METEOR folgendes mitnehmen:

- Bathysondenaufnahmen
- Wasserproben von der Rosette                      an gleicher Stelle
- einen 100 µm Multinetzfang                      1 x tags
- einen Fang mit dem Jungfischtrawl              1 x nachts
- einen Fang mit dem MC
- Literatur über METEOR und Geräte

Wird zugesagt.

30. Mai: Stationsarbeiten liefen normal weiter. MC1-Auslösung funktionierte beim abendlichen Einsatz nicht mehr einwandfrei. In der Nacht zum 31. Mai hatte ein Hai den roten Treibball an der Tonne angebissen und ebenso die ca. 15 m unterhalb der Spiere angebrachten Auftriebsbälle sowie die Meteorleine, an die die Falle hängt, letztere wäre deswegen fast verlorengegangen.

31. Mai: Stationsarbeiten liefen gut weiter. Kinzer und Nellen zeigten abends Bilder von der 1. Reise der alten METEOR im Indischen Ozean.

1. Juni: Morgens war die elektronische Einheit des MC voll Wasser gelaufen. Unter langem, hilfreichen Einsatz beider Elektroniker, Hilscher und Rehberg, gelang es, alles wieder herzurichten.

2. Juni: Mittags Driftstation abgeschlossen und Grid neu angelaufen.

3.-4. Juni: Grid abgefahren nach Plan, aber unter Streichung der letzten 6 über tiefem Wasser liegenden Stationen, da sonst Dr. Kinzer und Dr. Tiefenbacher mit ihrer Zeit zu knapp gekommen wären. Damit wurde das Grid Nr. 2 am 4. Juni um 24 Uhr beendet.

5. Juni: Beginn des Omsat-Programms mit Kurs  $295^\circ$ , alle 6 Stunden ein Hol mit IKMT bis auf gut 1000 m Tiefe. IKMT trug als Steert ein Multinetz, so daß 5 verschiedene Wasserschichten getrennt befischt werden konnten. Gleich zu Anfang bekam das Netz Grundberührung, und die Elektronik fiel aus, wurde von Bordelektronikern zunächst weitgehend wieder in Ordnung gebracht. In Tiefen von  $> 100$  ist kein Sauerstoff mehr vorhanden. Abends wurde 47. Geburtstag von Kapitän Papenhagen gefeiert.

6. Juni: Aufräumarbeiten in den Labors. Die IKMT-Elektronik arbeitete nicht mehr. Es wurden verschiedene lange Hols bis in unterschiedliche Wassertiefen durchgeführt. Die Elektroniker bemühten sich um eine Lösung, mit der der Auslösemechanismus für die Wechselnetze über Einleiterkabel gesteuert werden kann.

7. Juni: IKMT wurde weiterhin ohne Netzwechsel so wie am Vortag geschleppt. Das Wetter war sonnig und nahezu windstill, nachdem vor vier Tagen noch Wind mit Stärke 4-5 geweht hatte. Trotzdem starke Schiffsbewegungen infolge einer sehr langen ca. 3 m hohen Dünung.

8. Juni: Der Tag ging dahin mit IKMT-Fängen ohne Netzwechsel. Die Auslösung des Multischließnetzes am Ende des IKMT über Einleiterkabel gelang nicht, weil vermutlich die Verlängerungsschnur zwischen dem Anfang des Einleiterdrahtes und der Multinetz-Elektronik dem hohen Wasserdruck nicht standhält. Dr. Kinzer und Dr. Tiefenbacher führen die Netze in aufeinanderfolgenden Hols bis in unterschiedliche Tiefen, um dadurch Aussagen über Organismenverteilung zu bekommen.

9. Juni: Bis 18:00 Uhr IKMT-Fänge. Aufräumarbeiten und Verstauarbeiten der Planktologen-Gruppe wurden abgeschlossen. Dr. Rabbani gab mir einen schriftlich ausgearbeiteten Vorschlag, für künftige Deutsch-Pakistanische Zusammenarbeit.

10. Juni: 10.30 Uhr anlegen in Karachi. 15 Uhr verließen 22 von 27 Mitgliedern der wissenschaftlichen Besatzung das Schiff, um nach Hause bzw. auf die Malediven zu fliegen. 6 Physiker und Techniker von Fa. Krupp-Atlas-Elektronik gingen an Bord. Treffen mit einigen pakistanischen Wissenschaftlern.

18:15 Uhr wieder Auslaufen zur Überfahrt nach Madagaskar mit neuem Kapitän, Herrn Bruns.

11. Juni: Wetter verschlechterte sich mit Annäherung des Schiffes an des Monsungürtel. KAE-Team konnte aufgrund stärkerer Schiffsbewegungen nicht, wie vorgesehen, das Hydrosweep System testen, der Wunsch, 12 Stunden Testzeit zu bekommen, um die Anlage auf Kurs und Gegenkurs zu testen, mußte abgelehnt werden, da die Zeit, um rechtzeitig am 16. Juni Nosi Be zu erreichen, ohnehin sehr kurz war. KAE wollte versuchen, Bathysonde zu reparieren, was aber nicht gelang.

12. Juni: Trübes Wetter, Regen, vollständig bewölkt, Windstärke um 5, Schiff machte nur knapp 11-12 kn Fahrt, Rollbewegungen waren bei dem anliegenden Kurs von 205° kaum da, mehr Stampfen.

Bis 15. Juni: METEOR im schlechtem Wetter des SW Monsuns, zeitweilig nur Geschwindigkeiten von 9 Kn.

16. Juni: Bei ca. 3°N ist der Monsungürtel durchfahren. Es wurde wieder sonnig und die See war ruhiger. Die KAE-Leute sind aber nach wie vor nicht glücklich, da Luft unter dem Schiff, die Hydrosweepportung gravierend stört. Um 21 Uhr fand bei 2°N die Äquatortaufe der METEOR durch Neptun statt.

17. Juni: Gegen 08:30 Uhr überquert METEOR den Äquator bei ruhiger See und Sonnenschein, anschließend begann die Äquatortaufe für 23 Mitglieder der nautischen und wissenschaftlichen Besatzung, die sich bis zum Mittag hinzog. Abends Grillparty auf dem Arbeitsdeck.

18. Juni: Bei sehr ruhiger See hatten die KAE-Leute Spaß am Hydrosweep. C. Clemmensen und B. Ueberschär analysierten Larven, D. Jarosch vergrößerte Bilder, A. Röpke beschäftigte sich mit seiner Dipolmarbeit.

19. Juni: Tag des Briefeschreibens. Bericht für Leitstelle abgesetzt. KAE-Team bekam 1 Stunde Zeit, um einen Seeberg im Gegenkurs noch einmal zu vermessen.

20. Juni: 12 Uhr an Reede Nosi Be. Dr. Wörner, Leiter eines deutschen Teams der G.T.Z., das Fischereiforschung betreibt, setzte sich als erster vom Büro der Hafenbehörde aus mit METEOR in Verbindung. Schiff bekam Erlaubnis mit "METEORIT" Pendelverkehr zur 10 min. entfernt liegenden Pier durchzuführen. Hafenmeister, Einwanderungsbehörde und Gesundheitsbehörde schicken je einen Vertreter an Bord, die nach einigen Verhandlungen und mit ein paar Naturalien versehen keine weiteren Auflagen machten. Abends war ein großes Eß-, Disko- und Sonstwasvergnügen im Palm Beach Hotel, das Dr. Wörner und seine Mannschaft arrangiert hatten.

21. Juni: Ankunft der neuen wissenschaftlichen Mannschaft unter Leitung von Prof. Bettac. Ausflug mit Schlauchboot und insgesamt 8 Personen zu der 4 sm vom Schiff entfernt liegenden Leuchtturminsel Tany Kely mit sehr schönem Strand und guter Brandung. Abends großer Empfang mit ranghohen Vertretern, wie Innenminister und Generalsekretär des

Ministeriums für Wissenschaft, Bildung und Technologie, beide aus Tananarivo herbeigeflogen.

22. Juni: Ausflug in Hellville, Stadt und alter Friedhof, 17 Uhr Ablaufen Nosi Be. Beginn Abschnitt 4.

#### 4.4 Vierter Fahrtabschnitt

Am Mittag des 20. Juni traf FS METEOR vor Hell-Ville ein und ankerte auf Reede. Der Hafen selbst ist zu flach für das Schiff. Dr. Wörner, der auf Nosi Be ein fischereibiologisches Entwicklungsteam der Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) leitet, hatte in vorbildlicher Weise die Formalitäten vorher mit Zoll und Hafenbehörde geklärt. METEOR hielt mit seinem Arbeitsboot einen Pendelverkehr zwischen Schiff und Land aufrecht.

Die Kursteilnehmer gingen am 21. Juni an Bord. Am gleichen Abend fand auf dem Schiff eine Empfang statt, zu dem Kapitän und der Fahrleiter des vorhergegangenen Fahrtabschnittes, Prof. Dr. Nellen, eingeladen hatten.

Am Empfang nahmen teil der Botschafter der Bundesrepublik Deutschland, Herr K.-H. Rouette, ebenso der Innenminister Hr. Portos Ampty, der Generalsekretär des Ministeriums für Bildung, Forschung und Technologie, Hr. Rasolondraibe, sowie andere Herren beider Ministerien, die aus Antananarivo angereist waren. Außerdem waren viele hochgestellte Persönlichkeiten der örtlichen Instanzen vertreten.

Nach Auskunft des Herrn Botschafters sei das Erscheinen des Ministers und Generalsekretärs besonders hoch zu würdigen, da alle Behörden voll mit der Vorbereitung für den Nationalfeiertag beschäftigt waren, der am 26.09. jedes Jahres stattfindet. Es sei gemeinhin nicht möglich, in der Woche bei irgendeiner Stelle einen Termin zu bekommen.

Kapitän, Botschafter, Innenminister und Generalsekretär tauschten Grußbotschaften aus, in denen von madagassischer Seite der Wunsch ausgedrückt wurde, daß sich die Zusammenarbeit auf wissenschaftlichen und technischen Gebieten zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Madagaskar verstärken möge. In dem Bericht der deutschen Botschaft in vom 24.6. heißt es dazu:

"Der Aufenthalt des Schiffes markierte einen Höhepunkt der Zusammenarbeit in der Meeresforschung zwischen beiden Ländern, die sich bisher auf das GTZ-Projekt 'Ausstattung des CNRO Nosy Be' beschränkte." Dieses Projekt endet im zweiten Halbjahr 1987.

Das technische und wissenschaftliche Potential der METEOR hat - wie nicht anders zu erwarten - seinen Eindruck nicht verfehlt. Gelungen war der vorausgegangene See-Kartographiekurs auf Nosi Be für Teilnehmer aus 11 Ländern der Region, der an Bord der METEOR fortgesetzt wird. Diese Einbindung des Gastlandes in das Arbeitsprogramm hat uns

viel Sympathie geschaffen und uns vorteilhaft von der gegenwärtigen Tätigkeit sowjetischer Meeresforschungseinheiten im Norden Madagaskars, die sich für das Gastland in erdrückender Optik erschöpft, abgehoben. Madagaskar erwartet von uns weitere Zusammenarbeit in der Meeresforschung.

Die Übergabe der im ersten Teil des Lehrganges eingesetzten transportablen Lotanlagen sowie einiger kleinerer Vermessungsgeräte an das Gastgeberland wurde dankbar begrüßt.

Am 22. Juni wurde die Ausrüstung des Kurses an Bord von METEOR gebracht. Der ursprünglich für 16:00 Uhr geplante Auslauftermin verschob sich auf 18:00 Uhr, da wegen eines Defektes an der Davitwinde das Arbeitsboot nicht früher eingeholt werden konnte.

Während des Seetörns von Nosi Be nach Mombasa gingen die Kursteilnehmer zu zweit einen vierstündigen Wachdienst rund um die Uhr im Lotlabor. Die nicht Wachhabenden werteten die während des ersten Teils des Kurses ermittelten Meßergebnisse aus.

Auf der Route nach Mombasa wurde ein Seegebiet von etwa 40 sm x 36 sm (Abb. 7) vermessen und eine außerhalb liegende in der Seekarte eingetragene flache Stelle mit Suchlinien abgefahren.

Mit Rücksicht auf die Arbeiten der Gruppe von Prof. Dr. Nellen wurde das ursprünglich für die planmäßige Vermessung vorgesehene Gebiet um etwa 10 sm nach Osten verlegt. Dadurch war es nicht mehr möglich, den westlichen Abfall zum Tiefseebecken - der bathymetrisch und auch für die Navigation sehr interessant wäre - lagernäßig festzulegen. Da der Trainingskursus aber in erster Linie der Ausbildung diente, wurde das im Interesse der Arbeitsgruppe Prof. Dr. Nellen in Kauf genommen.

Der Fahrtabschnitt fand unter sehr guten Wetterbedingungen statt, die eine ungestörte Durchführung der vorgesehenen Arbeiten erlaubten. Sie erfuhren am 25.6. eine kurze Unterbrechung, als METEOR gegen 08:30 Uhr dem Fischerei Forschungskutter BONITO der GTZ unter der Leitung von Dr. Wörner begegnete. Die BONITO gab einige Körbe mit großen Fischen (*Lutjanus*, Boha), die sie in der Nacht zuvor mit Langleinen gefangen hatte, an die Kombüse der METEOR ab und übernahm als Gegengabe einige Eimer Schiffsfarbe, die der Forschungskutter dringend nötig hatte.

METEOR machte am 1. Juli gegen 11:00 Uhr im Hafen von Mombasa fest. Alle 15 Kursteilnehmer und die drei Instrukteure verließen am 2. Juli bis 9:00 Uhr das Schiff, um getrennt die Heimreise anzutreten. Am gleichen Tag abends fand auf Einladung von Kapitän Bruns und Prof. Nellen ein Empfang an Bord der METEOR statt, den der in Mombasa amtierende deutsche Konsul, Herr Kapitän E. Zieler, der dort hauptamtlich die Deutsche Ost-Afrika-Linie vertritt, vor Ort vorbereitet hatte. Neben zahlreichen afrikanischen Gästen, die kenianische Institutionen und Firmen vertraten und in Mombasa tätigen Deutschen und anderen Europäern waren auch der Erste Sekretär der deutschen Botschaft in Nairobi, Herr J.-K. Möller und seine Frau anwesend. Die kenianische Marine wurde von ihrem Kommandeur,

Generalmajor E.S. Mbilü, die Meeresforschung durch den Direktor des "Kenya Marine and Fisheries Research Institute", Herrn Samuel Allela, repräsentiert. Kapitän Bruns und Prof. Nellen begrüßten die Gäste und stellten Schiff und Forschungsprogramm vor. Ihnen erwiderte Herr Allela, der auch Vertreter Kenias bei der IOC ist. Er hob die Bedeutung der METEOR-Reise im Zusammenhang mit den Bemühungen der IOC, den westlichen Indischen Ozean intensiver zu erforschen, hervor.

Verschiedene Zeitungen Kenias berichteten sehr ausführlich über den Aufenthalt des Schiffes in Mombasa.

Besonders hervorzuheben ist die ausgesprochen engagierte Hilfeleistung von Herrn Konsul Zieler, der eine Reihe von schwierigen Dingen hat regeln können, was ohne ihn viel Zeit und Ärger gekostet hätte.

#### **4.5 Fünfter Fahrtabschnitt**

Die Expeditionsmitglieder des Fahrtabschnittes 5 gingen am Mittag des 2. Juli 1987 in Mombasa an Bord. Am Abend des folgenden Tages gab Herr Prof. Dr. W. Nellen, Koordinator der Reise 5 und Teilnehmer des "Trainingskurses über bathymetrische Vermessungstechnik", der auf dem Abschnitt 4 von Herrn Prof. Dr. W. Bettac für Wissenschaftler aus den Anrainerstaaten des Indiks, Golfs von Aden und Roten Meeres abgehalten wurde, einen Empfang auf METEOR. Außer lokalen Persönlichkeiten aus Politik und Wirtschaft waren aus Nairobi Vertreter des "Ministry of Tourism and Wildlife" anwesend. Die wissenschaftliche Zusammenarbeit, ein Hauptthema der beiderseitigen Ansprachen, konnte für den Abschnitt 5 jedoch nicht realisiert werden, da die kurzfristig angekündigten Teilnehmer aus Kenia nicht eintrafen.

METEOR verließ Mombasa mit etwa anderthalb Tagen Verspätung am 5. Juli, 18 Minuten nach Mitternacht. Zwei Stunden zuvor war es endlich gelungen, den Container mit der Forschungsausrüstung von der BARRISTER der Deutschen Ost-Afrika-Linie (DOAL) zur METEOR zu verbringen. Nur dank der abgestimmten, formlosen Zusammenarbeit zwischen den Schiffsleitungen, dem Honorarkonsul und Vertreter der DOAL, Herrn Kapitän Zieler, der Agentur sowie den Hafenbehörden konnte weitere Liegezeit bis zum Tagesanbruch vermieden werden. Die Verzögerung wurde durch die Deutsche Staatsreederei, Rostock, ausgelöst, die den Container nicht termingerecht am 22. Juni in Mombasa, sondern kurzfristig in Djibouti gelöscht hatte.

Das erste Arbeitsgebiet, der innere Golf von Aden, wurde am 10. Juli erreicht. Einen Tag zuvor war im zentralen Golf eine Teststation auf der Mittellinie durchgeführt worden ( $12^{\circ}41,4'N / 48^{\circ}20,1'E$ ). Bis in eine Tiefe von maximal 500 m wurden die Multisonde mit Rosette, der 301 Kranzwasserschöpfer, ein kleines Mehrfachschließnetz mit  $100 \mu m$  Maschenweite sowie beim Ablaufen der Station nach zweieinhalb Stunden das Neustonnetz erfolgreich eingesetzt.

Wegen der unerwarteten Nichterteilung der Forschungsgenehmigung durch den Südjemen am 6. Juli blieben die Forschungsarbeiten im Golf von Aden auf die Hoheitsgewässer der Republik Djibouti beschränkt und wurden vorzugsweise in einem eng begrenzten Gebiet mit Tiefen von über 1000 m durchgeführt (11°56'N / 44°00'E - 11°50'N / 43°30'E - 12°00'N / 43°40'E). Eine Station lag im Golf von Tadjoura über 800 m Tiefe (11°45'N / 43°00'E). Ein Teilaspekt der physikalischen Untersuchungen, die Ausbreitung des Rotmeerwassers im Golf von Aden, mußte aufgrund der verfügbaren politischen Beschränkung aufgegeben werden.

Die Stationsarbeiten umfaßten für die drei nachstehenden, methodisch umrissenen Forschungsfelder folgende routinemäßigen Messungen und Probennahmen:

a) Hydrographie und Wassermassen

Für die Analyse wurden Profile der Temperatur und Leitfähigkeit mit einer kombinierten Multisonde/Rosette bis in Bodennähe aufgenommen. Das Wasser aus den 10 l Niskin-Schöpfern diente der Kalibrierung der CTD-Sonde sowie der Bestimmung des gelösten Sauerstoffes, gelegentlich auch der Nährsalz- bzw. Chlorophyllkonzentrationen. Es wurde aus maximal zwölf über die Wassersäule verteilten Standardtiefen genommen.

b) Gelöste anorganische Nährstoffe, Phytoplankton und mikroheterotrophe Organismen

Mit einer großen Rosette wurde Wasser aus 12 Tiefen in den oberen 140 m entnommen. Teilproben aus den verwendeten 30 l Niskin Schöpfern dienten zusätzlich der in situ-Bestimmung der Primärproduktion. Dazu wurden die mit radioaktivem Kohlenstoff geimpften Proben an einer mit einem Sender versehenen Driftboje exponiert. Begleitende Lichtmessungen erfolgten mittels einer Secchi Scheibe und eines Quantameters.

c) Pelagische Foraminiferen, Metazoenplankton und Mikronekton

Zum Fang der Organismen wurden ein an der Meeresoberfläche geschlepptes Neustonnetz sowie zwei Typen elektronisch gesteuerter Mehrfachschließnetze für bis in Bodennähe geführte Vertikal- bzw. Schräghols eingesetzt. Diese Geräte waren mit Umweltsensoren ausgerüstet. Die je nach Netzträger verwendeten Maschenweiten betragen 55 µm, 100 µm, 300 µm oder 1600 µm, um ein breites Organismenspektrum möglichst quantitativ zu fangen.

Am 12. Juli um 10:10 Ortszeit (UTC + 3 h) waren die Teilarbeiten zum interozeanischen Vergleich "Golf von Aden - Rotes Meer" für den Monat Juli abgeschlossen, und METEOR verließ das Arbeitsgebiet im Golf von Aden mit Kurs Bab-el-Mandeb.

Auf der Höhe der Insel Perim, westlich des Hauptschiffahrtsweges vor der afrikanischen Küste, begann um 12:45 Uhr die Auslegung von insgesamt drei Strommesserketten auf 410 m, 245 m und 74 m Tiefe. Die Zahl der Strommesser in der vorgegebenen Reihenfolge betrug fünf, vier bzw. zwei; die entsprechend zugeordneten Positionen lagen auf 12°31'N / 43°24'E, 12°40'N / 43°16'E und 12°42'N / 43°13'E. Die Arbeiten, deren Fortgang durch die Strömung und die sehr rauhe Bodentopographie behindert wurde, waren um 17:42 Uhr beendet. Von der einzigen ökologischen Station im Verankerungsgebiet lief METEOR nach

viereinhalb Stunden, am 12. Juli um 22:58 Uhr, mit Kurs in die Gewässer des Sudan ab. Die ursprünglich vorgesehene durchgehende Beprobung der Straße von Bab-el-Mandeb und des südlichen Roten Meeres im Bereich der Territorialgewässer der Arabischen Republik Jemen (Nordjemen) mußte wegen des weiterhin schwebenden Genehmigungsverfahrens zurückgestellt werden.

Die Forschungserlaubnis erreichte uns endlich am 13. Juli nahe der Grenze der nordjemenitischen Hoheitsgewässer zu Äthiopien - zu spät, um die zügige Übernahme eines angekündigten Wissenschaftlers sowie eines Beobachters in Hudaydah vorzubereiten. Damit entfiel aber auch die Möglichkeit, die Biomasse und Produktion der beobachteten flächendeckenden Blaualgenblüten (*Oscillatoria spp.*) anhand von Schöpfproben und Satellitenaufnahmen großräumig abzuschätzen.

Wir meldeten die Untersuchungen in den nordjemenitischen Gewässern für den 1.-8. August an. Die nunmehr dritte zeitliche und inhaltliche Durchgestaltung des Untersuchungsprogramms innerhalb von sechs Tagen wurde von der Gewißheit getragen, nun auch den für das Rote Meer erstrebten intraregionalen Vergleich und damit das Forschungsprogramm in wesentlichen Teilen seiner ursprünglichen Planung durchführen zu können. Der Botschaft in Sanaa sei auch an dieser Stelle noch einmal für ihre umfangreichen Bemühungen gedankt. Im Winter (Fahrabschnitt 2) mußte eine entsprechende Untersuchung strömungsphysikalischer und biogeographisch-produktionsbiologischer Fragestellungen bedauerlicherweise wegen fehlender Genehmigungen entfallen.

Am frühen Nachmittag des 14. Juli, nach 37 Stunden Fahrt, querte METEOR die Seegrenze Äthiopiens zum Sudan. Unter dem übergeordneten Aspekt des großräumigen Vergleichs wurde nahebei eine kleine ökologische Station auf  $18^{\circ}40,1'N / 39^{\circ}21,5'E$  von 14:17-17:25 Uhr durchgeführt. Eingesetzt wurden die große Rosette mit sechs 30 l Schöpfnern in 10 m Abstufungen zur Untersuchung der Chlorophyllverteilung in zwei anschließenden 0-50 m und 60-140 m Profilen, ein 100  $\mu m$  Multinetz bis in 100 m Tiefe zur Untersuchung des lunaren Reproduktionszyklus bei Foraminiferen, ferner ein 300  $\mu m$  Multinetz bis in Bodennähe (730 m) sowie ein Neustonschlitten, beide zur Untersuchung der Vertikalstruktur des Mesozooplanktons in physikalisch definierten Lebensräumen der Wassersäule.

Am 15. Juli, kurz vor Sonnenuntergang um 19:20 Uhr, war die erste Zielkoordinate ( $22^{\circ}26'N / 37^{\circ}00'E$ ) eines von drei Radialschnitten erreicht, die vor dem Nordsudan von riffnahen Positionen aus zum Axialgraben zentriert verliefen. Ziel der in schneller Folge bis in Bodennähe durchgeführten Multisondenprofile war die Vermessung eines geostrophischen Wirbels. Chemische und biologische Probennahmen auf ausgewählten Stationen sollten Daten über resultierende Wechselwirkungen zwischen dem Riff- und Freiwassersystem liefern.

Die Arbeiten mußten nach Beendigung des ersten Radialschnittes am 16. Juli um 22:30 Uhr wegen der ernsthaften Erkrankung eines Besatzungsmitgliedes mit Kurs auf Port Sudan unterbrochen werden. Glücklicherweise besserte sich das Krankheitsbild unverhofft, und METEOR konnte bereits nach 40 Minuten wieder auf Gegenkurs gehen. Am 17. Juli begann

die Vermessung entlang des Mittelschnittes. Die Untersuchungen mesoskaliger Strukturen und Prozesse wurden am nächsten Tag um 5 Uhr morgens erfolgreich beendet.

Die nachfolgenden Arbeiten entlang des Axialgrabens, die im August in nordjemenitischen Gewässern fortgesetzt wurden, zielten auf die Erforschung zweier großräumiger Phänomene:

- 1 die Tiefenzirkulation im Roten Meer,
- 2 Unterschiede in der Produktion und bathymetrischen Zusammensetzung des Planktons zwischen dem zentralen und südlichen Roten Meer auf dem Hintergrund des Wasseraustauschs mit dem Golf von Aden.

Auf dem Längsschnitt, der mit CTD-Stationen im Abstand von 10 n.m. im Bereich des mesoskaligen Wirbels und 20 n.m. außerhalb desselben belegt wurde, wurden bis auf 23°00'N / 37°22'E umfangreiche ökologische Arbeiten durchgeführt. Bestimmt wurden anorganische Nährstoffe, organisches Phosphat sowie der Phytoplanktonbestand (als Chlorophyll) und die in situ-Produktion (beide größenfraktioniert) in den oberen 140 m bzw. 200 m. Dabei wurde auf eine hohe Auflösung der bis zu 90 m tiefen euphotischen Zone durch 10 m Intervalle geachtet sowie der Grazing Effekt des Zooplanktons auf die Produktion und Generationszeit des Phytoplanktons ermittelt. Bestandsgröße und Struktur des Mikro- und Mesozooplanktons wurden mittels vertikaler Intervallfänge über die gesamte Wassersäule erfaßt. Südlich 23°N beschränkten sich die biologischen Arbeiten auf die Untersuchung des lunaren Reproduktionszyklus pelagischer Foraminiferen und ihrer täglichen und ontogenetischen Vertikalwanderung (jeweils ein Profil über 100 m bzw. 500 m pro Tag). Eine voll belegte biologische Station wurde über dem Atlantis-II-Tief auf 20°40'N / 38°12'E durchgeführt.

Nach Abschluß der Station am 22. Juli 01:00 Uhr wurde der CTD-Schnitt zum Anlaufen von Port Sudan unterbrochen. Um 09:00 Uhr sudanesischer Ortszeit (07:00 UTC) lag METEOR eine halbe Meile vor dem Hafen auf Reede, um den Leiter des dortigen Ozeanographischen Instituts, Dr. Dirar, aufzunehmen und einen deutschen Wissenschaftler sowie ein Besatzungsmitglied über einen Hafenschlepper auszuschießen. Bereits eine knappe Stunde später konnte die Reise fortgesetzt werden.

An- und Ablauf Port Sudans wurden genutzt, um seeseitig des Riffes "Sanganeb" (1 1/2 Reisetunden vom Hafen entfernt) produktionsbezogene Parameter zu bestimmen und Netzfänge durchzuführen. Mit 41 m wurde die größte Secchi Tiefe des Fahrtabschnittes gemessen.

Noch in der Nacht des 22. Juli wurden auf 19°40'N / 38°41'E die CTD-Messungen, verbunden mit einem vollen biologischen Programm, wieder aufgenommen und nach Norden mit Ziel "Atlantis-II-Tief" fortgesetzt. Im Gegensatz zu den Arbeiten im Norden der sudanesischen Gewässer blieben die 300 µm Vertikalfänge auf einzelne Referenzprofile beschränkt. Stattdessen wurden mit einem 1 m<sup>2</sup> Moccus regelmäßig Schräghols über die gesamte Wassersäule gefahren.

Das Atlantis-II-Gebiet war am 25. Juli morgens erreicht. Auf Wunsch von Dr. Dirar wurden zusätzlich 300  $\mu\text{m}$  Stufenfänge über 0-450 m Tiefe zur Untersuchung der tagesperiodischen Vertikalwanderung des Mesozooplanktons, ergänzt durch Neustonfänge, durchgeführt. Das Material sollte ferner einen Vergleich mit dem Riffplankton vor Sanganeb ermöglichen, das vom Institut in Port Sudan regelmäßig untersucht wird.

Am 26. Juli wurde zum erstenmal das 10 m<sup>2</sup> Mocness zur Untersuchung des Makrozooplanktons und Mikronektons in der mesopelagischen Tiefenechostreuschicht und im Bathypelagial eingesetzt. Die Auflagefläche zwischen Schleppe und Fischereiwinde entsprach gerade der Länge des Gerätes. Dank der guten Seebedingungen konnte es jedoch ohne übergroßes Risiko und ohne Fehlversuche bis auf 1850 m Tiefe gefahren werden, etwa 50 m oberhalb der Pycnokline, welche die Hot Brines vom darüber liegenden Rotmeerwasser trennt. Die Benutzung der Friktions- und Speicherwinde mit dem 18 mm-Einleiterkabel war jedoch wegen teilweise mangelhaften Aufspulens sehr personal- und zeitaufwendig.

Am 27. Juli, 20:00 UTC, lief METEOR aus dem Gebiet des Atlantis-II-Tiefs nach Port Sudan ab, um Dr. Dirar auszuschiffen. Wie beim ersten Besuch geriet METEOR unter Land in die Ausläufer eines quasistationären Sandsturmes über dem Sudan, der eine extreme Lichttrübung und starken Staubfall verursachte (vgl. Kapitel 6.4). Die Übergabe auf Reede und die Formalitäten mit den Behörden und dem Agenten verliefen wiederum reibungslos (08:00-09:05 UTC), so daß nur kurze Zeit blieb, den Vertretern der GTZ für ihre erfolgreiche Hilfe bei der Nachrichtenübermittlung an die sudanesischen Behörden zu danken.

Nach dem Ablauf wurden vor dem Sanganeb Riff abermals produktionsbiologische Messungen und Netzfänge durchgeführt. Die Meßzeit wurde schiffsseitig zu einem Bootsmanöver genutzt.

Bereits am 28. Juli nachts stand METEOR auf der Position über dem Suakin Tief (19°40'N / 38°41'E), die in der Vorwoche Ausgangspunkt der Verlängerung des Axialschnittes zum Atlantis-II-Tief war. Mit dem 300  $\mu\text{m}$  Vertikalnetz und dem 1 m<sup>2</sup> Mocness wurden im Suakin Tief die bisher größten Wassertiefen befishet (2050 bzw. 2250 m). Der Axialschnitt wurde nun mit CTD-Messungen und biologischen Profilen nach Süden, bis an die Grenze der äthiopischen Hoheitsgewässer, geführt. Am 31. Juli, 01:00 Ortszeit, lief METEOR nach Hudaydah ab.

Die Übernahme der nordjemenitischen Gäste auf Hudaydah Reede war bis zum glücklichen Abschluß offen, zeitaufwendig und dauerte vom 1. August 09:08 Uhr bis zum 2. August 13:20 Uhr Ortszeit (UTC + 3h). Kommunikationsschwierigkeiten zwischen den Ministerien und der Universität in Sanaa waren die Ursache.

Am 2. August 12:00 Uhr erschienen mit dem Lotsenversetzboot statt der beiden angekündigten Personen drei Wissenschaftler und ein Marineoffizier. Der bei der Reiseplanung gefaßte Entschluß, über die bekannte Teilnehmerzahl hinaus freie Platzkapazität zu erhalten, ersparte uns nun Komplikationen. Vor dem Ablauf waren die Positionen der

geplanten Stationen verbindlich und auf Wassertiefen von mehr als 100 m festzulegen. Damit schienen sämtliche Arbeiten im südlichen Roten Meer an den Bereich des Zentralgrabens gebunden. Das persönliche Vertrauensverhältnis mit dem mit großer Entscheidungsbefugnis ausgestatteten Offizier führte jedoch bald zu einer Lockerung der Auflagen, so daß die Stationen entlang des Zentralgrabens relativ flexibel gewählt werden konnten. Eine zusätzliche Station ergab sich etwa 3 sm von der großen Hanish Insel entfernt, die von Äthiopien und dem Nordjemen beansprucht wird. Damit konnte eine große Lücke in der Stationskette entlang des Zentralgrabens gefüllt werden, der von etwa 13°20'N bis 14°15'N in äthiopischem Interessengebiet liegt. Das Angebot, in Bab-el-Mandeb auch in Tiefen von weniger als 100 m zu arbeiten, konnte aus Zeitmangel leider nicht wahrgenommen werden.

Die routinemäßigen Stationsarbeiten wurden für unsere Gäste um zusätzliche Wasserproben und Zooplanktonnetzfänge erweitert. Informationen über die Bodentopographie und Hydrographie wurden durch Aufzeichnungen von Parasound und Hydrosweep bereitgestellt und exemplarische CTD-Profile und Darstellungen der Nährstoffkonzentrationen angefertigt.

Am 6. August um 07:07 Uhr begann die Aufnahme der Strommesserketten in Bab-el-Mandeb. Sie war nach sieben Stunden erfolgreich beendet. Damit war die Grundlage für das Hauptziel der Untersuchungen im südlichen Roten Meer geschaffen, den Einfluß des Wassereinstroms aus dem Golf von Aden auf die Zusammensetzung und Produktion der pelagischen Lebensgemeinschaft zu bestimmen und seine Größenordnung abzuschätzen.

Im Golf von Aden erfolgten abschließend einige Stationen in Fortsetzung des Längsschnittes und eine zweite Aufnahme hauptsächlich biologischer Parameter in dem Gebiet vor Djibouti, das erstmalig im Juli untersucht worden war. Der Vergleich zeigte im Plankton eine deutliche Zunahme von Auftriebsphänomenen, die sich in dem Auftreten des Indikators *Calanoides carinatus* (Copepoda: Calanoida) eindrucksvoll manifestierten.

Am 8. August um 07:30 Uhr lag METEOR wieder auf Reede vor Hudaydah. Die notwendigen administrativen Formalitäten mit der Hafenbehörde und der Marine waren unter der fachkundigen Beratung durch den Marinebeobachter gut vorbereitet worden. Das Lotsenversetzboot kam um 09:26 Uhr längsseits, um unsere Gäste zu übernehmen und die Klarierung für das Anlaufen am 1. und 8. August durchzuführen. Um 10:00 Uhr konnte METEOR den Anker lichten und bei glatter See direkten Kurs auf Suez nehmen. Er wurde nur einmal, am 10. August, für den einzigen Mocness Einsatz in nordsudanesischen Gewässern unterbrochen.

Weitere Zeit, um ergänzende Messungen durchzuführen, stand aufgrund der gedrosselten Marschgeschwindigkeit von METEOR leider nicht zur Verfügung. Wie auf der ersten Anreise im Juli reichte besonders im südlichen Roten Meer bei Oberflächentemperaturen von 34°C die Kühlleistung für die Maschine nicht mehr aus, und die Fahrt mußte zeitweise bis auf 6 kn herabgesetzt werden.

Die Wartereede vor Suez war am 12. August um 17:19 Uhr erreicht, nach einer Fahrt von durchschnittlich 10,4 kn, die in süd- und mittellägyptischen Gewässern durch endlos scheinende *Oscillatoria*-Blüten führte. Unter Zugrundelegung einer "normalen" Marschgeschwindigkeit von 12 kn ergab sich ein Zeitverlust von 28 Stunden.

Die Kanal Passage begann um 09:55 Uhr des folgenden Tages. Sie verzögerte sich wegen der überraschend angesetzten Bunkerstation in Port Said um insgesamt 13 Stunden und wurde für eine Aufnahme der Chlorophyllverteilung anhand des bordeigenen Pumpsystems genutzt. Erst am 14. August um 10:00 Uhr lief METEOR in das Mittelmeer ein. In der Nacht ließen aufkommender Nordwestwind von 6-8 Bft. und eine kurze Dünung mit Windsee die mittlere Marschgeschwindigkeit auf 8 kn absinken. So verlor METEOR auf der Überreise von Port Said nach Heraklion witterungsbedingt weitere 11 Stunden. Bei einem Gesamtdefizit von 2 Tagen mußten somit die zum Roten Meer geplanten Vergleichsfänge im ebenfalls oligotrophen östlichen Mittelmeer entfallen. Die Zeit reichte nur für eine knapp siebenminütige Station, um Oberflächenwasser für einen Grazing Versuch mit Mikrozooplankton zu gewinnen.

Am 16. August um 10:00 Uhr lag METEOR an der Mole von Heraklion fest. Um 15:00 Uhr verließ die Arbeitsgruppe das Schiff.

Insgesamt erfolgten nachstehende Geräteeinsätze:

- 3 Verankerungen mit zusammen 11 Strommessern,
- 57 Multisonden mit Rosetten
- 62 große Rosetten (Ökologie)
- 23 Secchi Scheiben
- 23 Quanta-Meter
- 23 Primärproduktions Driftketten
- 2 Turbulenzindikatoren
- 254 Multinetze mit verschiedenen Maschenweiten
- 43 Mocness Netze
- 121 Neustonkatamarane sowie  
zahlreiche Pumpfänge an der Meeresoberfläche zeitgleich zu anderen Geräten auf ortsfesten Stationen und während der Fahrt.

Fehl schlugen die beiden Einsätze des Turbulenzindikators, wobei ein Wassereinbruch in das Druckgehäuse bei bewegter See zu einem irreparablen Motorschaden führte. Schließlich gab es zu Beginn der Reise vier Fehlversuche mit einem Multinetz. Dabei ist jedoch festzuhalten, daß das Gerät seit dem Fahrtabschnitt 2 (Februar) von anderen Arbeitsgruppen leihweise eingesetzt worden war, deren eigene Geräte ausgefallen waren. Drei weitere Ausfälle waren durch einen Defekt im Einleiterkabel bedingt.

Die außerordentlich hohe Erfolgsquote der Geräteeinsätze bildete die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung der Kernteile des Gesamtprogramms. Sie milderte den Verlust von 6 Arbeitstagen, der durch die Verlegung der Einschiffung von Djibouti nach Mombasa

entstanden war. Der Erfolg wäre dennoch nicht möglich gewesen ohne die engagierte und "fliegende" Arbeitsweise der Besatzung unter Herrn Kapitän Bruns und der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen bei klimatisch harten Arbeitsbedingungen. Allen Beteiligten sei an dieser Stelle noch einmal für ihren Einsatz gedankt.

#### 4.6 Sechster Fahrtabschnitt

##### 4.6.1 Die Arbeiten des Fahrtabschnittes

Die POEM-Arbeiten begannen wenige Stunden nach dem Auslaufen von Heraklion und setzten sich bis kurz vor dem Einlaufen in Palermo fort. Da keine technischen Ausfälle zu verzeichnen waren und das Wetter günstig war, konnte das Programm in vollem Umfang durchgeführt und die Fahrtroute vor allem für die XBT-Messungen sogar noch erweitert werden. Abb. 9 und 13 zeigen die Stationen und die Positionen der XBT-Abwürfe. Es gelang, das nördliche Levantinische Becken flächenhaft zu erfassen und mehrere Schnitte durch das Ionische Becken zu legen; ebenfalls wurde die Ägäis und die südliche Adria erfaßt. Wegen des Ausbleibens einer Arbeitsgenehmigung seitens Ägypten, um die bis zur letzten Minute noch Kontakte mit deutschen und ägyptischen Stellen verfolgt wurden, mußte im südlichen Levantinischen Becken leider eine Lücke bleiben.

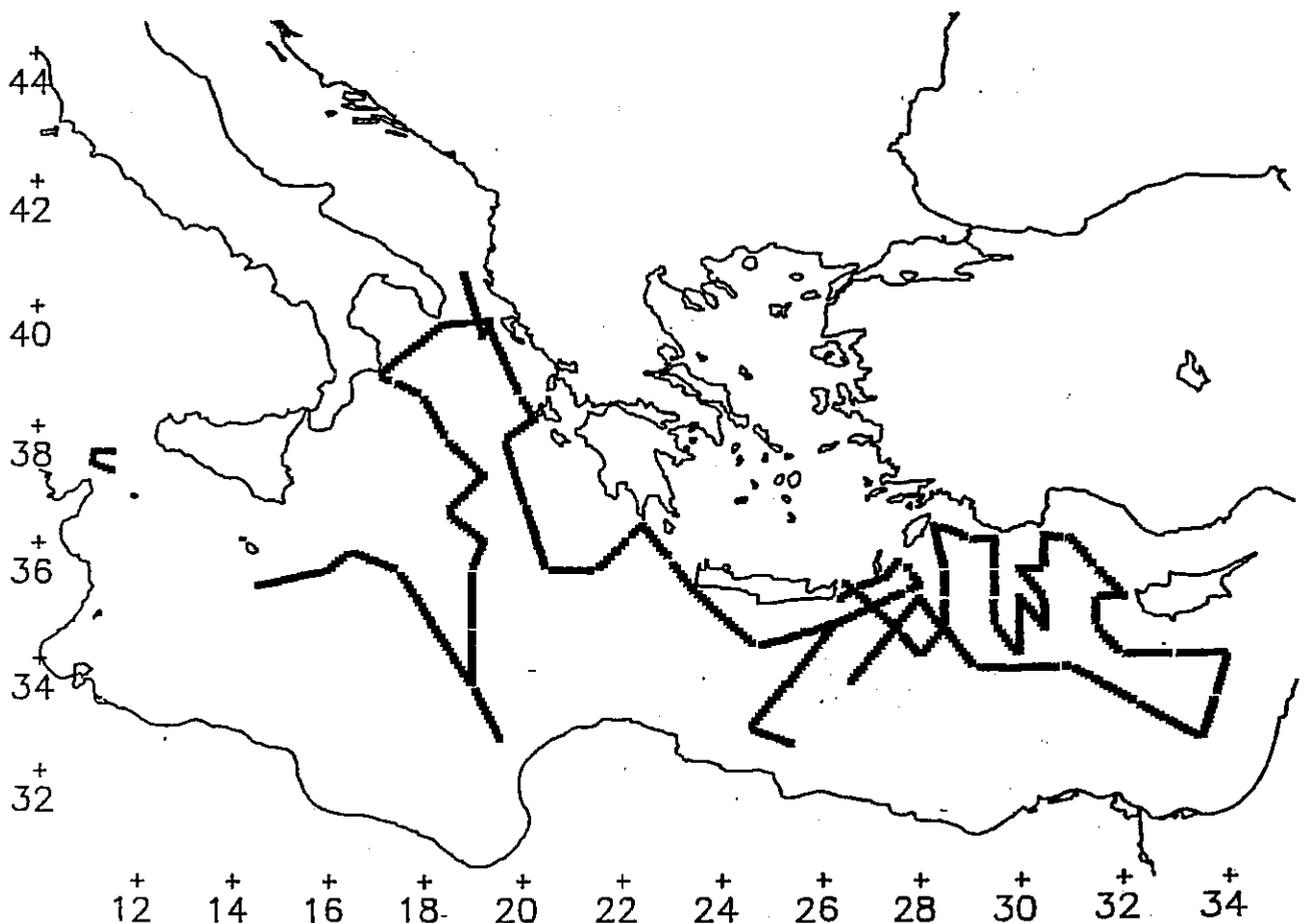


Abb. 13: Lage der XBT-Abwürfe, Heraklion - Palermo, (18.8. - 14.9.1987)

Der Zeitdruck war vor allem zu Anfang hoch, da hier die Stationsdichte am größten war und zur gleichen Zeit sich alles erst einspielen mußte. Die Erste Pause durch den zweiten Aufenthalt in Heraklion war deshalb sehr willkommen. In Heraklion wurden Mitglieder der XBT-Gruppe ausgetauscht. Danach nahm, weil nun alles eingespielt war, der Zeitgewinn relativ zum Plan noch zu. Dies galt allerdings für die Messungen nicht in gleichem Maße wie für die aufzuwendende Stationszeit. Trotz notwendiger Ausbalancierung zwischen Probennahme und Messung konnte das Stationsprogramm, im Ionischen Becken noch stark erweitert werden. So gelang ein Vorstoß nach Süden bis an den Rand der großen Syrte. Bei der Rückfahrt von diesem Vorstoß gab es dann noch einmal eine mehrstündige Verschnaufpause. Diese wurde für das Bordfest des Abschnittes genutzt. Zweimal trafen wir andere Schiffe, die im Rahmen des POEM-Programms unterwegs waren (RV AEGAIO, Griechenland und RV BANNOCK, Italien). Mit beiden wurden CTD/Rosetten-Interkalibrierungsstationen durchgeführt. Mit der BANNOCK gab es auch Besuche von Schiff zu Schiff.

Der Fortgang der Stationsarbeiten ergab sich im wesentlichen aus den täglichen Hochrechnungen, wie man die noch zur Verfügung stehende Zeit am besten nutzen könnte. Das chemische Programm war hierin eingebunden, wobei Neustonfänge zu Beginn oder Ende der meisten Stationen, soweit damit die Morgen- oder Abenddämmerung erfaßt werden konnte, einen festen Platz hatten. Probennahmen vom Bugausleger für Spurenmetalle und Erdölderivate war ein weiterer Sollpunkt praktisch aller Stationen. Ungefähr zur Mitte des zweiten Untersuchungsabschnittes (Heraklion-Palermo) gingen durch Seilbruch leider alle vier vorhandenen großvolumigen Wasserschöpfer verloren. Dieser einzig wirkliche Rückschlag des Fahrtabschnittes machte leider einem Teil des chemischen Programms ein Ende.

In Palermo wurden die ausländischen Teilnehmer an den POEM-Arbeiten ausgeschifft; ein Dinner an Land der wissenschaftlichen Mannschaft und ausdauerndes Winken beim Ablegen der METEOR brachte die POEM-Arbeiten zu einem stilvollen Ende. Neu wurde in Palermo nur die luftchemische Gruppe eingeschifft. Es gab noch einige Stationsarbeiten (vgl. Kapitel 7.5.1), aber die verbleibenden Tage wurden überwiegend zum Abschluß der Arbeiten, für eine Sichtung der Daten und zum Aufräumen und Packen genutzt.

#### **4.6.2 Einige vorläufige Ergebnisse**

Die XBT-Messungen zeigten ausgeprägte und erstaunlich kleinräumige Strukturen, z.B. Strommeander in Abständen von teilweise nur 30 km. Im Bereich des nördlichen Levantinischen Beckens war die horizontale Auflösung ausreichend, um mittels objektiver, dynamischer Analyse das mesoskalige, oberflächennahe Strömungsfeld zu rekonstruieren. Der Kleinasienstrom und der Rhodos Wirbel traten hierbei klar hervor. Sehr einprägsam war die Homogenität von Temperatur und Salzgehalt im Tiefenwasser vor allem des Levantinischen Beckens (= 1200 m; dieses kann als der wohl größte Thermostat der Welt angesehen werden), und im Gegensatz dazu die erhebliche Feinstruktur der flacheren Horizonte. In Tiefen 1500 m

war eine statische Stabilität der Wassersäule kaum noch feststellbar, und ebenso blieben die horizontalen Dichtegradienten über das gesamte östliche Mittelmeer erstaunlich klein. Aus den Freonmessungen ergab sich, daß das älteste Wasser durchgehend in den obersten Bereichen des Tiefenwassers in ca. 1500 m Tiefe zu finden ist. Die Alter nehmen nach Osten zu. Das jüngste Wasser im Tiefenwasserbereich fand sich am Meeresboden in ca. 3000 m Tiefe am Westrand des Ionischen Beckens, offenbar zurückzuführen auf schnelle Zufuhr von Tiefenwasser aus der Adria. Das Tiefenwasser der Kreta See zeigte sich als jung, sowie als sauerstoff- und nährstoffreich. Dieses Wasser tritt offenbar durch die Straße von Kasos in das Levantinische Becken ein, von wo es sich vor allem westwärts ausbreitet. Es ordnet sich in Tiefen bis zu maximal 1200 m ein, da seine Dichte deutlich hinter dem des dortigen Tiefenwassers zurückbleibt.

Im Rahmen der chemischen Untersuchungen zeigten sich im Oberflächenwasser erstaunlich geringe Konzentrationen an gelösten Erdölkohlenwasserstoffen, mit nur in Küstennähe leicht erhöhten Werten. Zur späteren Analyse ihrer Abbauprodukte wurden mehrere Kubikmeter Wasser aufbereitet, und ebenso für die Messung von fettlöslichen Substanzen sowie von Huminstoffen. Die letzteren beiden Programmpunkte mußten nach Verlust der großvolumigen Wasserschöpfer auf Oberflächenwasser beschränkt bleiben. Mit dem Neustonschlitten gesammelte Teerteilchen zeigten ebenfalls mäßige Konzentrationen, wobei sich eine Korrelation mit dem aus den XBT-Daten erschlossenen Strömungsfeld andeutet.

Da in vielen Fällen auf der Fahrt nur Material für die Analyse in den Heimatlaboratorien gesammelt und ggf. aufbereitet wurde, wird der größte Teil der Datenausbeute der Reise erst in einiger Zeit vorliegen.

#### **4.6.3      Schlußbemerkung**

Der Mittelmeer Fahrtabschnitt ist im ganzen als sehr erfolgreich anzusehen, wenn auch der Verlust der großvolumigen Wasserschöpfer auf den Erfolg einen Schatten wirft. Ein weiterer Rückschlag war das Ausbleiben der Forschungsgenehmigung seitens Ägypten, dessen Auswirkung auf das Programm aber als noch tragbar bezeichnet werden kann. Dank des Erfolges und guten Wetters war die Arbeitsatmosphäre durchgehend gut. Bei den relativ niedrigen Windstärken des Abschnittes (fast immer 4-5) waren Schiffsbewegungen häufig kaum spürbar. Die Zusammenarbeit mit dem Schiff war ausgezeichnet. All dieses hat - neben den technischen Möglichkeiten des Schiffes - bei den ausländischen Fahrtteilnehmern zweifellos einen sehr guten Eindruck hinterlassen. Die Mehrzahl der Teilnehmer war zum ersten Mal auf der neuen METEOR. Im Zusammenhang mit unserem Zeitdruck zu Beginn des Fahrtabschnittes führte dies zu gewissen Anlaufschwierigkeiten. Diese legten sich sehr bald; es zeigte sich aber wieder, daß die Erfahrung, schon einmal mit dem Schiff gefahren zu sein, sehr hoch eingeschätzt werden muß.

## **5            Berichte der Arbeitsgruppen**

### **5.1           Erster Fahrtabschnitt**

#### **5.1.1         Hydrographie (A. Fey, A. Frische)**

##### *Aufgabenstellung*

Aufgabe war es, die Untersuchungen der Arbeitsgruppe "Phytoplankton" durch die Bereitstellung von Wasserproben sowie Temperatur- und Salzgehaltsdaten zu unterstützen. Dabei konnten die CTD-Sonden für den anschließenden Forschungseinsatz im Roten Meer getestet werden.

##### *Material und Methoden*

Eingesetzt wurden zwei CTD-Geräte (Multisonden (MS), der Fa. Meerestechnik Elektronik), von denen das Gerät des Instituts für Meereskunde, Hamburg, mit einem Kranzwasserkorb (Rosette (RO)) ausgerüstet war. Dieser war mit zwölf 5 l-Niskin Schöpfnern besetzt, von denen neun mit je zwei geschützten und ungeschützten Thermometern bestückt waren.

Das kombinierte MS/RO-System war für physikalische Prozeßstudien im Roten Meer während des nachfolgenden Fahrtabschnittes 2 vorgesehen und sollte daher im östlichen Mittelmeer nur ersatzweise benutzt werden. Entsprechend wurde zu Beginn der Reise vor Kreta die solitäre CTD-Sonde des IHF (4 Profile) in enger zeitlicher Kombination mit einer Hydroserie (7 Profile) bis in maximal 200 m Tiefe gefahren. Bei der Hydroserie entstanden Fehlauslösungen dadurch, daß der 8 mm Draht der W 1 für die Halterungen der 5 l- Niskin Schöpfer zu stark war und sich Fallgewichte an den Schöpfnern verklemmten, so daß zwei Serien wiederholt werden mußten. Bei der CTD-Sonde fiel infolge eines Systemfehlers im Bordgerät die Druckangabe ab 150 m Tiefe aus. Im weiteren Verlauf der Reise wurde deshalb nach einem Testlauf die Kombination MS/RO auf sechs Stationen, darunter für ein 3951 m tiefes Profil im Tiefseegraben vor Kreta, eingesetzt. Bei diesem Gerät arbeitete die Auslöseanzeige am Bordgerät nicht fehlerfrei. Die Daten beider CTD-Sonden wurden auf Magnetband, die der Hydroserien von einem Kontronrechner auf Diskette gespeichert und ausgedruckt.

Eine auf der Teststation in der Biskaya erfolgreich geprüfte OTS-Sonde fiel auf der ersten Station im Untersuchungsgebiet wegen eines Defektes im Drucksensor für die weitere Reise aus. Schwierigkeiten bereitete auch die Eichung des Salinographen, bis mit dem Gravimetrielabor ein geeigneter temperaturkonstanter Raum gefunden wurde. Die Salzgehalte der letzten zehn Wasserproben konnten erst auf dem zweiten Fahrtabschnitt bestimmt werden, nachdem die dritte Meßzelle des Gerätes gereinigt worden war. Der bordeigene Thermo-salinograph lief während der gesamten Untersuchungszeit.

##### *Erste Ergebnisse*

Die Oberflächentemperaturen und -Salzgehalte nahmen von Kreta nach Osten zu. Dort wiederum waren die Werte südwestlich Zyperns etwas höher als vor der israelischen Küste.

Sie bewegten sich südöstlich vor Kreta zwischen 16,2 - 16,8°C und 38,7 - 38,9, lagen vor Zypern um 17,2°C und 39,2 und betrug vor Israel etwa 17,0°C und 39,0.

Die durchmischte Tiefe nahm ebenfalls nach Osten zu. Vor Kreta reichte die Deckschicht zwischen 30-60 m tief. Auf einigen Stationen war sie vom eigentlichen Tiefenwasser durch eine Schicht wärmeren und salzreicheren Wassers abgesetzt. Südwestlich Zyperns lag die Grenze der homogenen Oberflächenschicht ähnlich wie vor Israel bei in der Regel 80 m. Auf einer Station vor Zypern jedoch zeigten CTD und Schöpferwerte keine Gradienten für den untersuchten 150 m-Bereich an.

### 5.1.2 **Phytoplankton and Microheterotrophs** (A.G. Moigis, P.D. Walline)

#### *Objectives*

Preliminary evaluation of the role of the "microbial loop" (pico-phytoplankton and bacteria-nanoplanktonic heterotrophs-zooplankton) in the Eastern Mediterranean Sea.

The specific goals were the following:

- 1 To examine regional distributions of picoplankton, microzooplankton, and bacteria.
- 2 To evaluate rates of microheterotroph grazing on picoplankton and bacteria.
- 3 To determine the rate of carbon fixation, with and without corrections for grazing effects.
- 4 To examine in detail the vertical distribution of chlorophyll-a, pheophytin, bacteria, microheterotrophs, and picophytoplankton in relation to the deep chlorophyll maximum (DCM).
- 5 To collect ichthyoplankton samples for comparison with samples collected near Israel during the past 3 years.

The investigation of carbon fixation was a task assigned to Dr. Weikert. The work was conducted by Dr. Moigis, a member of Prof. Dr. Lenz's team at the Institut für Meereskunde, Kiel.

#### *Material and Methods*

Water was taken at 12 stations with 5 l-Niskin bottles equipped with reversing thermometers. Standard depths were every 10 m down to 100 m, occasionally to 150 m. At six stations, the upper 10 m were subsampled by additional hydrobottles.

The variables studied and the methods used were the following:

- 1 Chlorophyll-a and pheophytin concentrations were determined by fluorescence using a Turner Model 111 Fluorometer calibrated with 90% acetone extracts of pure chlorophyll-a. Volumes of seawater ranging from 500 ml to 2 l were filtered through Whatman GF-C glassfiber filters. The filters were placed in plastic test tubes with glassbeads and 10 ml of 90% acetone and were homogenized for 3 min. in an homogenizer. After centrifugation for 12 min., the acetone extract was decanted and fluorescence read, before and after acidification with HCL. Chlorophyll size fractions

were determined from 10 stations by prefiltering one liter samples with 20 mm mesh netting, or a 2 mm mesh netting, or a 1  $\mu\text{m}$  Nucleopore filter. Water was filtered through the netting by gravity. During filtration with glassfiber filters and Nucleopore filters, vacuum pressure was kept at or below 0.2 kg per  $\text{cm}^2$ .

- 2 Standard techniques were used in C-14 incubation experiments at 7 stations. Light depths were simulated with screens which allowed 100, 80, 64, 51, 30, 9, 3, and 1% of incident light to pass. Water for incubations was taken from the appropriate light depths calculated from light measurements made with a Secchi disc and with a LiCor LI-185B Quantum Light Meter at 8 stations. Measurements with the light meter were made every 5 m to 60 m depth (Table 6).

**Table 6:** Light measurements

\* Units =  $\mu$  Einsteins/ $\text{m}^2/\text{s}$

Depth (m)	January							
	15	16	17	19	21	23	25	27
Air	1900*	480	2075	2200	1050	580	2650	1005
0	600	220	1000	850	320	-	-	-
1	500	-	-	-	-	220	1250	175
5	260	100	430	350	145	110	520	81
10	170	64	255	230	98	78	270	54
15	140	46	185	155	66	59	250	40
20	110	37	145	105	48	52	200	30
25	85	28.5	105	73	37.5	55	150	23
30	60	22.5	82	60	27	45	110	17.8
35	50	17.7	61	50	19.5	36	80	13.5
40	37	14.2	46	40	15.5	30	68	10.5
45	30	11.5	35	31	11.5	24.5	52	8
50	26	9.2	26	26	8.8	18.5	39	6.2
55	-	7.1	20.5	-	6.5	15	32	4.7
60	-	5.5	16	-	5.4	12	29	3.6
Secchi Depth (m)	25	25	26	29	25	26	34	20

- 3 Measurements of the grazing rates of microzooplankton on pico-phytoplankton and bacteria were made using two methods: The dilution technique of LANDRY and HASSET (1982) and the use of antibiotic inhibitors (SHERR et al., 1984). In the dilution method, seawater filtered through glassfiber filters was used to dilute raw

seawater samples. Since grazing rates depend on food concentrations, grazing in the diluted samples should be reduced. We measured chlorophyll concentrations before and after incubation in bottles kept in running surface seawater in the shade on deck. In the second technique, samples were incubated in a temperature-controlled room in the dark. One bottle was incubated with cyclohexamide and colchicine (to inhibit grazing), one with vancomycin and penicillin (to inhibit bacterial growth), one with all of these antibiotics, and one sample was untreated. Subsamples were taken periodically over 24 hours and preserved with 2% formalin. At several stations seawater samples were taken and preserved with 2% formalin for direct counts of bacteria numbers. Bacteria in the samples from the experiments and the seawater samples will be enumerated using DAPI and epifluorescence microscopy on return to the laboratory in Israel.

Bacteria samples (vertical profiles) were taken at 6 stations. Three grazing experiments with antibiotics and 8 dilution experiments were made.

- 4 Ichthyoplankton samples were collected at seven stations with a neuston sampler, consisting of a frame and 2 nets with openings of 30 x 15 cm (HEMPEL and WEIKERT, 1972). The nets were towed for 15 min. at about 2.5 kn. Samples were preserved in 4% buffered formalin.

#### *Preliminary results*

Chlorophyll concentrations were consistently low ( $< 0.1$  mg per  $m^3$ ) and relatively uniform in the upper 100 m of the water column. More than half (and often more than 90%) of the chlorophyll passed through the 2 mm mesh netting, and in many cases also passed through a 1 m Nucleopore filter. Thus, the phytoplankton populations encountered in this winter season were characterized by extreme small size.

A deep-chlorophyll-maximum-layer (DCM) was not present at any of the stations. Although present during most of the year, at some point during the winter season, the DCM breaks down. At all stations on this cruise, chlorophyll concentrations were fairly uniform throughout the upper 90-100 m. Secchi disc depths ranged from 20 to 34 meters, much shallower than found during the summer season when depths up to 50 m have been recorded. One percent light levels calculated from the radiometer measurements ranged from 60 to 95 m with most falling between 60 and 75 m.

Preliminary results indicate that production was very low, ranging from 17 to 80 mg C/ $m^2$ d. Most of the production (50-70%) was by cells below 2 mm in size.

The dilution technique showed that very heavy grazing was taking place, especially at the stations near Crete. Using grazing rates calculated from these experiments, it will be possible to determine the true growth rate of the phytoplankton. It seems likely that the C-14 method severely underestimates algal growth rates under these conditions. Further evaluation of this problem will be made at the laboratory in Germany.

### 5.1.3 Planktonische Foraminiferen (D. Mühlen, Ch. Simet)

#### *Fragestellung*

Untersuchungen zur Zusammensetzung und Verteilung der rezenten planktonischen Foraminiferenfauna im östlichen Mittelmeer.

#### *Material und Methode*

Im Zeitraum vom 13.01.-28.01.1987 wurden im Auftrag von Herrn Prof. Dr. C. Hemleben, zu unterschiedlichen Tageszeiten insgesamt 18 Vertikalfänge durchgeführt (Tab. 7). Im allgemeinen wurde die Wassersäule bis in 250 m Tiefe in Abschnitten von jeweils 50 m beprobt. Zusätzlich erfolgten je ein Hol im Gebiet südlich von Kreta bis in 1500 m und im Küstenbereich vor Israel bis in 60 m Tiefe. Das von der Arbeitsgruppe Weikert gestellte Mehrfachschließnetz (MU) mit einer Fangöffnung von 0,25 m<sup>2</sup> (WEIKERT und JOHN, 1981) hatte eine Maschenweite von 55 µm bzw. 100 µm und wurde mit 0,25 m/s gehievt. Direkt mit den Fängen gekoppelte Temperatur- und Salinitätsmessungen waren wegen eines Sensorausfalls nicht möglich.

Untergeordnet kamen Driftnetzfänge mit einem 75 µm-Handnetz (PLA) an der Wasseroberfläche hinzu sowie Pumpfänge (PP), bei denen von der Feuerlöschpumpe des Schiffes angesaugtes Seewasser durch ein 75 µm -Netz gefiltert wurde.

Zu Vergleichszwecken wurden außerdem Sedimentproben (Kastengreifer, KG) aus unterschiedlichen Wassertiefen herangezogen. Da die Sedimentoberfläche meist gestört oder nicht mehr erhalten war, kann das Material nur allgemein dem Holozän zugeordnet werden.

#### *Erste Ergebnisse*

- 1 In der Lebendfauna der planktonischen Foraminiferen dominierten *Globigerinita glutinata*, *Globigerina quinqueloba* und *Globigerinella aequilateralis*. Seltener traten auf: *Globigerina bulloides*, *Globigerina calida*, *Globigerinoides ruber*, *Orbulina universa*, *Hastigerina pelagica* und *Globorotalia anfracta*.
- 2 Die beobachtete Faunenzusammensetzung dürfte zumindest teilweise saisonal bedingt sein. Dies läßt sich aus abweichenden Häufigkeitsverteilungen in den Sedimentfaunen vermuten, aber auch aus der Tatsache, daß dort Arten zahlenmäßig stark vertreten sind, die in den Netzfängen nicht festgestellt wurden, zum Beispiel *Globigerinoides ruber* (var. pink) und *Globigerina rubescens*. Weitere Hinweise ergeben sich außerdem beim Vergleich mit Ergebnissen von CIFELLI (1974). Danach stellt im Sommer *G. ruber* die eindeutig dominierende Art im östlichen Mittelmeer dar. Die im Januar 1987 relativ häufig angetroffene *G. aequilateralis* ist dagegen nach Cifelli typisch für das generell kühlere westliche Mittelmeer.
- 3 Die Netzfänge waren ohne Ausnahme wenig ergiebig. Auf die geringe Individuendichte weisen bereits frühere Bearbeiter (CIFELLI, 1974) hin. Sie ist, von der Jahres-

zeit unabhängig, kennzeichnend für das östliche Mittelmeer. Tageszeitlich bedingte Variationen konnten nicht festgestellt werden.

- 4 Mit Plasma gefüllte Lebendexemplare von planktonischen Foraminiferen waren im wesentlichen auf die oberen 100 m der Wassersäule beschränkt. Abgesehen von den wiederum spärlicher besiedelten obersten 10-15 m ist eine ziemlich gleichmäßige Verteilung anzunehmen. Dieses Bild ist nicht zuletzt auf das Fehlen einer deutlichen Thermokline zurückzuführen.

**Tab. 7:** Stationsliste

Station Nr./87	Gerät, Proben- bezeichnung	Wassertiefe (m)	Uhrzeit (UTC+2 h)	Bemerkungen
003	MU 01	3503	04:21 - 06:14	1500-700-550-350-150-0 m
009	MU 06	4050	16:41 - 16:46	150-100-75-50-25-0 m
014	KG 1144B	3180	18:02	34°31,0N / 26°03E Sedim.
015	MU 09	2372	20:11 - 20:28	250-200-150-100-50-0 m
018	MU 10	1701	01:40 - 01:53	250-200-150-100-50-0 m
020	MU 11	3467	11:18 - 11:35	250-200-150-100-50-0 m
024	MU 15	4254	07:45 - 07:57	250-200-150-100-50-0 m
025	MU 18	3550	22:06 - 22:22	250-200-150-100-50-0 m
028	PP 01		14:39 - 15:00	10,287 m <sup>3</sup> ;34°9 N / 26°04 E
028	PP 02		16:00 - 16:46	15,108 m <sup>3</sup> ;34°23 N / 26°04 E
032	PP 03		11:46 - 13:12	19,670 m <sup>3</sup> ;34°26 N / 26°15 E
033	MU 21	3452	13:07 - 13:20	250-200-150-100-50-0 m
035	NS 18	3458	01:57 - 02:17	Maschenweite 75 mm
037	NS 23	3508	12:26 - 12:42	Maschenweite 75 mm
042	KG 1147	2509	16:03	34°08 N 7 31°53 E Sedim.
043	MU 30	0075	02:30 - 02:46	250-200-150-100-50-0 m
050	MU 35	1273	12:14 - 12:18	60-60-40-20-0 m
052	MU 39	1378	02:05 - 02:20	250-200-150-100-50-0 m
053	MU 40		06:20 - 06:33	250-200-150-100-50-0 m

#### 5.1.4 Zooplankton und Mikronekton (H. Weikert)

##### *Fragestellung*

Zur Biogeographie, Häufigkeit und bathymetrischen Verteilung des Metazoenplanktons und Mikronektons in Habitaten der Hoch- und Tiefsee des östlichen Mittelmeeres.

Im Rahmen des Gesamtthemas sollten u.a. folgende Fragen beantwortet werden:

- Weicht die bathymetrische Verteilung des Zooplanktons und Mikronektons im

Levantischen Becken von derjenigen im offenen Ozean (Atlantik) ab; gibt es in der quantitativen Verteilung einen grundsätzlichen Unterschied zwischen dem östlichen und westlichen Mittelmeer?

- Wie stellt sich die artmäßige Besiedlung des Tiefenwassers im Levantischen Becken gegenüber den beiden Vergleichsgebieten dar?
- Welche Rolle spielen die cyclopoiden Copepoden des Mikrozooplanktons einerseits und das Makrozooplankton und Mikronekton andererseits als Karnivore im Pelagos, und wie tief reichen die tagesperiodischen Vertikalwanderungen von Arten?
- Sind Immigranten aus dem Roten Meer in den Hochseebereich des östlichen Mittelmeeres, insbesondere das Meso- und Bathypelagial, vorgedrungen?

Die Arbeiten stehen in Bezug zu bereits laufenden Untersuchungen im Ostatlantik und dem Roten Meer. Über den regionalen Aspekt hinaus sollen sie die allgemeine Kenntnis über die Lebensgemeinschaften des Großraumes "Tiefsee" und die Prinzipien des vertikalen Stofftransportes erweitern. Ferner sollen sie die Frage beantworten helfen, ob das Rote Meer als Ökosystem eine einzigartige Stellung innerhalb der "warmen" Ozeane innehat.

#### *Material und Methoden*

Drei verschiedene Fangnetze wurden mit dem Ziel eingesetzt, unterschiedliche Organismenspektren der pelagischen Faunengesellschaft bei einer gleichzeitig möglichst hohen bathymetrischen Auflösung der Wassersäule zu sammeln. Zwei der Netzträger wurden elektronisch über Einleiterkabel gesteuert und waren u.a. mit Umweltsonden für Temperatur, Leitfähigkeit und Druck ausgerüstet. Diese beiden Mehrfachschlieβnetze waren während der Anreise am 5. Januar auf einer Teststation in der Biskaya erfolgreich auf ihre Funktion geprüft worden; das Multinetz (MU) bis in eine Tiefe von 300 m, das Mocness-System (MC) für den Tiefenbereich 300-1750 m. Die eingeschobenen Fangintervalle wurden mit Blick auf das Teilprogramm "Biozirkel" der METEOR-Reise 64 (1983) gewählt, um weiteres Ergänzungsmaterial für Untersuchungen über die Biologie des calanoiden Copepoden *Calanoides carinatus* zu erhalten. Drittes Fanggerät war ein Neustonkatamaran.

Die Spezifikation der Netzträger und ihr Einsatz im östlichen Mittelmeer waren wie folgt:

Multinetz (WEIKERT und JOHN, 1981): Öffnungsweite  $0,25 \text{ m}^2$ , fünf  $55 \mu\text{m}$  Netzbeutel. Es wurde steuerbords zum Fang von Mikrozooplankton, speziell cyclopoider Copepoden, vertikal mit  $0,25 \text{ m/s}$  gehievt. Aus bisher unbekanntem Gründen brannte nach dem zweiten Einsatz die Elektronik durch, so daß nachfolgend ein einfacherer Typ gefahren wurde, der nur mit einer Drucksonde bestückt war. Alle 31 Hols aus maximal 1850 m Tiefe waren erfolgreich (Tab. 8).

Mocness-System (WIEBE et al., 1985): Fangöffnung  $1 \text{ m}^2$ , neun  $300 \mu\text{m}$  Netzbeutel. Das Gerät wurde für Schräghols zum Fang von Mesozooplankton, Makrozooplankton und Mikronekton achtern über den A-Galgen bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 2,2 bis 2,5 kn

**Tab. 8:** Stationsdaten Multinetz, 55 mm (AR = Anreise, 300 µm)  
\* UTC

Station	Hol	January	Fangzeit	Koordinaten		Fangbereiche
Nr./87		1987	(UTC + 2)	Nord	Ost	(m)
AR	AR	5	*17:58 - 18:12	46°41,1	07°08,5	300-200-150-100-50-0
1	2	14	07:13 - 07:30	34°26,64	07°17,16	250-200-150-100-50-0
1	2	14	07:34 - 07:55	34°26,47	26°17,20	450-400-350-300-250-0
3	4	14	11:46 - 12:11	34°28,8	26°12,06	250-200-150-150-100-50-0
3	5	14	12:27 - 12:34	34°28,48	26°12,29	100-100-60-40-20-0
21	12	17	14:49 - 15:59	34°26,64	26°15,99	1050-900-750-600-450-0
21	13	17	17:33 - 19:36	34°26,54	26°16,48	1850-1650-1450-1250-1050-0
23	14	18	07:05 - 07:22	34°25,49	26°10,70	250-200-150-100-50-0
25	16	18	21:15 - 21:26	34°17,16	25°50,94	200-175-150-125-100-0
25	17	18	21:41 - 21:48	34°16,68	25°51,09	100-80-60-40-20-0
26	19	19	00:22 - 00:45	34°18,72	25°55,17	450-400-350-300-250-0
31	20	20	10:22 - 10:50	34°26,73	26°15,39	450-400-350-300-250-0
34	22	20	17:33 - 18:37	34°23,77	26°11,44	1850-1650-1450-1250-1050-0
34	23	20	19:40 - 20:27	34°23,90	26°11,19	1050-900-750-600-450-0
35	24	20	22:35 - 22:49	34°25,31	26°14,78	250-200-150-100-50-0
35	25	20	23:25 - 23:48	34°25,26	26°14,99	450-400-350-300-250-0
36	26	21	06:09 - 06:22	34°30,40	26°30,73	250-200-150-100-50-0
36	27	21	07:27 - 08:19	34°30,34	36°30,76	1050-900-750-600-450-0
43	28	24	00:45 - 00:54	34°07,6	31°56,9	250-200-150-100-0
43	29	24	01:43 - 02:03	34°07,8	31°57,2	450-400-350-300-250-0
44	31	24	14:29 - 14:42	34°07,14	31°54,66	250-200-150-100-50-0
44	32	24	15:17 - 15:39	34°07,3	31°54,4	450-400-350-300-250-0
50	34	26	11:58 - 12:02	32°03,2	34°36,5	60-40-20-0
50	35	26	12:15 - 12:18	32°03,3	34°36,5	60-40-20-0
52	36	26	22:26 - 22:40	32°15,64	34°07,94	250-200-150-100-50-0
52	37	26	23:17 - 23:40	32°15,99	34°08,05	450-400-350-300-250-0
52	38	26	00:47 - 01:47	32°16,98	34°08,70	1050-900-750-600-450-0
53	40	27	06:39 - 06:55	32°36,06	33°41,74	250-200-150-100-50-0
53	41	27	07:07 - 07:13	32°36,08	33°41,66	100-80-60-40-20-0
54	42	27	11:17 - 12:27	32°35,17	33°39,83	1050-900-750-600-450-0

**Tab. 8:** Fortsetzung

Station Nr./87	Hol	January 1987	Fangzeit (UTC + 2)	Koordinaten		Fangbereiche (m)
				Nord	Ost	
54	43	27	12:53 - 13:05	32°35,11	33°38,78	250-200-150-100-59-0
54	44	27	03:37 - 14:01	32°35,07	33°38,54	450-400-350-300-250-0

geschleppt. Zusätzlich zum filtrierten Wasservolumen wurden über einen Bordrechner die Druckmesser- und Wasserdurchflußwerte unmittelbar mit der verstrichenen Zeit verrechnet, so daß stets die aktuellen Angaben über die Sink- und Horizontalgeschwindigkeit des Fanggerätes auf einem Bildgerät sowie ausgedruckt vorlagen. Damit konnte einmal durch Korrekturen u.a. der Hievgeschwindigkeit ein möglichst gleichmäßiges Befischen aller Wassertiefen erreicht werden. Zum zweiten war es bei zeitweiligen Blockierungen des Flowmeters möglich, das Wasservolumen über die Einbeziehung der gesteckten Trossenlänge und der Schiffsgeschwindigkeit mit gleichbleibender Genauigkeit zu berechnen.

Von den 18 im Untersuchungsgebiet durchgeführten Hols mißlangen zwei vollständig; bei einem dritten Einsatz waren nur zwei Netze geschlossen. Alle Ausfälle waren letztlich auf die rauhe See bei 6 und mehr Windstärken zurückzuführen. Aus Sicherheitsgründen wurde das bei Hol 19 beschädigte Gerät nicht vor Israel, dem dritten Hauptarbeitsgebiet, eingesetzt. Es liegen daher nur Fänge für die Hochseestationen bei Kreta und Zypern vor (Tab. 9).

Die großen Fangbereiche für beide Schließnetztypen betragen 0-450 m, 450-1050 m, 1050-2250 m, 2250-3000 m und 3000-4000 m. Sie sind für den überregionalen Vergleich mit Fängen aus dem Ostatlantik, dem Roten Meer/Golf von Aden sowie dem Arabischen Meer ausgelegt. Die Fangbereiche wurden in der vorgegebenen Tiefenfolge durch nachstehende Intervalle unterteilt: 50 m, 150 m, 200 m, 250 m und 500 m. Nach der Wiederinbetriebnahme von Hydrosweep am 19. Januar konnten die Mocness-Fänge auf etwa 150 m bis 200 m über Grund ausgedehnt werden. Die Probenzahl beträgt für das Mocness 122, für das Multinetz 115. Letzteres wurde zusätzlich auf 5 Stationen in 20 m Stufen bis in maximal 100 m Tiefe gefahren. Probenzahl 21.

Der Neustonkatamaran (HEMPEL und WEIKERT, 1972), wurde an der Meeresoberfläche parallel zum Mocness-System bzw. dem Kuttertrawl der Benthosarbeitsgruppe geschleppt. Die Fangöffnung der beiden übereinander befestigten unverschließbaren 300 µm Netze war 30 cm x 15 cm, von denen das obere die Wasseroberfläche schnitt und eine Schichttiefe von 0-13 cm befischte. Die 42 Neustonhols verteilen sich regional auf: Kreta 30, Zypern 4, Israel 8.

**Tab. 9:** Stationsdaten MOCNESS, 300 µm (AR = Anreise)  
\* UTC

Stations Nr./87	Hol MC/	Januar 1987	Uhrzeit (UTC + 2)	Koordinaten		Max. Fangtiefe (m)
				Nord	Ost	
AR	001	5	*10:20	46°51,1	06°53,27	1750
2	002	14	10:00	34°28,0	26°14,47	450
4	003	14	12:48	34°28,35	26°11,07	1850
6	004	14	21:38	34°24,96	26°17,89	3650
9	005	15	11:35	34°27	26°15	1850
11	006	15	21:26	34°20,12	25°50,08	3600
24	007	18	09:00	34°25,64	26°20,11	4012
26	008	18	22:34	34°16,43	25°51,38	450
26	009	19	01:10	34°18	25°26	1850
28	010	19	11:15	34°25,82	26°17,04	Hol abgebrochen, Ein- leiter defekt
33	011	20	13:37	34°25,86	26°15,67	450
35	012	20	20:37	32°23,78	26°11,14	450
35	013	20/21	23:54	34°25,34	26°15,13	1850
37	014	21	11:37	34°27,68	26°18,02	4006
43	015	23	18:20	34°03,88	32°11,51	2250, nur Netz 1 und 2 quantitativ, da Netz- balken verklemmt
43	016	24	03:01	34°07,9	31°56,9	750
44	017	24	07:49	34°03,56	32°11,37	2250
44	018	24	16:33	34°07,43	31°52,91	750
48	019	25	20:21	32°14,94	34°18,65	Hol abgebrochen, Gerät defekt durch raue See

### *Erste Ergebnisse*

Die 55 µm und 300 µm-Netzfänge ergaben für alle drei Untersuchungsgebiete sehr geringe Organismenkonzentrationen, insbesondere im Bathypelagial. Im Mesozooplankton der Tiefsee scheinen calanoide Copepoden der Familien Eucalanidae und Metridiidae vorzuherrschen.

Ein erstes quantitativ ausgewertetes Mocness-Profil zeigt für die Biomasse des Mesozooplanktons eine sprunghafte Abnahme des Naßgewichtes bei einer Wassertiefe um 1200 m. Eine Bestätigung dieses Verteilungsbildes, das für das Rote Meer bereits beschrieben wurde, würde einen im Vergleich zum subtropischen Weltozean eingeschränkten Vertikaltransport

organischen Materials anzeigen. Die von den teilnehmenden Arbeitsgruppen im Tiefseebenthos beobachteten geringen Populationsdichten und Aktivitätsraten stimmen mit diesem Befund überein.

### 5.1.5 Benthopelagisches Makroplankton und Nekton (B. Christiansen)

#### *Fragestellung*

Zum Vorkommen größerer benthopelagischer Organismen im östlichen Mittelmeer

#### *Material und Methode*

Zum Fang größerer, schnellschwimmender benthopelagischer Tiere, deren Artenspektrum mit herkömmlichen Fanggeräten in der Regel nicht vollständig erfaßt wird, wurden freifallende Reusenketten eingesetzt. Diese trugen 9 Reusen zwischen 10 bis 500 m über Grund. Zum Abwerfen des Ballasts wurden aus Sicherheitsgründen zwei akustische Auslöser verwendet. Ein Schema der Reusenkette zeigt Abbildung 14.

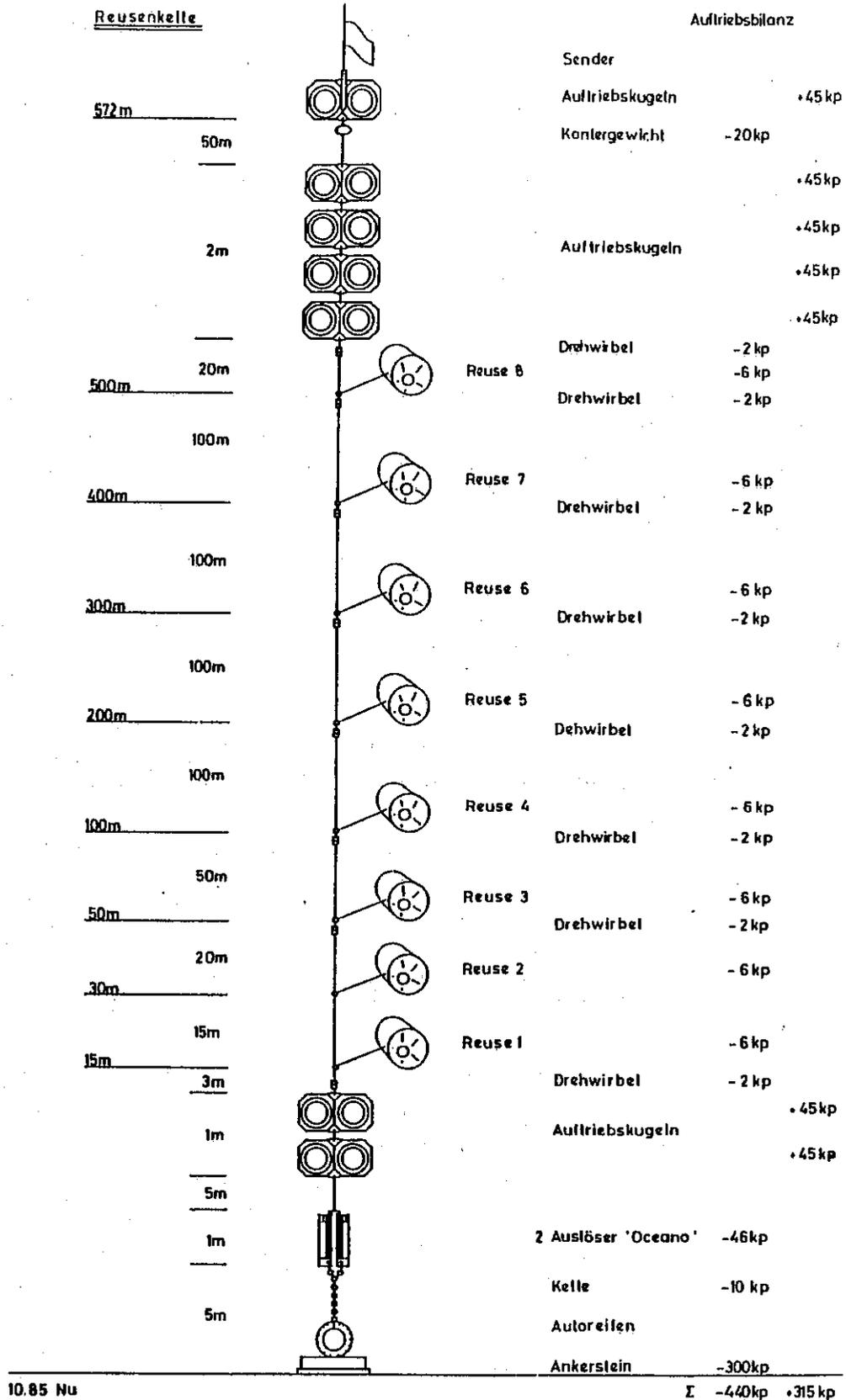
Die Reusen hatten eine Länge von 80 cm, einen Durchmesser von 40 cm und besaßen je zwei Eingangstrichter, die sich auf einen Durchmesser von 4,5 cm verengten. Als Köder wurden Fischköpfe (Kabeljau) verwendet.

Die Auslegung erfolgte über den Schiebebalken auf der Steuerbordseite. Bei der ersten Auslegung wurde die Kette mit den oberen Auftriebskörpern voran ausgelegt und zum Schluß der Ankerstein über Bord gegeben. Beim Bergen der Kette stellte sich heraus, daß sich der Draht um den mittleren Auftriebskörper verdreht hatte. Bei den beiden folgenden Auslegungen wurde deshalb zuerst der Ankerstein über Bord gegeben, als letztes wurde dann der obere Auftriebskörper mit Sender und Blitzlampe zu Wasser gelassen.

Beim Auslösen der Kette gab es Probleme mit dem zweiten (Reserve) Auslöser, der nur mit Hilfe der Notbatterien aktiviert werden konnte. Bei der letzten Auslegung hatte der Hauptauslöser einen Wassereintrich. Dies führte zu einem Kurzschluß im Hauptbatteriepaket. Mit den Notbatterien war die Auslösung jedoch trotzdem noch möglich.

Das Bergen der Kette erfolgte ebenfalls über die Steuerbordseite mittels Schiebebalken, Beiholer und Spillkopf. Der gesamte Vorgang dauerte vom Auslösen bis zum Abschluß der Bergung ca. zwei Stunden.

Insgesamt wurde die Reusenkette dreimal eingesetzt. Die Stationsdaten sind in Tabelle 10 aufgelistet.



**Abb. 14:** Schematischer Aufbau der Reusenkette  
Freefall trap chain

**Tab. 10:** Stationsdaten Reusenkette

Datum	Auslegung	Station	Koordinaten		Tiefe (m)	Expos.-Dauer (h)
			Nord	Ost		
14.1.87	RK 23	001	34°27,0	26°15,6	3487	22,0
17.1.87	RK 24	020	34°26,5	36°15,7	3493	59,0
25.1.87	RK 25	047	32°36,1	33°41,7	1421	38,0

*Erste Ergebnisse*

Die Fänge aus den Reusenketten bestätigen das aus Plankton- und Benthosfängen gewonnene Bild einer extrem geringen Organismendichte im östlichen Mittelmeer (Tab. 10). Es wurden insgesamt nur 15 Tiere gefangen, die alle der Garnelenart *Acantheephyra eximia* angehören. Die in anderen Meeren in diesen Tiefen vorherrschende Amphipodenart *Eurythenes gryllus* wurde nicht gefunden; hierfür ist sicherlich die hohe Temperatur des Tiefenwassers (13°C) verantwortlich.

**5.1.6 Meiobenthos (A. Eleftheriou)***Objectives*

- 1 To investigate the physical and chemical conditions in the deep water sediments.
- 2 To provide information on the structure and abundance of the benthic communities in these sediments.
- 3 To provide information on the energy requirements and production of these communities.

*Material and Methods*

The samples were taken by an 1/4 m<sup>2</sup> USNEL box corer. At each station one 1/16 m<sup>2</sup> was subsampled for benthos and various physical and biochemical parameters. The parameters to be measured in the sediments were particle size, particulate organic carbon, plant pigments, ATP and Redox potential. Particulate organic carbon, plant pigments and ATP were measured at the top 6 cm, particle size and Redox potential were measured at a depth of at least 20 cm. Duplicate samples for meiofauna and macrofauna were taken at 28-30 cm depth by means of 2.2 cm and 9.0 cm diameter core tubes, respectively, and preserved in 10% formalin. In addition, triplicate samples for the determination of protein, carbohydrate and adenylate charge were taken by means of 5 ml syringes, and samples for meiofauna were collected in 20 ml syringes (to be analysed at a later date by Dr. O. Pfannkuche, IHF-H). These samples as well as those collected for particle size analysis, organic carbon, plant pigments and ATP were stored deep frozen. The type and number of samples collected at each station could be summarized as following (Table 11).

Tab. 11: Type and numbers of samples

Station No./87	1	2	3	4	5	6	7	8
13	v	v	v	v	v	v	v	v
14	reduced							no
15	sample	v	v	v	v	v	v	sample
16	v	v	v	v	v	v	v	v
42	v	v	v	v	v	v	v	v
48	v	v	v	v	v	v	v	v
50	v	v	v	v	v	v	v	v
51	v	v	v	v	v	v	v	v
56	v	v	v	v	v	v	v	v

1. Macro = Duplicate cores 9 cm diam. - length 28-30 cm/preserved

2. Meio = " " 2.2 cm diam. - " " / "

3. Soil = Single core 4.3 cm diam.- length 20 cm/frozen

4. Eh = Measurements in situ - depth 25 cm

5. OC = Single core 2.2 cm diam.- length 6 cm/frozen

6. Chl = " " " " " " " / "

7. ATP = " " " " " " " / "

8. Remaining samples : Triplicate samples in 5 mls for protein carbohydrate, adenylate charge, and 20 mls for meiofauna.

### *Preliminary results*

Stations 13-16 (internal code 1-4) were located SE of Crete at depths ranging from 1361-4196 m. Samples contained pteropod remains and spicules.

Station 13 (4196 m): Sediment containing large amounts of yellow clay soft at the surface but more compact at the deeper layers. Sediment stratification was evident at 14 cm and 24-26 cm depth with a 3 mm black layer being present.

Station 14 (3274 m): Sediment containing a lot of yellow clay featureless at the surface. A continuous clay concretion 3-4 cm thick was present at 2-4 cm depth. More compact clay was present below the concretion. All samples were taken normally except samples for protein, carbohydrate and adenylate charge which were not taken. Samples for macrofauna were limited to the top 4 cm.

Station 15 (1991 m): Sediment with large amounts of yellow clay loose at the surface but more compact in the deeper parts. A 2 mm black layer was present at 24-25 cm depth.

Station 16 (1361 m): Sediment with large amounts of brownish/yellow clay soft at the surface but more compact in the deeper layers. No evidence of stratification present. Box corer was

retrieved with side traps open, and there was evidence of some erosion and loss of sediment at the surface.

Station 42 (5) was located S-SW of Cyprus. Depth 2761 m. Pteropods and spicules were present. Sediment with large amounts of brownish clay at the surface, dark grey/green at 22 cm depth. Pteropod remains were seen at 26 cm depth. Surface slightly disturbed during sample removal from box corer.

Stations 48-56 (6-9) were located off the coast of Israel at depths ranging from 104-1196 m. Pteropods were seen at the deeper stations (Stations 48 and 56).

Station 48 (1196 m): Sediment dominated by dark brown/greenish clay. Not very compact even at the deeper layers. Pteropods were seen at all depths.

Station 50 (104 m): Sediment with a lot of dark grey/green clay very soft at the surface with a substantial amount of interstitial and surface water. No evidence of sediment stratification. Pteropods and spicules were absent. Small amounts of biogenic material (echinoderm spines, valves of molluscs). Macrofauna samples were disturbed during sample removal from box corer.

Station 51 (300 m): Sediment with dark grey/greenish clay containing large amounts of interstitial water. Layers deeper than 15 cm consisted of dark green compacted clay. There were small amounts of biogenic material (bivalve shells).

Station 56 (669 m): Sediment with greenish clay with large amounts of interstitial water. There was no evidence of sediment stratification and only a very small amount of pteropod remains was present.

#### *Preliminary assessment and conclusions*

Readings in situ and the preliminary examination of the macrosamples could be summarized as following:

Station No	Macrofauna	Redox	(EH) - see appended graphs	
13	No evidence	Strong	+ve	at all depths
14	" "	"	"	" " "
15	" "	"	"	" " "
16	" "	"	"	at surface less below
42	" "	"	"	at all depths
48	" "	"	"	" " "
50	Some evidence	Weak	"	" " "
51	Unclear	"	"	" " "
56	"	"	"	" " "

With the exception of station 50 which showed evidence of a very limited fauna the remaining stations appeared to be devoid of any macrofauna.

Plant pigments were measured at a number of stations. At station 13 (4196 m) although total fluorescence readings were attributed to phaeopigments the percentage chlorophyll figures appeared to be sample-size-dependent. Acidification results were variable indicating interference from some source other than photosynthetic pigments. At station 16 (1362 m) phaeopigment values were consistent but so small that further verification is required before confidence could be placed on these results. At station 50 (100 m) there was a gradient in both chlorophyll and phaeopigments but there were rather large differences between values.

ATP measurements made at station 13 showed nil amounts indicating that ATP level is probably below detection limit of the instrumentation and of the method utilized. However at station 50 (104 m) measurements gave the following results:

0 - 2 cm section	0.32 mg/g sediment
2 - 4 cm "	0.082 mg/g "
4 - 6 cm "	0.089 mg/g "

Analysis of organic carbon content in the sediment was not attempted on board the ship as the necessary instrumentation was not available.

Nevertheless, by combining the evidence available so far such as, the total absence of macrofauna, the apparently minute levels of plant pigments and ATP and the high Eh values at all stations and at most sediment levels one could surmise that the deep benthic environment in the Eastern Mediterranean is an extremely poor system of a limited production potential. This preliminary conclusion meets partially objectives 1 and 2 which will be completed when further analysis of the samples will be carried out. Then an attempt will be made to tackle objective 3. However, even at this preliminary stage the present work raised important questions as to how the system operates and what is the energy flow in such a system. It is hoped that further work will enable us to answer these important questions.

### 5.1.7 Makrobenthos (M. Turkey)

#### *Fragestellung*

Zusammensetzung und Verbreitung von Tiefseebenthos im östlichen Mittelmeer unter Berücksichtigung von Einwanderern aus dem Roten Meer.

#### *Material und Methode*

Aufgrund der fehlenden Forschungsgenehmigung Ägyptens mußte der geplante Schnitt von Kreta nach Port Said aufgegeben werden. Stattdessen wurde in drei Regionen vergleichend gearbeitet (Tab. 12): Im Gebiet südlich von Kreta, südwestlich von Zypern und vor dem Südteil der israelischen Küste. Soweit möglich wurden ähnliche Tiefenstufen berücksichtigt.

Tab. 12: Stationsliste

Station /87	Gerät	Position		Tiefe (m)	Datum Januar 87	Uhrzeit (UTC+2)
		Nord	Ost			
13	KG-1144	34°25	26°04,1	4396	16.	14:37
14	KG-1144b	34°31	26°03	3259	16.	18:02
15	KG-1145	34°40,22	26°00,83	2069	16.	21:30
16	KG-1146	34°48	25°57	1375	16.	23:39
19	BMT	34°43	25°51,6	1626 -	17.	05:50 -
		34°41,6	25°49,9	1433		06:45
22	BMT	34°23	26°02	4178 -	18.	01:40-
		34°26	26°05,2	4390		03:35
30	BMT	34°39,17	25°55,8	2173 -	20.	05:09 -
		34°39,68	25°54,28	2142		06:01
41	BMT	34°05,25	32°02,26	2581 -	23.	06:50 -
		34°04,99	31°59,92	2566		08:31
42	KG-1147	34°08,27	31°52,52	2563	23.	16:03
45	BMT	34°05,31	32°01,08	2596 -	25.	00:05 -
		34°05,31	31°57,54	2572		01:30
48	KG-1148	32°17,57	34°14,08	1217	25.	22:33
50	BMT	32°02,38	34°35,05	95 - 103	26.	13:07 -
		32°00,95	34°34,52			13:51
50	KG-1149	32°00,53	34°33,98	110	26.	15:24
51	KG-1150	32°03,0	34°31,7	309	26.	16:33
51	BMT	32°03,1	34°31,4	309	26.	17:24 -
		31°58,9	34°27,3			18:32
55	BMT	32°23,3	34°27,7	1119	27.	19:07 -
		32°20,5	34°25,8			20:26
56	BMT	32°19,96	34°31,46	694 -	27./28.	23:58 -
		32°19,75	34°31,26	700		00:07
56	KG-1151	32°18,63	34°30,77	681	28.	01:38

Zur Erfassung der Endofauna konnte ein großer Kastengreifer (USNEL Spade Corer, 0.25 m<sup>2</sup>, KG) ohne Fehlversuch eingesetzt werden. Mit Ausnahme der Tiefen von 100 m und 300 m vor Israel war er zusätzlich mit einem Pinger ausgestattet. Die Proben wurden mit Hilfe eines Probenteilers geviertelt. Ein Viertel ging an die Arbeitsgruppe (AG) der Universität Kreta (s. Kapitel 5.1.6). Dem zweiten Viertel wurden Oberflächenproben zur Untersuchung von Mikromollusken sowie zur Bestimmung von organischen Schadstoffen (vgl. Kapitel 5.1.8) entnommen. Um die Makrofauna vollständig zu erfassen, wurde das Restsediment bis zu einer Tiefe von 30 cm durchgeseibt (minimale Maschenweite 0,63 mm).

Epifauna wurde mit einer Baumkurre (BMT) von 2 m Breite, minimale Maschenweite im Steert 1 cm, gesammelt. Das Gerät wurde in Tiefen ab 1000 m mit einem Vorgewicht von 500 kg gefahren, um aus Zeitersparnisgründen weniger Trosse stecken zu müssen. Nachdem mit Hilfe eines Pingers die optimale Trossenlänge bestimmt worden war, liefen die Einsätze gut ab. Auf zwei Stationen hakte das Gerät. Beim ersten Mal riß die Sollbruchstelle, und die Sicherheitsleine zog den Rahmen auseinander, so daß das Gerät frei kam und sicher geborgen werden konnte. Der zweite Haker beschädigte das Netz, das aber noch reparabel war.

Zur Auswahl und genauen Positionierung der Beprobungsstellen wurden Hydrosweep und Parasound verwendet. Hydrosweep diente der flächigen Aufnahme der Meeresbodentopographie, um möglichst ebene Lokationen für die Kurrstationen aufzuspüren. Es wurde nach der Wiederinstandsetzung am 19. Januar vor Zypern und der israelischen Küste eingesetzt. Für das Wiederauffinden der genauen Positionen wären ein Postprocessing der Daten und ein Ausdruck topographischer Karten des Meeresbodens hilfreich gewesen.

Parasound wurde zur Ermittlung der Bodenschichtung und -struktur benutzt. Im parametrischen Modus war eine gute Auflösung der Sedimentschichten gegeben, so daß Sedimentationsbecken gut von vermutlich rauhen Gründen unterschieden werden konnten, die aus tieferen Schichten auftauchten und die Sedimentlagen schnitten. Es zeigte sich, daß unsere Deutung der Signale wohl richtig war, da die Probennahmen in den Sedimentsbecken störungsfrei verliefen und die Kastengreifer entsprechendes Sediment förderten. Sehr nachteilig war allerdings die Tatsache, daß niemand an Bord die Bedeutung der empfangenen und auf dem Schirm dargestellten Signale authentisch entschlüsseln und interpretieren konnte.

### *Erste Ergebnisse*

Die Tiefsee-Makrofauna zeigte in allen untersuchten Gebieten ab 700 m Tiefe eine bemerkenswerte Arten- und Individuenarmut. Die Kastengreiferproben enthielten keine lebenden größeren Organismen. Ein ähnliches Ergebnis erbrachten die Trawlfänge. Die Diversität war in diesen jedoch verhältnismäßig hoch, da alle Arten nur in geringen Individuenzahlen auftraten. Die häufigsten Taxa waren Fische und Crustacea Decapoda; andere Gruppen wurden nur in Einzelstücken gefangen. Allerdings bedürfen die gesiebten Feinfraktionen beider Geräte noch der Auswertung. Nach den vorläufigen Erkenntnissen traten in der Tiefsee keine Rotmeer-Immigranten auf. Alle zuzuordnenden Arten, zumindest der Crustacea Decapoda, sind atlantischen Ursprungs. Dies gilt auch für die reichere 300 m-Station vor Israel, während die sehr reiche 100 m-Station einen Immigranten (*Ixa monodi*) erbrachte. Aus dieser Tiefe waren Rotmeer-Immigranten bislang nur selten gemeldet. Auch die Endofauna war auf dieser Station häufig. Nach den vorläufigen Ergebnissen scheint die Grenze der armen Tiefenfauna zur arten- und individuenreichen Flachwasserfauna zwischen 300 m und 700 m Tiefe zu liegen.

Wegen der erhöhten Tiefentemperaturen und der damit verbundenen schnelleren Zersetzung von der Oberfläche absinkenden organischen Materials war eine geringe Populationsdichte zu

erwarten. Überraschend ist jedoch, daß diese offenbar niedriger liegt als im Roten Meer, das deutlich höhere Temperaturen in der Tiefsee aufweist.

### 5.1.8 Schadstoffe (R. Schneider, J.-P. Villeneuve)

#### *Fragestellung*

Vorkommen chlorierter und Petroleum-Kohlenwasserstoffe im östlichen Mittelmeer.

#### *Material und Methode*

Befunde über die Verbreitung von Schadstoffen im offenen Mittelmeer fehlen weitestgehend. Der Fahrtabschnitt sollte insbesondere genutzt werden, um Wasser, Sediment und Organismen aus dem östlichen Mittelmeer auf Organochlor-Pestizide und polychlorierte Biphenyle (PCBs) zu untersuchen. Die Arbeiten erfolgten im Rahmen der Koordination von nationalen Forschungs- und Monitoringprojekten der Unterzeichnerstaaten der Barcelona-Konvention (Co-ordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme, MEDPOL) im ILMR. Auf der Anreise in das Untersuchungsgebiet sollten Vergleichsproben aus dem Atlantik und dem westlichen Mittelmeer genommen werden.

Ferner sollten visuelle Beobachtungen über die Verbreitung treibender Ölfilme, quantitative Bestimmungen an der Oberfläche treibender partikulärer Mineralölrückstände (Teerbälle) und Probennahmen von Oberflächenwasser aus 1 m Tiefe zur Analyse auf gelöste bzw. dispergierte Erdölkohlenwasserstoffe erfolgen.

Leider verursachten die Garantiarbeiten am Schiff, die Ausschiffung der Servicetechniker in Dover und die schwere See beträchtliche Zeitverluste, so daß - abgesehen von der Geräte-Teststation in der Biskaya - während der Anreise kein Geräteeinsatz möglich war. Im eigentlichen Untersuchungsgebiet mußte eine Station wegen zu schwerer See abgebrochen werden, auf anderen fehlte gelegentlich die Zeit, um neben den Arbeiten im Rahmen der beiden DFG-geförderten Hauptprojekte (Planktonökologie sowie Biogeographie benthischer Organismen) zusätzlich Probennahmen für die Nebenprojekte durchzuführen.

Tabelle 13 gibt eine Aufstellung der beprobten Stationen. Die Probengewinnung für die einzelnen Parameter war wie folgt:

1 Analyse auf chlorierte Kohlenwasserstoffe aus  
 - Wasserproben: Je 3 Einzelproben 60 l wurden mittels eines BODMAN-Schöpfers genommen und über eine flexible Rohrverbindung kontaminationsfrei in ein Edelstahl-Druckgefäß (150 l) geleitet. Nach vollständiger Füllung des Druckgefäßes wurde die darin enthaltene Meerwasserprobe vollständig mittels Stickstoff (5,0) über einen vorextrahierten Glasfaserfilter (0,35 Mikrometer) und eine XAD-2-Säule gepreßt. Filter und Säule (partikuläre bzw. gelöste Fraktion der Chlorkohlenwasserstoffe) wurden, luftdicht in Aluminiumfolie verpackt, tiefgefroren.

Tab. 13: Stationsliste

Station /87	Datum Januar '87	Koordinaten Nord Ost		Wasser (für organo-chlorine Analysen)	Sediment	Organism.	Wasser (PHC*)
001	13.	34°27	26°15	200 m			ja
003	14.	34°28	26°28	100 m			ja
009	15.	34°25	26°04	10 m			ja
013	16.	34°25	26°04		4200 m		ja
014	16.	34°31	26°03		3200 m		ja
015	16.	34°40	26°01		2000 m		ja
016	16.	34°48	25°58		1200 m		ja
024	18.	34°18	25°52			Euphausiacea Mysidacea Copepoda Mixed Zoopl. Myctophida (Neuston**)	
037	21.	34°23	26°00			Euphausiacea Myctophida (Neuston**)	
039	22.	34°30	29°00	10 m ****			****
042	23.	34°08	31°53	10 m	2500 m		ja
047	25.	32°14	34°17		1200 m		
048	25.	32°20	34°26	10 m			
050	26.	32°01	34°34			Parapenaeus (BMT***, 100 m) Sternaspis (BMT***, 300 m)	
051	26.						
052	27.	32°36	33°42	10 m			
055	27.	32°25	34°30				ja
056	27.	32°19	34°31			Abra alba (BMT***, 600 m)	

PHC\* = für Analyse aufgelöste/dispergierte Petroleum-Kohlenwasserstoffe

Neuston\*\* = aus Ringtrawl

BMT\*\*\* = Baumkurre

\*\*\*\* Station 039/87 mußte nach dem Sammeln von 60 l Wasser wegen Seegangs abgebrochen werden.

- Sedimentproben: War die Oberfläche der im Kastengreifer der Benthosgruppe gesammelten Sedimente nach dem Augenschein ungestört, wurden je zwei Proben von ca. 200 ml der obersten Schicht (ca. 1 cm) abgenommen und tiefgefroren. Eine der Proben wird an Land auf Chlorkohlenwasserstoffe analysiert werden. Das Duplikat wird anderen Arbeitsgruppen des ILMR zur Analyse auf Radionuklide bzw. Methylquecksilber zur Verfügung gestellt.

- Organismenproben: Um genügend Material einer Tierart bzw. -gattung für die Analyse auf chlorierte Kohlenwasserstoffe zu sammeln, wurde parallel zum Mocnessnetz ein Ringtrawl, BO (1 m Öffnung, 330 µm Netz, 330 µm bzw. 1 mm im Becher) eingesetzt. Aus Sicherheitsgründen konnte das Netz nur an der Oberfläche geschleppt werden. Zusätzlich wurden die Fänge der Baumkurre der Benthosgruppe regelmäßig gesichtet und überschüssiges Material gesammelt.

Alle Proben für die Analyse auf Chlorkohlenwasserstoffe wurden tiefgefroren nach Monaco überführt.

## 2 Analyse auf Petroleum-Kohlenwasserstoffe aus Wasserproben:

Zur Probennahme wurde ein Schöpfer gemäß IOC Manuals and Guides No. 13, "Manual for Monitoring Oil and Dissolved/Dispersed Petroleum Hydrocarbons in Marine Waters and on Beaches", mit einer Flasche von einer Gallone Volumen eingesetzt (Arbeitsbezeichnung in der Gesamtstationsliste "OEL/S"). Dazu wurde das Schiff jeweils bei langsamer Fahrt mit dem Bug gegen die Wellen gedreht, und der Schöpfer wurde von Hand aus vor den Bug bis zur vollständigen Füllung der Flasche in das Wasser gehängt. Anschließend wurden jeweils 85 ml der Meerwasserprobe dekantiert und der verbleibende Rest von 3,7 l dreimal mit 50 ml n-Hexan extrahiert, so daß pro Probe eine Extrakt von 150 ml gesammelt wurde. Die Extrakte durften aus Gründen der Sicherheit nicht im Flugzeug transportiert werden und wurden deshalb im wissenschaftlichen Gefrierraum eingelagert. Sie sollen später von Hamburg oder Kiel aus zur Analyse nach Monaco überführt werden.

### *Erste Ergebnisse*

Treibende Ölfilme wurden in der Elbe, in der Straße von Gibraltar und in den Häfen von Heraklion und Port Said ausgemacht. Im übrigen waren die eventuell vorhandenen Erdölkohlenwasserstoffe, soweit nicht gelöst, vermutlich durch die vorherrschend sehr rauhe See in der Wassersäule dispergiert. Zwar wurden im Neustonnetz in der Mehrzahl der Fänge Teerbälle beobachtet; auf ihre quantitative Bestimmung wurde jedoch verzichtet, da der Neustonschlitten im Seegang teils oberhalb, teils unterhalb der Oberfläche fischte, so daß eine Volumenberechnung des filtrierten Wassers nicht möglich war.

Ergebnisse zur Schadstoffanalyse liegen noch nicht vor, da diese an Land erfolgen muß.

## 5.2 **Zweiter Fahrtabschnitt**

Research plans for the study of the Red Sea originated from scientists in several institutions and working groups and were coordinated into two legs to be conducted during the winter season (February and March, leg 2) and during the summer season (July and August, leg 5). The unexpected restrictions for research activities in the Exclusive Economic Zones of some countries forced us to deviate from our original plans. The most serious programme reductions concerned the physical oceanography. Without the possibilities to measure water properties in Egyptian and Saudi-Arabian waters, these investigations had to be abandoned and two physical oceanographers did not take part in leg 2. In the Red Sea all other projects focussed on Sudanese areas and for comparison on the Gulf of Aden. However, the programme was supplemented by deep coring and by some specific measurements and samplings in the Atlantis-II-Deep, previously not planned for this cruise leg.

The following chapters give short accounts of the work conducted and first results obtained during leg 2. It should be kept in mind that data evaluation will occur in close collaboration between cruise leg participants and other scientists.

### 5.2.1 **Benthic and Planktonic Bacteria (K. Lochte)**

The microbiological/ecological investigations during the cruise ROTMEX '87 were designed as comparative studies between the cold deep-sea microbial populations in the North Atlantic, which are regularly investigated by the BIOTRANS research programme, and those of the warm deep Red Sea. The main aims were:

- to establish bacterial abundances in the sediment and the nepheloid layer of the water column (defined as the bottom water mass up to 500 m above sea bottom),
- to determine bacterial activities under various incubation conditions,
- to compare the measurements taken in the deep Red Sea to those carried out in the Gulf of Aden, at comparable water depth but at much lower in situ temperatures, which are approaching those of other cold deep-sea regions, e.g., the BIOTRANS area in the central North Atlantic Ocean.

#### *Sampling scheme*

On a north-south transect through the Sudanese part of the Red Sea 4 stations and 2 stations in the Gulf of Aden were sampled intensively for studies of microbial activities (Red Sea stations: 114, 138, 164, 201; stations in the Gulf of Aden: 251, 256 (chapter 7.2.1)). Further six stations were sampled for the enumeration of bacterial distribution pattern (station numbers: 69, 83, 93, 132, 184, 266; Station List).

Water samples were taken with a rosette water sampler at standard depths above the sea bottom: 5 to 8 m, 50 m, 100 m, 200 m, 300 m, 400 m and 500 m. Samples of sediment and sediment contact water were obtained with the multiple corer, which enables the retrieval of undistributed sediment surface layers. The sediment cores were subsampled at standard depth layers: Surface layer, 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm and 8-10 cm.

### *Bacterial abundances*

Bacterial numbers and biomasses are determined by epifluorescence microscopy at all stations at the standard depths in the water column and in the sediment layers. These measurements provide us with an estimation of the standing stock of bacteria in the deep Red Sea and the Gulf of Aden in comparison to other deep-sea regions. They will also serve as a basic parameter for the activity measurements.

### *Bacterial activity measurements*

Incubation experiments were carried out using the sediment contact water and the soft sediment surface layer (thickness approximately 0.5 cm). These samples were incubated with tritium labelled leucin or glucose at tracer concentrations of 0.7 nmol/l and 6.7 nmol/l, respectively. The uptake of these substrates was followed during time course experiments under different temperature and pressure conditions. These studies were designed to enable estimation of turnover rates of these substrates and relative bacterial activities and compare them for different sites of sampling. Furthermore the influence of temperature and pressure can be assessed.

Briefly, two examples of heterotrophic uptake of leucin in samples from the Red Sea and the Gulf of Aden are given in Fig. 15 and 16. Since in the deep Red Sea a temperature of 21.5°C is found in comparison to 8°C at the station in the Gulf of Aden, correspondingly different incubation temperatures had to be chosen for two sets of experiments. At the in situ incubation conditions under pressure the uptake rates were slower in comparison to those under 1 atm pressure, indicating the existence of generally barotolerant but not barophilic populations. The curves obtained at atmospheric pressure showed substrate uptake only for about 12 h at low temperatures (Fig. 16) (and for 6 h at higher temperatures (Fig. 15)). The subsequent drop in radioactive label within the cells indicates that the substrate is not incorporated into bacterial biomass but rather respired at a very fast rate.

The above observations were obtained from sediment contact waters, which could be processed on board. Substrate uptake in sediment surface samples, which were incubated parallel to the water samples are to be determined in the laboratory by sample oxidation. Furthermore, substrate respiration will be determined by sample evaporation and the percentage of cells actively involved in the utilisation of the offered tritium labelled substrates will be determined by microautoradiography.

### *Bacteria in hot brines*

The hot brines, which can be found in some locally restricted deep parts of the Red Sea, offer a very special and potentially hostile environment (chapter 5.2.2, 5.2.3). Previous investigations have given some indication that bacteria occur at the pycnocline separating the hot brines from the overlying deep Red Sea water. The hot brines themselves, however, seem to contain little or no bacterial cells (KARBE, pers. Com.). Samples for the enumeration of bacteria were taken at several sites of hot brines (station numbers: 106, 111, 122, 132, 187; chapter 7.2.1).

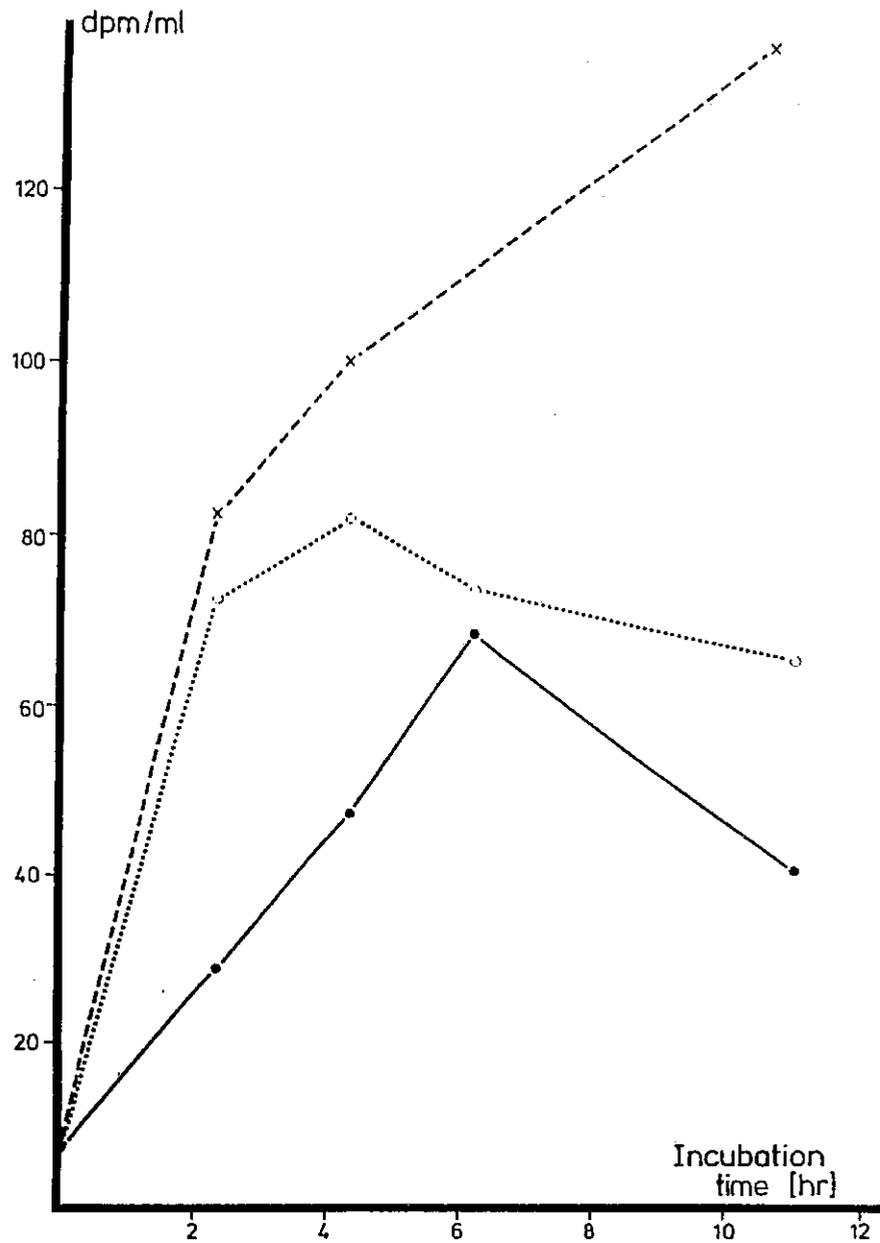
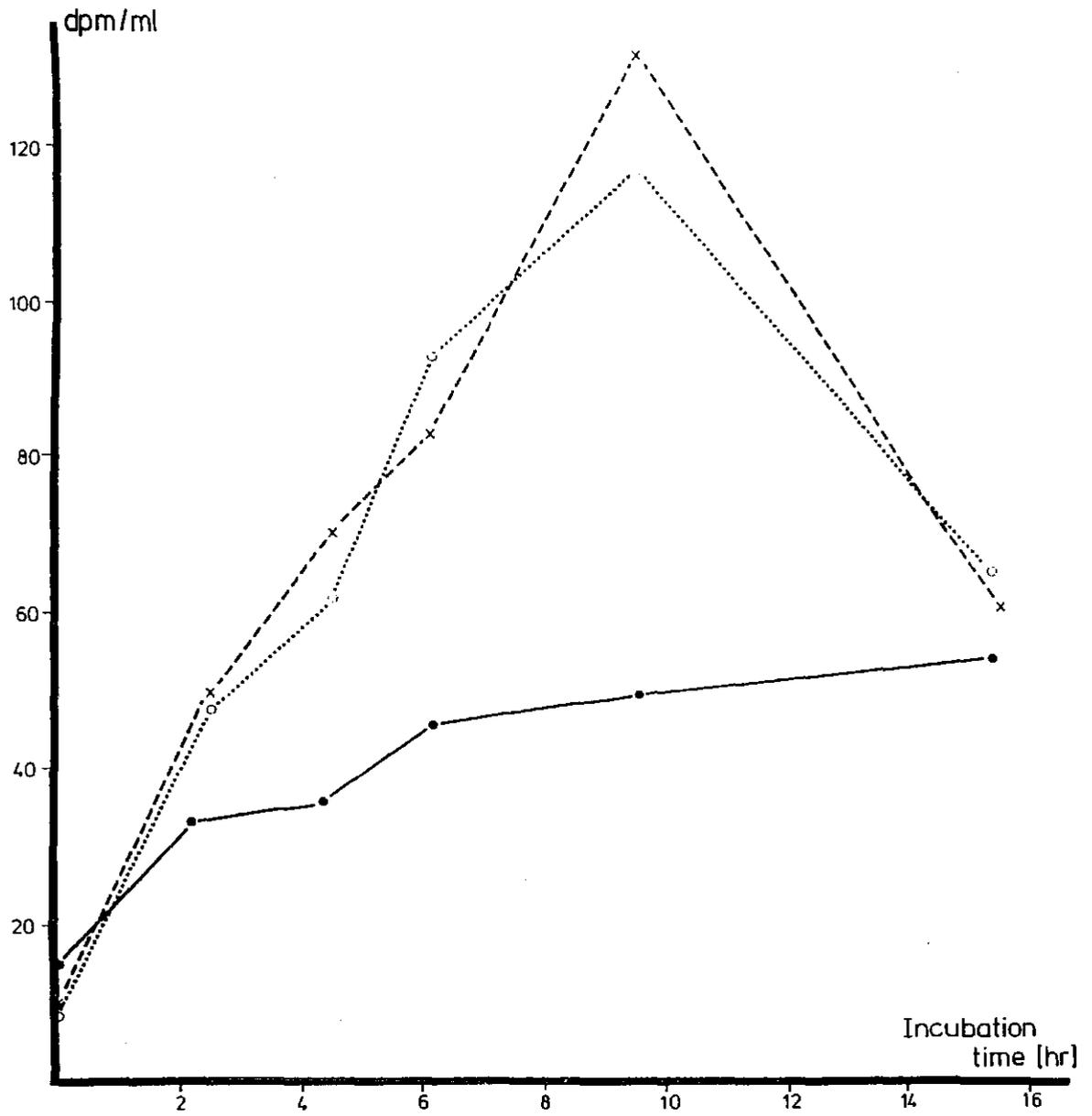


Fig. 15: Heterotrophic uptake of  $^3\text{H}$ -leucin in sediment contact water taken at station 201 in the Red Sea (south transect) at a water depth of 1602 m. Samples were incubated at in situ temperature and pressure of 21.5°C, 160 atm in ●—●, furthermore at 21.5°C, 1 atm ○--○ and 2°C, 1 atm x---x.



**Fig. 16:** Heterotrophic uptake of  $^3\text{H}$ -leucin in sediment contact water taken at station 251 in the Gulf of Aden at a water depth of 1311 m. Samples were incubated at in situ temperature and pressure of  $8^\circ\text{C}$ , 130 atm in ●—●, 1 atm ○---○ and  $2^\circ\text{C}$ , 1 atm x---x.

A small experiment showed no uptake of radiolabelled substrates within hot brine water at the in situ temperatures even after long incubation periods, while uptake can be demonstrated in the water overlying the brines (Fig. 17). Nutrient enrichment of hot brine samples did not result in an increase of bacterial numbers. These observations indicate that there is no heterotrophic bacterial activity in the brines. However, to totally exclude the existence of the active bacteria within hot brines further studies are required, especially in view of the specialised metabolic types of organisms which may be found in such a particular environment (chapter 5.2.2).

### 5.2.2 Isolation of Bacteria from Hot Brines of the Atlantis-II-Deep (G. Fiala)

In the N-, E-, S- and SW-basin of the Atlantis-II-Deep water samples (2-5 l) were taken from the upper and lower brines, the interfaces between both brines and between the upper brine and the ambient seawater. Resazurin was added as redox indicator and dissolved oxygen in the samples was reduced immediately by addition of Na-dithionite. The deep waters were cooled down to 4°C and filtered; the filters were put into 100 ml serum bottles, which were filled with an aliquote of filtrate and stoppered. Oxygen in the atmosphere was removed by flushing the bottles with nitrogen and by the addition of Na-sulfide. The concentrated (about 100 fold) water samples were used as inoculum for enrichment experiments.

Sediment samples were taken from the N-, E- and SW-basin of the Atlantis-II-Deep by multicorer and box grab. Unfortunately, both sank deep into the very soft brine sediment, so that no surface material could be obtained. Sediment samples were transferred into 100 ml Sovirel bottles, which were filled up with filtered brine water and stoppered. Oxygen was removed as described above. Furthermore, both water and sediment samples were taken from the Suakin Deep and the Gulf of Aden.

Studies of growth conditions were carried out using the filtered deep water as mineral base for media. After pH and salinity determination it was supplemented with yeast extract, peptone, casamino acid, acetate, glucose or methanol. In some cases elemental sulfur was added. Pure N<sub>2</sub>, or mixtures of N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> (80:20) and H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (80:20) were used as gas phases. The media were sterilized, inoculated and incubated at 26, 30, 45, 60, or 85°C with or without shading. From water samples of the interface between the upper brine and the ambient seawater of both the S- and SW-basins of the Atlantis-II-Deep (depth 2000 m), rod-shaped, mobile microorganisms could be isolated, enriched and successfully transferred into synthetic medium. The bacteria grew at 45°C and at 7% NaCl or more. Only very weak growth could be obtained at 30°C and no growth occurred at 60°C. Therefore, the organism is not able to grow either in "normal" Red Sea water, which shows a temperature of 21.5°C, or in the lower brines exhibiting temperatures around 64°C. However, this species seems to live in a depth of about 2000 m within a quite narrow range of about 30 m comprising the upper brine and interface.

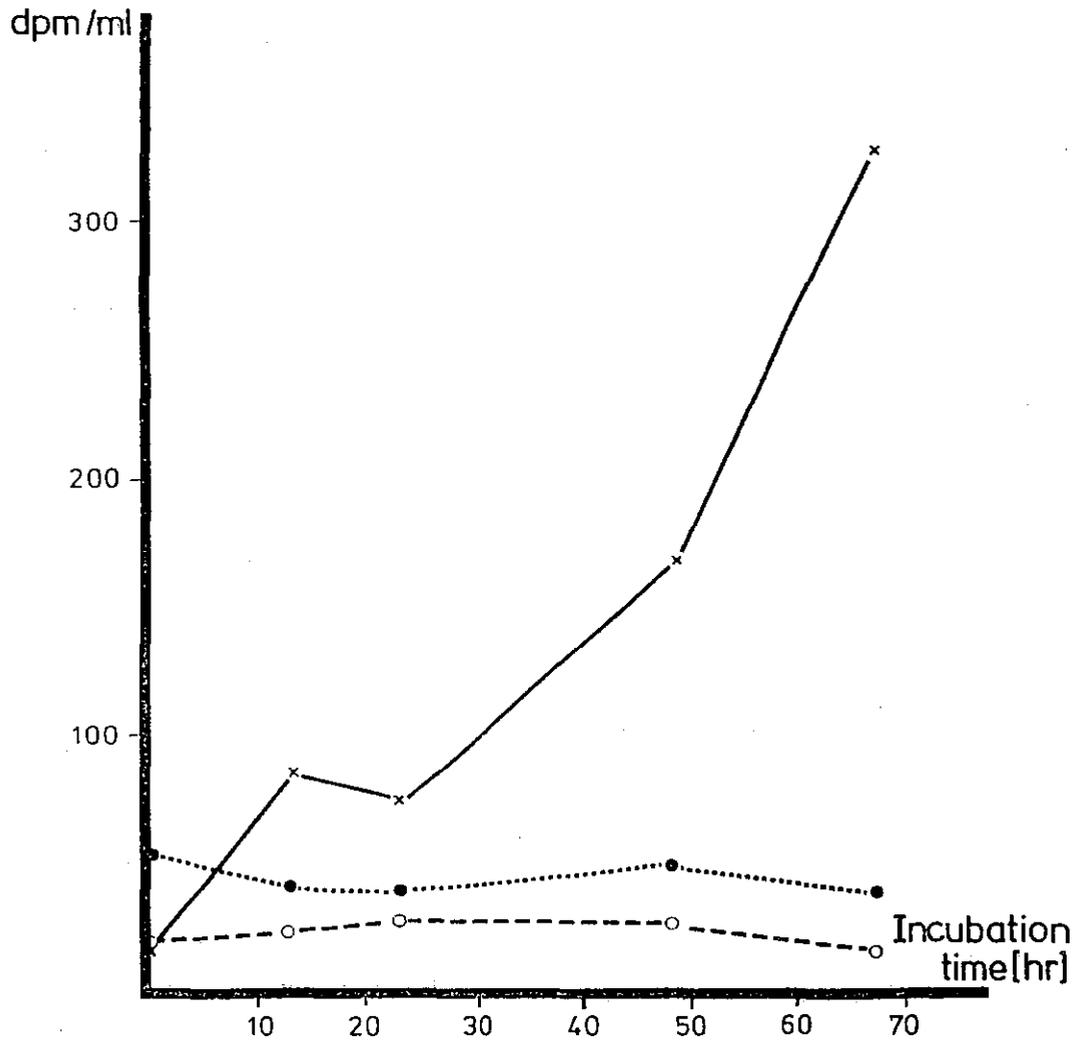


Fig. 17: Heterotrophic uptake of  $^3\text{H}$ -leucin in hot brine samples from Atlantis-II-Deep at approximate in situ temperatures and 1 atm pressure.

- ×——× deep-sea water sample from 1500 m depth incubated at 21.5°C,
- sample from the high turbidity zone at the pycnocline between deep hot brine and upper brine layer in 2047 m depth incubated at 60°C,
- - -○ hot brine sample from 2066 m depth incubated at 60°C.

From water and sediment samples taken from the Suakin Deep in a depth of 2800 m, the deepest place in the Red Sea, short, rod-shaped, mobile microorganisms could be enriched at 26°C. The temperature of the deep water was 23.6°C and salinity was found to be 15.6% NaCl. The enrichment cultures could be successfully transferred into synthetic high salt medium.

Data evaluation will be carried out in collaboration with Prof. Dr. K.O. Stetter, Regensburg.

### 5.2.3 Hot Brine Structure and Bacteria (M. Petzold)

#### *Vertical density structure of the hot brines*

After the discovery of the Atlantis-II-Deep in 1964 with a temperature of 56°C, the temperature increased to 63°C in 1984 and it was of interest to study the vertical density structure of the brines again. Such changes with respect to temperature and the thickness of the brine can be used as an indication of recent hydrothermal activities. As a first result of our measurements it can be noted that in the Southwest region a maximum temperature of more than 64.5°C was measured with a slight decrease towards the seabed. This means an increase in temperature within the lower brine layer of more than 1.4°C compared to the last record in 1984. Such a significant change could not be observed in the Suakin Deep. The temperature in the western basin decreased from 23.9°C to 23.6°C compared to measurements in 1972.

In order to precisely determine the salinity and to analyse different salt components, 20 samples from different horizons of the brines were taken at 5 stations at different depths in the Atlantis-II-Deep. In the Suakin Deep, samples were taken at one station at two different depths. Due to the high brine salinities these will be determined by gravimetric, pyknometric and chemical methods.

#### *Colonisation of the brine horizons and of adjacent layers by microorganisms*

Earlier studies of KARBE (pers. Com.) had demonstrated the existence of bacteria in the discontinuity layer between the deep water of the Red Sea and the upper brine layer, and in this layer itself. For additional investigations on the distribution and quantity of bacteria, 20 samples of 200 ml each were preserved in brown glass bottles, with sterile filtered formalin. These samples will be examined by the microscopic epifluorescence technique.

Samples analyses and data evaluation will be carried out in collaboration with Dr. L. Karbe, Hamburg.

### 5.2.4 Macro- and Meiofauna, Chemical Properties of Sedimentary Particulate Organic Compounds, Measurement of ETS-activities (O. Pfannkuche, H. Thiel)

Two bottom samplers were employed to sample macro- and meiofauna and to retrieve sediments for chemical analyses and activity measurements:

- Box grab (KG: Kastengreifer), sample area 2500 cm<sup>2</sup>, 47 samples;

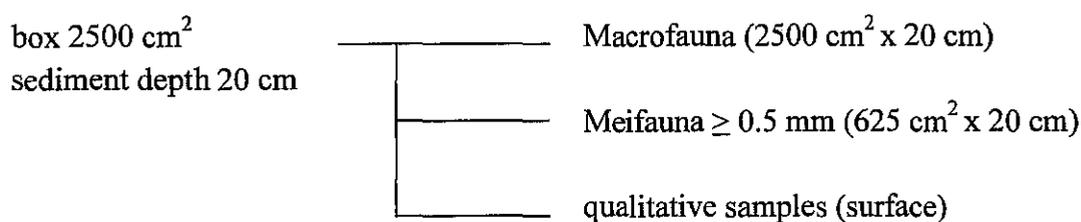
- multiple corer (MC), sample area 12 x 26 cm<sup>2</sup>, 49 samples.

For the studies referred to in this chapter a series of 1 MC and 3 KG were taken at each sampling site, preferably in close proximity of the deployed free vehicle grab respirometer (chapter 5.2.5).

### *Macrofauna*

Box grab samples were exclusively used for macrofauna surveys (organisms retained on a 1 mm mesh). Larger meiofauna organisms ( $\geq 0.5 - 1$  mm) were also extracted from the box grab samples. The contents of a box to a sediment depth of 20 cm was sieved through 1 mm and 2 mm gauzes. One quarter of the box was additionally sieved through a 0.5 mm mesh. This fraction comprises predominantly of larger meiofauna organisms (holo-eiofauna) and juvenile macrofauna (temporal meiofauna). The sieve residues were preserved with 4% formalin.

Split scheme of a box grab sample:



### *Meiofauna, chemical sediment properties, ETS-activities*

Samples for these parameters were taken from randomly selected cored of a batch of MC-cores.

Meiofauna subsamples were sampled down to 5 cm depth with small piston cores taking a sediment surface of 3.5 cm<sup>2</sup>. The sediment column was cut into one-centimetre layers which were preserved in 4% formaldehyd.

Samples for chemical analyses and activity measurements were also taken with piston cores down to 5 cm depth. They were also split into one-centimetre layers. The following parameters were analysed in the ship's laboratory:

- ETSA (electron transport system activity) to measure the potential respiration rate of bacteria, nano- and meiofauna;
- particulate adenylates (ATP/ADP/AMP): Biomass;
- particulate proteins: Biomass;
- patriculate carbohydrates: Biomass;
- Chlorophyll-a and pheopigments as an estimate of the sedimentation of primary organic matter.

Spilt scheme of a batch of MC-cores:

Several cores of 26 cm<sup>2</sup>

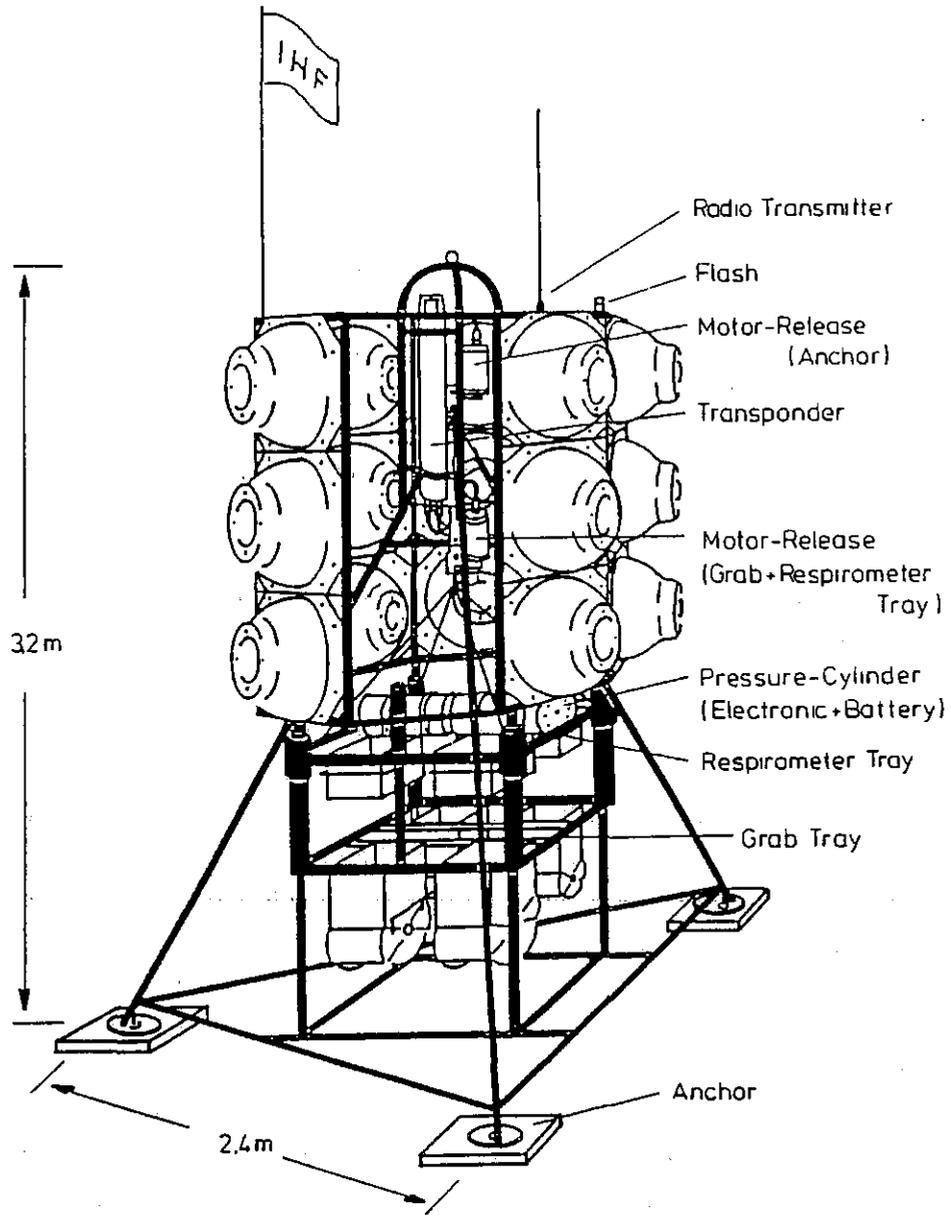
3	3.5 cm <sup>2</sup> Meiofauna
3	1 cm <sup>2</sup> Adenylates
3	1 cm <sup>2</sup> Chloropl. Pigments
5	1 cm <sup>2</sup> particulate proteins
3	1 cm <sup>2</sup> part. Carbohydrates
3	3.5 cm <sup>2</sup> ETSA

### 5.2.5 In situ Sediment Community Oxygen Consumption (O. Pfannkuche, V. Nuppenau)

Sediment community oxygen consumption (SCOC) was measured in situ using a free fall grab respirometer (FFGR).

The FFGR designed at the Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Universität Hamburg, was successfully deployed for the first time at 4600 m depth in the NE Atlantic during METEOR cruise No. 3 (1986). The FFGR (Fig. 18) consists of a tripodial frame (3.2 m height x 2.4 m width) which supports the acoustic control, the grab-respirometer apparatus, the flotation package and the descent weights attached below the FFGR's pods. Central to the tripodial frame are a grab- and respirometer-tray. The grab-tray carries 4 "EKMAN"-type stainless steel grabs with springloaded jaws. The grabs can penetrate 15 cm into the sediment and enclose a surface of 500 cm<sup>2</sup> each. The respirometer-tray supports 4 lids to seal the tops of the grabs after sediment penetration. Each lid houses an oxygen electrode (CLARK-type), a motordriven stirrer and a pair of springloaded injection/subsampling syringes. The respirometer-tray also carries two pressure cylinders, the first housing the battery package and the second enclosing the associated electronics of the oxygen sensing system and two recorders for continuous registration of the oxygen tension. Electronics for the release of the injection/subsampling system and the grab jaws are also incorporated. Both, grab jaws and syringes, are released by electrolytical oxidation of wires which keep the springs under tension.

Once the FFGR is settled on the seafloor the grab- and respirometer-tray are released by an acoustic command. Two hours after the grabs are sealed by their lids the oxygen tension of the water within the grabs overlying the enclosed sediments is continuously registered by the oxygen sensing system. This is started by a present electronic timing device which also controls the release of the grab jaws and injection/subsampling syringes. Incubation time



9.86 Nu

**Fig. 18:** Freefall grap respirometer

lasted between 30 and 48 hours after which the oxygen sensing system is inactivated and the grab jaws are closed. The final event is the acoustic command to release the anchor weights. The FFGR is then carried by a positive buoyancy of 360 kp to the surface.

Both, anchor weights and the grab-/respirometer-tray, are triggered by a modified "OCEANO RT 161 BS" recoverable transponder consisting of a separate transducer connected by cables to two motor releases. The first motor release being activated by the standard release code controls the anchor weights while the spare code is used for the motor release controlling the grab-/respirometer-tray.

SCOC was measured at 7 locations in the Sudanese part of the Red Sea. The measurements were restricted to the central trough. Water depth ranged from 1397 m to 1723 m. An additional near shore measurement was made 10 miles off Port Sudan at 734 m water depth. Three successful deployments of the FFGR were made in the Gulf of Aden at water depths between 1820 m and 2201 m. The following SCOC rates were measured:

- Red Sea: 1.4 to 2.8 ml O<sub>2</sub> x h<sup>-1</sup> x m<sup>2</sup>
- Gulf of Aden: 0.66 to 1.0 ml O<sub>2</sub> x h<sup>-1</sup> x m<sup>2</sup>

SCOC showed neither a correlation to water depth not to latitude along the Sudanese sector. Differences between the Red Sea with a constant bottom temperature of 21.5°C and the locations in the Gulf of Aden with temperatures from 3° to 7°C can be mainly referred to the temperature regimes. However, the situation is complicated by the extremely low oxygen content of the near bottom water at the Gulf of Aden stations ranging from only 0.5 to 2.24 ml x l<sup>-1</sup> and a higher phytoplankton production by seasonal upwelling activities. Both factors are known to influence the rate of SCOC. In the Red Sea it was found to be relatively high considering the low primary production and the low benthic standing stock when compared to other bathyal regions of the world (SMITH and HINGA, 1983). This was already previously demonstrated by our shipboard measurements of SCOC during the campaign VALDIVIA-29 (THIEL et al., 1987) and now confirmed with the more reliable in situ measurements.

### 5.2.6 Deep-sea Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) (G. Schriever)

Samples for the investigation of the distribution and ecology of deep-sea harpacticoids were taken with the multiple corer at ten stations in the Red Sea and at four stations in the Gulf of Aden (Station numbers 69, 73, 83, 102, 114, 133, 138, 164, 184, 201 in the Red Sea, 251, 256, 261, 266 in the Gulf of Aden).

At all stations a total of 133 subsamples were collected. Additionally, from several box grabs the water above the sediment was sieved through a 63 µm mesh sieve to collect harpacticoids for further taxonomic determinations. At each station, from two or three cores the water above the sediment was sucked off carefully and sieved as well as the upper 5 cm of the sediment. From the remaining sediments the harpacticoids were sorted out under a Wild M 8

stereomicroscope immediately after collection. In the Red Sea it was obvious that there were no or only very few species living in deeper than 800 m water depth. A much higher abundance of harpacticoids was found in samples from 360 m and 800 m water depth. In this depth range a high species diversity and low abundance was found which is known for harpacticoids from other deep-sea areas as well.

For the first time deep-sea harpacticoids could be observed alive under the stereomicroscope. This could be achieved because of the warm water temperature from the bottom to the surface of the Red Sea. After sorting out the animals from the sediment, they were transferred to small petri dishes filled with seawater and some foraminiferans were added. The harpacticoids immediately began swimming and crawling around for up to 90 seconds. Afterwards they settled on the bottom for several minutes to recover. During this time they looked like dead and did not even show any reaction to touch with a fine needle. When they had recovered they started to move and swim again. After touching a foraminifer, it stopped swimming immediately, settled on it and started to investigate the surface with its mouth parts obviously searching for food. These observations on living deep-sea harpacticoids could be performed for at least 5 days with the same animals. After that time the animals died although the water was changed, perhaps due to the lack of adequate food.

Whereas harpacticoids survived the transport from the sea bed to the surface in the Red Sea, the recovery of live material failed in the Gulf of Aden as it did in the North Atlantic ocean. Temperature seems to be the main limiting factor to obtain crustaceans and observations on deep-sea animals with thermally unprotected equipment are only possible in the Red Sea or in Arctic and Antarctic waters.

### 5.2.7 Macro- and Megafauna (M. Türkay)

Investigations on the deep-sea fauna of the Red Sea have been performed at earlier occasions during the MESEDA cruises with RV SONNE (1977) and RV VALDIVAIA (1979/1981). These studies were mainly restricted to a limited area around the Atlantis-II-Deep and special emphasis was put on the greatest depths. The present cruise was meant to supplement this information in two ways. One of the main questions was to study the distribution of deep-sea species within the Red Sea with reference to oceanic influx at the Straits of Bab el Mandeb. Unfortunately, this aim could not be achieved, because working permits were not granted in the respective Exclusive Economic Zones. Therefore, main emphasis was put on the second important question, which was the comparison of the deep Red Sea fauna with the fauna of the Gulf of Aden, thus allowing for a more precise description of the isolation of the deep Red Sea benthic fauna from that of adjacent oceanic waters.

#### *Equipment and sampling*

Three types of gear were mainly used for our investigations: A box corer (USNEL spade corer 0.25 m<sup>2</sup>), a beam trawl with a two meter frame and a net of 1 cm minimum mesh size in the cod end, and a hard bottom dredge in which the net of 1 cm mesh size was protected by a

chain-sack. Originally, it was intended to use the box corer and the beam trawl at every station. However, the number of different working groups and their requirements made some restrictive measurements necessary. Under these circumstances we decided to use mainly the beam trawl as it gives a good coverage of the epi- and shallow burrowing endofauna. The box corer stations were combined with those described in chapter 5.2.4, thus, providing faunistic information at the locations of biomass and respiration investigations. The hard bottom dredge was the stand by gear for rougher bottoms near reefs.

Loss and damage of gear was minimized through Hydrosweep and Parasound sea bed profiles performed before deployment of towed equipment. This was of particular importance for trawling, in which the gear is dragged for about 1 nautical mile at the sea bottom and is subject to frequent damage, as was experienced in the former cruises. During the present cruise the gear was not deployed unless a suitable smooth bottom profile of an appropriate dredging distance was found. As this echosound search could be carried out at a speed of 6 - 8 knots (depending on weather conditions and air catchment under the ship's hull), it did not take much time. Generally, about 1-1.5 hours were enough to find a good trawling ground and this avoided repeated trawling and thus became most time effective.

The trawl was deployed using a weight of 500 kg, which was attached to the wire 200 m in front of the gear. This weight saved a lot of time, as the bottom was reached at a rope-length being only 1.8 times the depth. Without the weight the factor would amount to 2.5-3.0 the depth, resulting in 28-40% less trawling time. The rather steep towing angle of the wire also allows safer recovery of the trawl once it gets caught in the rocks.

Seven transects from the north to the south were planned in Sudanese waters, with always one in-shore shallow, one off-shore shallow and one off-shore deep station. As we have already much more information on the deepest parts through the MESEDA cruises, emphasis was put on medium trawling depths and we tried to sample stations as shallow as possible. It was intended to investigate the zonation of the fauna and to answer the question how far up the deep-sea fauna populates the slope. The latter could have been easily studied if we had a good choice of places along all of the Red Sea coasts. Along the Sudanese coast, however, the slope is generally very steep and drops abruptly from the fringing reefs to about 500-700 m. Working in the shallower parts of the slope would have brought the ship dangerously close to the reefs, so that in most cases we had to remain at depths beyond 500 m. Only on the southernmost transect there has been a change to work at about 400 m.

The beam trawl was used on 24 stations along the above mentioned 7 transects. In the very first of the deployments the gear got caught and was lost completely. In another occasion (Station 154 off Port Sudan) the gear got stuck shortly after lowering, the weak link broke and the security rope saved the trawl. The net was heavily damaged. On all other stations no major incidents occurred. The beam trawl was very effective and thus can be considered an appropriate gear also under deep-sea conditions.

The hard bottom dredge was used on two occasions, when it was not possible to find a smooth bottom profile for trawling. It also worked appropriately but, of course, was not as effective as the beam trawl.

The box corer was employed on 11 stations within the central graben to collect infaunal animals for taxonomical analyses parallel to the quantitative samples used for biomass determinations (see chapter 5.2.4). On two occasions additional shallower samples were taken to allow for a comparison. The material was sieved to a sediment depth of 20 cm through 0.63 mm mesh size (1/4 subsample, quantitative) and through 1 mm mesh size (3/4 sample, quantitative).

#### *Preliminary results, Sudanese waters*

Our first results indicate that the deep Red Sea fauna along the Sudanese coast is rather uniform. There are two distinguishable faunistic regions:

- 1 The deepest parts in the central graben with endemic species like *Nematopagurus helleri* and *Solitariopagurus profundus* and
- 2 the deep terrace ranging from the reef slope to the central graben slope with a higher proportion of non-endemic species.

The two faunas are definitively distinct qualitatively and quantitatively. The upper limit of the deep-sea fauna could not be investigated in detail. The shallowest station of the southernmost transect (400 m) showed a species composition somewhat different from that usually found beyond 500 m. From this observation as well as from the information gathered at a station off Jeddah during MESEDA II (1979) at a depth of about 350-450 m it can be concluded that there is another faunistic break at about 350 m, the 400 m-station showing some intergrading mixture towards the deeper fauna.

The box corer did not yield large macrobenthic animals, so that the finer fractions have to be sorted before anything about abundance and species composition of smaller macrobenthos can be said. The same applies to the sieve remains of the trawl samples, which were fixed as a whole and which contain smaller benthic animals, e.g. Polychaeta and Amphipoda. As this component of the deep Red Sea fauna is taxonomically not well known, quite a number of interesting results can be expected.

#### *Bab el Mandeb and Gulf of Aden*

In the southern parts of the straits of Bab el Mandeb, the western part of which belongs to waters of the Republic Djibouti, shallower depths than that the ones in the Red Sea could be investigated. The hard bottom dredge was deployed at three occasions in depths between 214 m and 296 m. The fauna collected was very much influenced by Indian Ocean species and had no similarity with the one of the deep Red Sea. Furthermore, the bottom offered a texture very different from the deep Red Sea. The sea bed was covered with coarse sand, gravel, shells and coral debris. Living corals were also dredged.

In the Gulf of Aden, we deployed the beam trawl on 15, the hard bottom dredge on 3 stations. The depth range covered was restricted to approximately 300 to 2300 m. Shallow banks of

40-80 m depth were trawled on two occasions. Those catches provide comparative data to understand the differences between shallow and deep waters of the region, and to investigate whether there are any shallow water immigrants to the deep Red Sea.

Our preliminary results indicate that the shallow water fauna off Djibouti and Aden does not contain any species that immigrated into the deep Red Sea. Also the deep fauna is completely different as it consists of typical cold adapted oceanic deep-sea species even in the immediate vicinity of the Red Sea. Thus, the contrast between both deep-sea areas seems to be very distinct. There is, however, one very interesting fact, which will need further investigation. Our last trawl was taken in the outflow of the Red Sea water at a depth of approximately 470 m. In this catch some species were detected, e.g. *Fusinus bifrons*, that up to now were thought to be endemic in the Red Sea. From earlier investigations we know that the deep outflow of the Red Sea ranges to depths of 500 m in the Gulf of Aden and rises off the bottom at this depth. In deeper parts towards the east, this layer of Red Sea water has no bottom contact. Our results could indicate that in a very restricted area of the Gulf of Aden environments analogous to the deep Red Sea are present allowing some of the Red Sea species to occur there. Before this hypothesis can be formulated in a more definitive way the trawl sample in question has to be analysed in detail.

Besides the work on the epifauna three box corer samples were taken for endofauna taxonomy, again in close collaboration with the quantitative studies (see chapter 5.2.4).

#### *Taxonomic evaluations*

For taxonomic analyses and descriptions German and foreign specialists will be offered collaboration.

### **5.2.8 Benthopelagic Fauna (H. Thiel, M. Türkay, O. Pfannkuche)**

For the collection of benthopelagic scavengers, baited traps coupled in a chain were deployed with all details as used it in our earlier work in the Atlantic ocean. Only the Kevlar rope was replaced by a 8 mm steel wire to avoid losses by shark bites. According to the increased weight, buoyancy had to be adjusted by 6 additional float spheres. A discarded train wheel was used as a cheap bottom weight and an old tyre served as an expander. Both were left on the sea bed after acoustic release triggering. Each trap had a diameter of 0.4 m, measures 0.8 m in length and is fitted with entrance funnels of plankton gauze from both sides (Fig. 14)

A total of 9 deployments was carried out, 6 in the Red Sea and another 3 in the Gulf of Aden, time on the bottom was 22-70 hours.

Numbers of animal caught were extremely small. Experiences from previous cruises, however, had taught us that baitable fish and crustaceans live mainly on the bottom. Therefore, different types of traps were tied to the bottom parts of the respirometer. Two

traps were of the same construction as those used in the trap chain, the others had volumes of 0.5-1.5 l and were made from narrow necked plastic bottles or from fine-meshed wire-netting. The results obtained in the different regions show definite trends, although the number of deployments was small. In the Red Sea, only shrimps were caught and in such low numbers that virtually no scavengers seem to occur in water depths from 10 to 500 m above the bottom. The trap chains were resting on the sea bed in depths between 750 and 1470 m and reached up into the water column for 500 m.

The trap chain lowered in the Gulf of Aden gave similar results. The only remarkable animal has been a giant amphipod *Eurythenes gryllus* (?). This species was caught on earlier cruises in the Atlantic and Pacific deep waters and was expected also to live in the deep Indian ocean. We caught this specimen in the deepest trap, 10 m above the bottom at 2196 m. This may suggest that we got this presumably stenothermic species at its upper temperature and/or depth range.

However, in earlier years bottom traps in the Red Sea caught many shrimps and some fish, large numbers of Isopoda (cirolaniids, probably more than 1 species), some Amphipoda (lysianassids, 3 species) and Nebaliacea (1 species). We therefore mounted several small and two large traps onto the frame of the respirometer. With these we collected the same groups of organisms, with Isopoda, Amphipoda, and Nebaliacea in relatively high numbers.

The results obtained in the Gulf of Aden in the near-bottom traps are strikingly different from those of the Red Sea. The deployment in 1305 m depth brought a great surprise: Apart from a high number of small amphipods (2 species or species groups, white and red) more than 30 giant isopods of the genus *Bathynomus* were caught. Their sizes were 9-14 cm in length and 4-6 cm in width, and one specimen even clogged the entrance of one of the traps. To our knowledge, this is the first time that *Bathynomus spec.* was caught in baited traps.

A very high number of amphipods (red species/species group) was gathered in 1820 m depth in the traps mounted to the respirometer. A few larger specimens of two amphipod species were found additionally.

In the deepest respirometer deployment at 2192 m, only small red amphipods occurred in good numbers. But the trap contained also 3 damaged specimens of a bathypelagic fish species, about 8 cm in length, with their stomachs stuffed of the small red amphipods.

### 5.2.9 Drifting Algae and Associated Fauna (H. Thiel, M. Türkay)

Working in the Atlantis-II-Deep area, and later also further south, we discovered algae drifting in the surface waters. They occurred as single intensively branched specimens, or they drifted as multispecies assemblages in smaller and larger patches. To our knowledge drifting "Sargassum" should not occur in the Red Sea, and we had not seen it during our former cruises.

We caught the material from the ship by dip net and found a less diversified but otherwise typical "Sargassum fauna" associated with the algae: Several species of fish, an actinian, nudibranchs and crustaceans. Most characteristic was the fish *Histrio histrio* which is said to be cosmopolitan, but is specialized to live on floating Sargassum. Dr. Daffalla reported this as being a normal winter situation with the algae originating from coastal fixed stocks. In the Red Sea, *H. histrio* might live in shallow water algal stands and it may become pelagic together with the algae detached from littoral or reef hard bottoms along the coast.

#### 5.2.10 Foraminiferal Assemblages and Sediments (C. Hemleben)

The Red Sea is a desert-enclosed extreme biotope and exhibits planktonic foraminiferal assemblages which are poor in diversity and change drastically from South towards North. In the southern Red Sea a foraminiferal assemblage is found which resembles very much the one from the Gulf of Aden consisting of spinose (mostly carnivorous) and non-spinose (mostly herbivorous) species. North of 15° and 16° latitude, the numbers of non-spinose species drastically decrease and spinose species dominate. This may be due to the decrease in phytoplankton abundance. Moreover, the seasonally changing current system can explain the existence of a "normal" assemblage in the southern Red Sea.

Oscillations of temperature and salinity were rather small during the Holocene; during the Pleistocene, however, the amplitude of both environmental parameters were large as reflected by changing foraminiferal assemblages.

In this project we try to decipher the relationships of current systems, nutrients, temperature and salinity as mirrored by the foraminiferal assemblages during the Pleistocene and Holocene. For comparison with the normal oceanic environment samples were taken from the Gulf of Aden.

The objectives of this cruise were to obtain additional data for the reconstruction of the paleoenvironment of the Red Sea during the Late Pleistocene. Therefore, the sampling strategy was guided by the motto "the Recent in the key to the Past".

#### *Sampling*

Plankton samples were collected in regular intervals from 500 m to 0 m. In addition, some shallower hauls were taken in order to support the view that in most planktonic foraminifers reproduction depends on the lunar cycle.

Short cores were obtained from multicorer hauls to investigate surface and holocene sediments including planktonic as well as benthic foraminifers.

Long cores were taken with the Göttingen piston corer to investigate the Pleistocene paleoenvironment. The cores obtained were generally 8-15 m long and thus longer than the ones previously collected. Maximum core length reached during the cruise was 22.75 m.

### *Assemblages of plankton foraminifers*

The planktonic foraminiferal assemblages consist almost exclusively of spinose species, living at depth between 50 m and 20 m. The uppermost 5 m of the water column are almost barren of foraminifers. In total 14 species have been observed of which *Lobigerinoides sacculifer*, *Globigerinella aequilateralis*, *Turborotalita quinqueloba* and *Globigerinoides ruber* were the dominating ones.

The Red Sea data given in Table 14 are arranged according to daytime. Within the period of February 5 to 28, 5 days less than the synodic lunar cycle, samples were collected in the hours between 08:39 and 23:03. However, the obtained data cover the full moon period during February 13. It became quite obvious that the reproduction took place around full moon deduced from the near-surface tows, which were barren of foraminifera whereas the deeper tows contained high numbers of empty adult shells. The data should enable us to estimate the turnover rate and to obtain more sophisticated data about the population structure of the planktonic foraminiferal assemblage. Additional samples were obtained from the Bab el Mandeb region and the Gulf of Aden to compare with the Red Sea data (Tab. 14). The planned standard intervals of 500-200-100-50-25-0 m and 100-80-60-40-20-0 m, respectively, were performed for 58.3% of the catches; the others are somehow effected either by misfunctions of the net system or by winch problems.

### *Holocene sediments*

Undisturbed sediment surfaces and cores of 28 to 48 cm length of Holocene sediments were obtained by multicorer (MC). These cores were prepared on board by cutting them into 1 cm slices. The upper 5 cm were stained with rose bengal to distinguish living foraminifera from dead ones. The depth range from which cores were received covers approximately 1900 m from rather shallow to deep areas. This gives the opportunity to investigate the benthic foraminiferal fauna in detail (Tab. 15). The deepest MC was completely preserved as it contains nicely exposed distal turbidites showing early stages of clay settings.

In order to compare Holocene assemblages from the Red Sea and the Aden area cores from three multicorers taken in the Gulf of Aden were sampled. These sediments were deposited under quite different circumstances indicating highly aggressive bottom water conditions.

### *Pleistocene sediments*

Fourteen well usable cores from the Red Sea and Gulf of Aden were obtained during this cruise. The sediment recovery represents 84.8% from maximal obtainable core length) for 12 m core barrels (possible max. core length: 11.7 m) and 76.2% for the 24 m core (possible max. core length: 23.4 m). We were lucky to reach a total sediment recovery of 79.6% (Tab. 16).

Our core system does not allow core cutting on board, thus only few samples from the top of the bottom were available for first inspection. However, these show clearly highly differentiated assemblage successions in the otherwise rather uniform sedimentary profiles.

**Tab. 14:** Basic data for all multinet hauls arranged according to daytime. For the geographic position and other data see chapter 7.2.1 and Figures 20-56.

Station No.	Multinet haul No.	Water depth (m)	Hour	Sampling ranges (m)
<i>Red Sea:</i>				
151	M 17	676	08:39 - 09:05	500-200-100-50-25-0
97	M 5	603	10:02 - 10:28	500-200-100-50-25-0
137	M 16	2222	10:37 - 11:04	500-200-100-50-25-0
189	M 21	1721	11:26 - 11:52	500-200-100-50-25-0
165	M 18	1444	11:38 - 12:07	500-200-100-50-25-0
195	M 23	654	11:58 - 12:16	500-200-100-0
91	M 4	1197	12:01 - 12:27	500-200-100-50-25-0
86	M 3	787	12:09 - 12:34	500-200-100-50-25-0
108	M 7	1716	12:30 - 12:50	500-200-100-50-0
121	M 11	1543	12:31 - 12:57	500-200-100-50-0
195	M 24	585	12:33 - 12:43	200-100-50-25-0
121	M 12	1506	13:10 - 13:17	100-80, 80-20, 20-0
108	M 8	1722	13:57 - 14:05	100-80-60-40-20-0
181	M 20	1171	15:08 - 15:50	500-200-100-50-25-0
132	M 15	2219	17:36 - 18:06	500-200-100-50-25-0
116	M 9	1308	18:01 - 18:07	100-80-60-40-20-0
78	M 1	1353	19:10 - 19:35	500-200-100-50-0
78	M 2	1353	20:05 - 20:33	500-200-100-50-0
191	M 22	1812	20:23 - 20:47	500-200-100-0
125	M 14	1906	20:31 - 20:56	500-200-100-50-25-0
100	M 6	829	21:15 - 21:42	500-200-100-0
116	M 10	1303	21:33 - 21:57	500-200-100-50-25-0
180	M 19	1435	21:55 - 22:21	500-200-100-50-25-0
124	M 13	947	22:38 - 23:03	500-0
<i>Bab el Mandeb and Gulf of Aden:</i>				
278	M 43	1201	04:06 - 04:13	100- 80- 60-50-25-0
278	M 44	1202	04:36 - 05:03	500-200-100-50-25-0
272	M 39	1779	07:09 - 07:15	100- 80- 60-40-20-0
234	M 27	189	08:01 - 08:09	150-100- 75-50-25-0
280	M 45	1180	09:53 - 10:17	500-200-100-50-25-0
280	M 46	1196	10:42 - 10:47	100- 80- 60-40-20-0
235	M 28	266	11:02 - 11:16	250-150-125-50-25-0
246	M 32	285	12:09 - 12:28	275-200-100-50-25-0
255	M 33	2244	12:16 - 12:43	500-200-100-50-25-0
269	M 36	1515	13:20 - 13:48	500-200-100-50-25-0
269	M 37	1512	14:05 - 14:10	100- 80- 60-40-20-0
285	M 48	712	14:25 - 14:58	200-100- 70-50-25-0
275	M 40	1224	15:03 - 15:31	500-200-100-50-25-0
276	M 41	1322	16:22 - 16:51	500-200-100-50-25-0
282	M 47	1024	16:42 - 16:49	100- 80- 60-40-20-0
238	M 29	230	16:59 - 17:11	200-150-100-50-25-0
260	M 34	1704	16:59 - 17:25	500-200-100-50-25-0
276	M 42	1334	17:02 - 17:08	100- 80- 60-50-25-0
229	M 25	169	17:18 - 17:28	150-100- 75-50-25-0
239	M 30	254	18:43 - 18:58	240-150-100-50-25-0
266	M 35	1800	19:16 - 19:41	500-200-100-50-25-0
240	M 31	295	20:47 - 21:05	280-200-100-50-25-0
270	M 38	1819	21:13 - 21:19	100- 80- 60-40-20-0
231	M 26	287	23:38 - 23:57	250-150-125-50-25-0

**Tab. 15:** Multicorer data and their depth distribution in the Red Sea and the Gulf of Aden, arranged according to depth. For locations see chapter 7.2.1 and Figures 21 and 44.

Station Number	Multicorer number	Water depth (m)
<i>Red Sea:</i>		
133	88	371
173	105	502
147	98	585
146	97	600
150	99	694
144	95	713
155	100	786
143	94	823
73	72	912
142	93	934
178	107	1161
83	73	1324
164	103	1348
69	71	1387
102	79	1521
114	85	1538
201	115	1602
179	108	1657
138	91	1787
184	109	1825
184	111	1825
190	113	1991
157	101	2299
187	112	2831
<i>Gulf of Aden:</i>		
251	120	1319
261	124	1645
266	126	1806

Tab. 16: Summary of piston core data. For locations see chapter 7.2.1 and Figures 22 and 55.

(\* = blocked and lost; + = deformed)

Station Number	Core number	Water depth m	Length of core barrel m	Sediment recovery m
<i>Red Sea:</i>				
71	KL 1	1364	12	9.68
71	KL 1A	1419	24	0.00*
76	KL 2	930	12	4.45
76	KL 3	923	12	11.67
98	KL 4	951	12	9.92
100	KL 5	932	24	22.75
128	KL 6	1312	12	11.02
131	KL 7	1302	24	19.78
143	KL 8	814	12	11.51
143	KL 9	810	24	17.39
174	KL 10	790	12	10.36+
174	KL 11	825	24	21.03
181	KL 12	1168	12	10.34
181	KL 13	1166	24	21.74
<i>Gulf of Aden:</i>				
259	KL 14	1641	12	10.36
259	KL 15	1636	24	22.12

The assemblages differ from each other by either the dominating species or their shell preservation or both. Some samples show the oscillating of the northward streaming currents from the Gulf of Aden by containing more or less non-spinose species. Hopefully, the cores represent at least the last two glacial periods. Following the stratigraphy of HERMAN (1968), BERGGREN and BOERSMA (1969), MEYER (1973), RISCH (1976), REISS et al. (1980), IVANOWA (1985) the core might represent even the glacial isotoric Stage 8 (Mindel).

Of particular interest seems to be the core KL 11, which may be an example of a rather low sedimentation rate. Preliminary observations indicate that at a depth of 1.47 m we already penetrated into zone C of BERGGREN and BOERSMA (1969). The foraminiferal assemblages at this level is clearly dominated by *Globigerinoides ruber* which records a transition to higher salinities than normal. Associated with this foraminifer is the pteropod *Limacina trochiformis* as the dominating pteropod species. This could indicate an age of 25000 years (REISS et al., 1980). Between ca. 5 m and 9 m subsamples could be assigned to the Eemian, the Riss/Würm-Interglacial. In these depths two tropical species, *G. ruber* and *G. sacculifer*, dominate, indicating rather normal conditions. The lower part has not yet been investigated.

*Sample analyses and data evaluation*

The material collected during the cruises will be worked up in collaboration with Prof. Dr. D. Meischner, Göttingen, Geol. M.M. Osman, Port Sudan, and Dipl. Geol. A. Auras, Tübingen.

**5.2.11 Sediments (M.M. Osman)**

During leg 2 about 40 sediment samples were taken by multicorer and one core each was split into 1 cm-thick subsamples for analyses of grain size.

Sampling covered the deeper Sudanese waters along and south of a transect Port Sudan - Sanganeb - Volcano Deep, with most of the work concentrating on this transect.

Sample processing and data evaluation will be done in agreement and close cooperation with C. Hemleben.

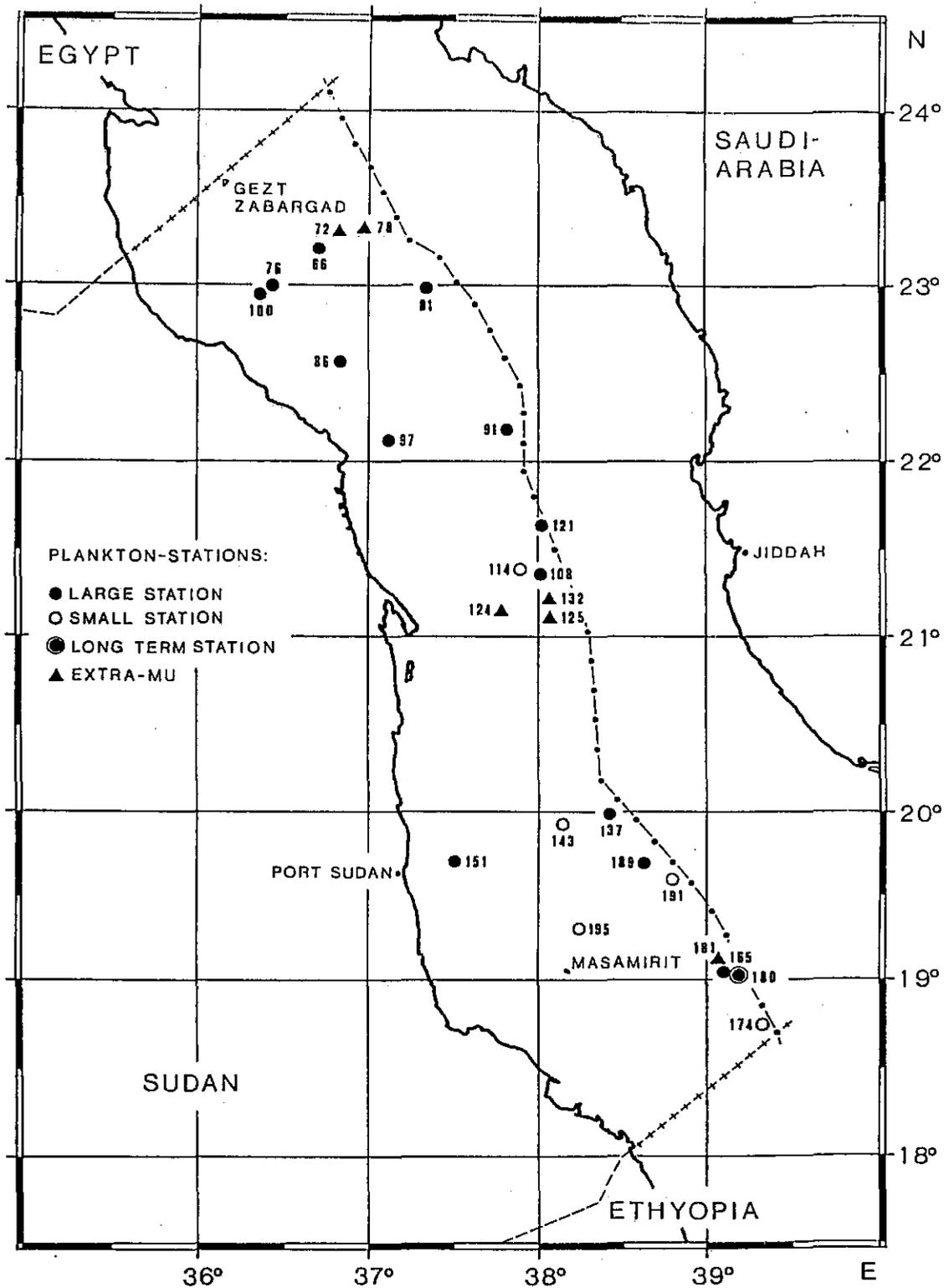
**5.2.12 Physical Oceanography (N. Verch)**

After the reduction of the programme and its restriction to Sudanese waters in the Red Sea, the physical oceanography work aimed at the study of the wintery deep convection in the northern Red Sea and its associated deep water renewal, at mapping the hydrographic and current field in the major cyclonic gyre near 23°N, and to give support for the interpretation of plankton data.

Altogether, 80 CTD profiles at 54 stations were obtained along three sections in the Red Sea and along two sections in the strait of Bab el Mandeb and the Gulf of Aden. The locations of these stations are shown in Figures 19-23. In addition a number of CTD cast were taken outside those sections upon request of the biological parties.

CTD profiles were obtained by use of two ME-Multisonden in combination with 11 and 13 bottle rosette samplers. One of the bottles carried two protected and one unprotected thermometer to provide calibration values for the temperature and pressure sensors. More than 500 water samples were drawn from the bottles and analysed for salinity (Guideline Autosol) and dissolved oxygen content (Winkler method). The latter analyses were carried out together with the chemistry group.

The CTD data were recorded on a magnetic tape at a rate of 8 Hz for later analysis in the laboratory. They were also logged onto a Kontron mini computer (0.5 Hz) for quick look purposes. These data as well as the calibrated bottle data were available already on board to all groups.



**Fig. 19:** Sudanese region indicating large plankton stations with a broad spectrum of gear employed, small plankton stations with a smaller spectrum of gear employed (compare station list) and extra stations for multiple closing and opening nets (MU).

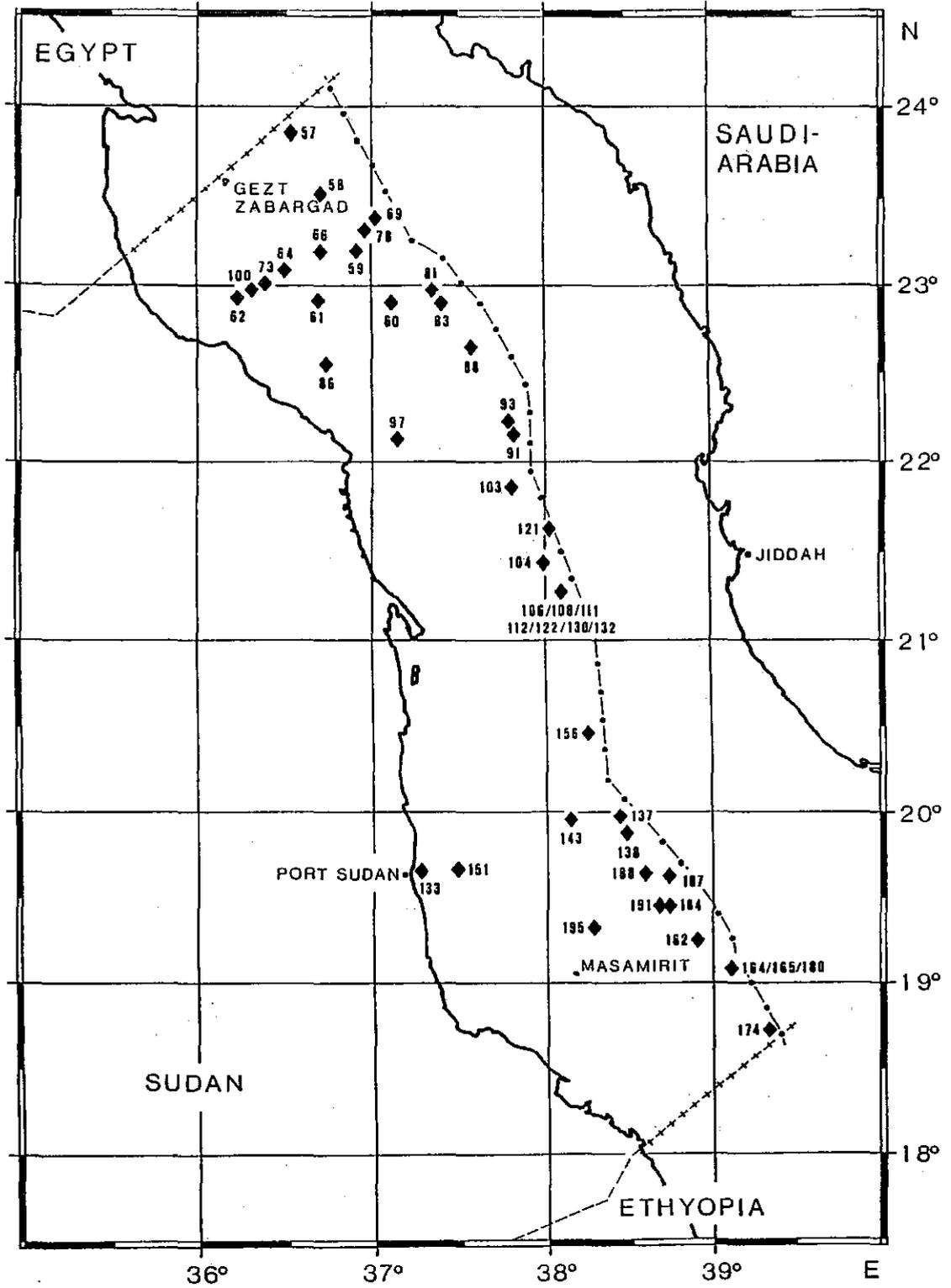
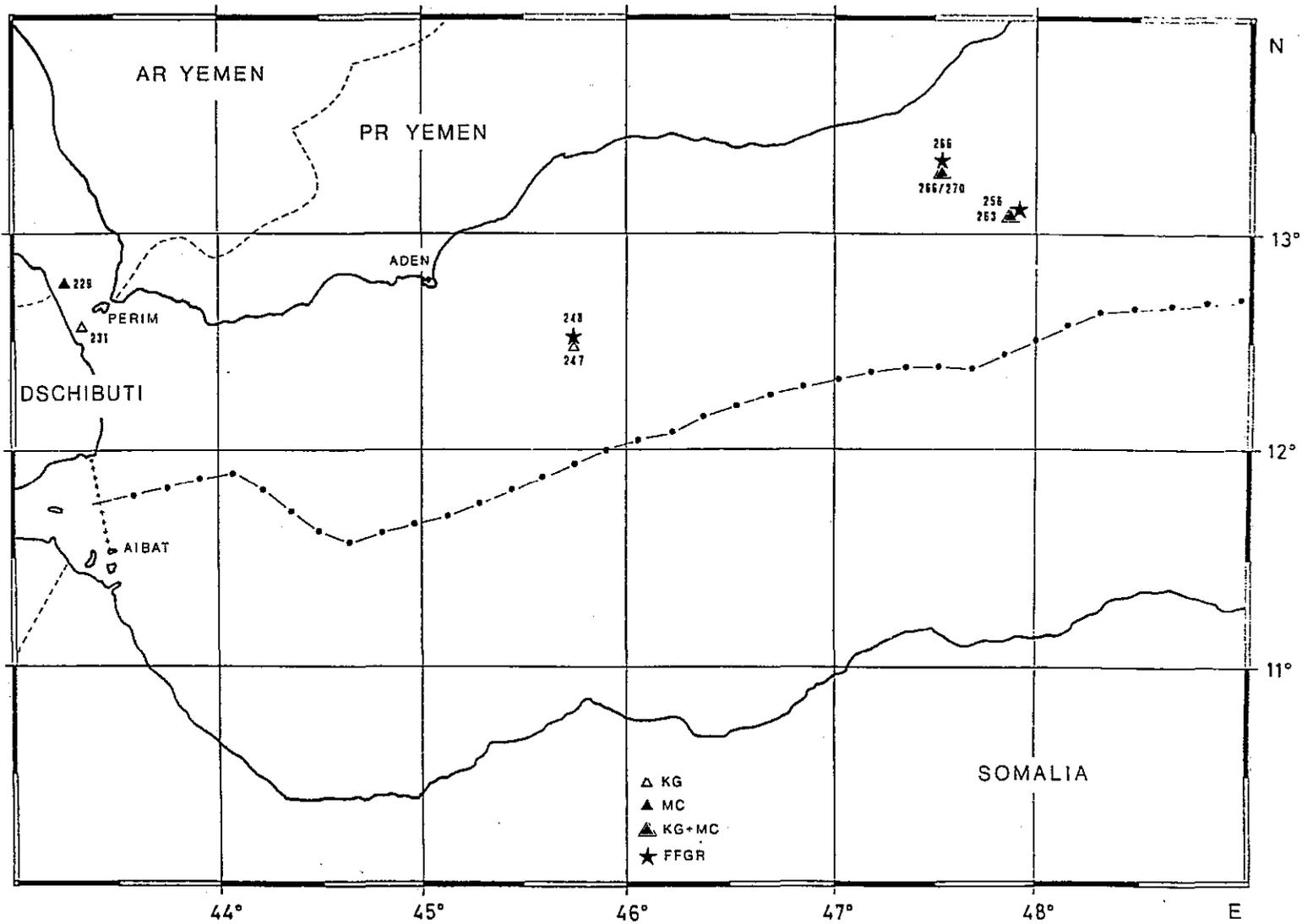


Fig. 20: Sudanese region with hydrographic (CTD) stations.



**Fig. 21:** Djiboutian and PR Yeminitic region with box corer (KG), multiple corer (MC) and freefall grab respirometer (FFGR) stations

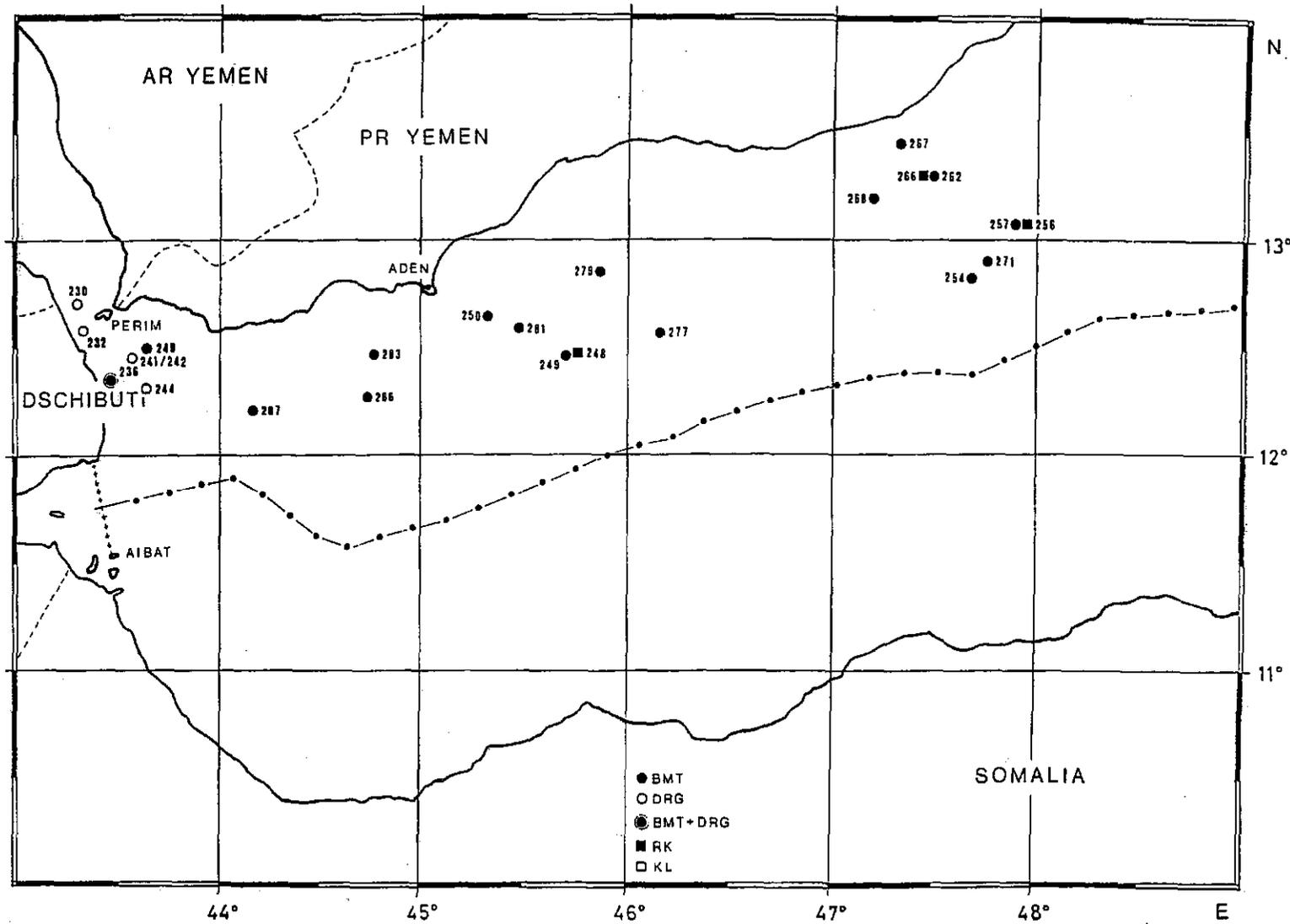
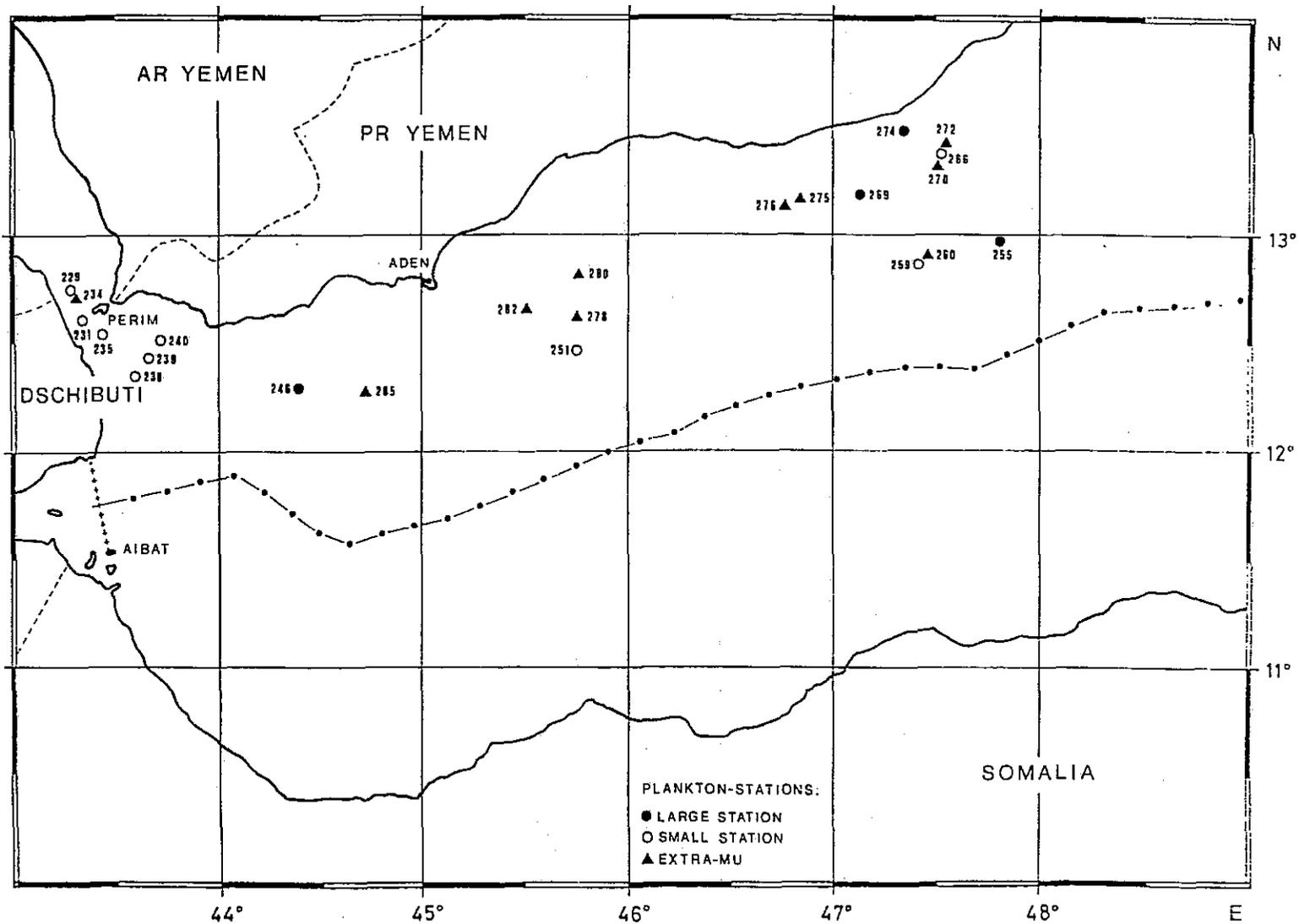


Fig. 22: Djiboutian and PR Yeminitic region with beamtrawl (BMT), dredge (DRG), trap chain (RK) and piston corer (KL) stations



**Fig. 23:** Djiboutian and PR Yeminitic region indicating large plankton stations with a broad spectrum of gear employed, small plankton stations with a smaller spectrum of gear employed (compare station list) and extra stations for multiple closing opening nets (MU).

Data evaluation will be conducted by Dr. D. Quadfasel, Hamburg, who initiated the hydrographical studies, but stayed at home after the research permissions were not granted for northern Red Sea waters.

### **5.2.13 Chemical Oceanography (M. Petzold, S. Burchert)**

Water samples were taken at 77 CTD-stations with the rosette sampler and analysed for chemical parameters. The major focus was on the euphotic zone and the near bottom layer in connection with plankton and microbiological studies. The samples were taken standardized water depths. At some stations samples were also collected from additional depths. Depending on sea state and morphology of the sea floor the deepest samples were retrieved 5-10 m above the sea bottom.

The determinations of nitrite, nitrate, ortho-phosphate and silicate were carried out with a Technicon II-autoanalyzer on board METEOR. The determinations of nitrate and nitrite utilize a procedure in which nitrate is deduced to nitrite by a coppercadmium reductor column, and the nitrite ion reacts with sulfanilamide under acidic conditions to form a diazo compound. This compound couples with N-1-Naphtylethylenediamine dihydrochloride to form a reddish-purple azo-dye, which is measured colorimetrically. The determination of ortho-phosphate is based on a colorimetric method, in which a blue color is formed by a reaction of ortho-phosphate, molybdate ion and antimony ion followed by reduction with ascorbic acid at low pH. The determination of soluble silicates is based on the reduction of a silicomolybdate in acidic solution to "molybdenum blue" by ascorbic acid. Oxalic acid is introduced to the sample stream before the addition of ascorbic acid to eliminate interference with phosphates. All measurements were carried out in the shortest possible time after sampling.

Beginning with station 100, ammonia contents were determined manually according to method of Grasshoff.

In total, chemical analyses were done on 723 water samples from 77 stations. In addition, 27 samples from water depth of 2 m were processed while cruising from Sudanese waters towards Djiboutian waters near Bab el Mandeb.

All data from the chemical analyses have been compiled on a form of a report and are available for own interpretation to all cruise participants on request.

### **5.2.14 Chloroplastic and Accessory Phytoplankton Pigments (M. Petzold)**

The measurement of chloroplastic and accessory pigments have been used to estimate the biomass of standing stock of phytoplankton and its consumers. In addition to this, the chromatographic pigment analysis provides information on production and decomposition of

phytoplankton based on ratios of individual pigments. For instance a high pheophorbide-chlorophyll ratio indicated high grazing pressure of zooplankton since the decomposition product of chlorophyll, e.g. pheophorbide, mainly originates as a result of investigation by zooplankton. A high pheophytin-chlorophyll ratio results from bacterial decomposition of detrital material, and the chlorophyllide-chlorophyll ratio allows estimation of activity and physiological state of the phytoplankton population.

The accessory pigment matrix (carotenenes, xanthophylls and chromatoproteins) is different for individual algal groups. This suggests that the major algal taxa can be identified by chemotaxonomical methods based on chromatography and may be quantified, so that chemical analyses may be used to study the taxonomical composition of phytoplankton communities.

Water samples from 57 stations were collected in the territorial waters of the Democratic Republic of Sudan, the People's Republic of Yemen and the Republic of Djibouti. Samples were taken in up to 11 different water depths and 2 litres each were filtered through glassfibre filters (Whatman GF/F). At some stations of the southern Red Sea the volume had to be reduced to 1 litre because of its high content of particulate matter. Subsequently, the filters were stored frozen at -20°C in the dark until laboratory analyses.

The samples will be analysed by reversed phase high performance liquid chromatography (HPLC) with a binary gradient system. In total 601 samples were collected. Additionally, 27 samples from 2 m depth were taken in order to characterize the transition zone between the southern and central Red Sea.

The material from this cruise will extend considerably the data set on pigment measurements in the Red Sea already available from the cruises SONNE 29 (January-March 1984) and SONNE 42 (April 1986).

The results are expected to reveal new aspects on large-, meso- and small-scale distribution patterns of phytoplankton in relation to specific physical and chemical oceanographic characteristics of the Red Sea.

## **5.2.15 Plankton (J. Lenz)**

### **5.2.15.1 Introduction**

The overall aim of our investigations is a better understanding of the various dynamic processes governing primary production and energy transfer within the pelagic food web of the sea. These processes depend largely on the interaction of environmental and biological factors. The most important environmental factors are light and nutrient supply within the upper water column, the depth of the mixed surface layer and water temperature. Biological factors comprise diversity and biomass of organisms and the dominant prey/predator

relationships. A better knowledge of these basic factors determining characteristic food webs and productivity levels will ultimately improve estimation and management of commercially exploitable fish stocks.

In addition to traditional methods employed in productivity studies, such as biomass analysis of phyto- and zooplankton and measurement of primary production, we studied growth and grazing rates of special groups and community metabolism in various size fractions. The methods employed and first results obtained are dealt with under the heading "Special Studies". We will thus be able to calculate turnover rates of organic matter metabolized by the organisms and relate primary production to energy consumption within the water column. Such a comparison indicated the energy balance in the ecosystem, whether there is a surplus of production or consumption, or an equilibration. Of special interest in this respect is the size structure of the plankton community and its influence on the energy flow through the system.

Productivity studies in the Red Sea are very interesting from various points of view, but mainly because of the area's unique hydrography. High salinity and a minimum temperature of 21.5°C throughout the entire water column exercise a considerable influence on species diversity and size structure of the pelagic ecosystem. Very little is known of the influence on the generally oligotrophic status of the Red Sea by large mesoscale eddies as well as by upwelling processes along the shelf edges induced by wind and topography.

The planned comparison of the central Red Sea with the northern part of the Gulf of Aden, from where the inflowing water masses to the Red Sea mainly originate, will contribute to a better evaluation of the general productivity status of both regions.

Leg 5 of this expedition, cruise leader Dr. Horst Weikert, will be devoted to the study of the summer plankton situation. The results from both cruise legs will supplement each other for a better understanding of plankton dynamics in the oceanic regions.

#### **5.2.15.2 Chlorophyll as a Parameter for Phytoplankton Biomass (T. Pillen)**

At 59 oceanographical and 15 biological stations and at 27 stations during a transect from 17°30' N to 12°N, 1014 samples for chlorophyll determination, 241 samples for the analysis of particulate organic matter (seston) and 166 Utermöhl samples to study the phytoplankton composition were taken. Sample volumes of 1 or 2 litres from 11 standard depths were taken from a rosette water sampler and filtered through Whatman GF/F glassfibre filters. After the extraction in 90% acetone the chlorophyll content of the samples was fluorometrically measured with a Turner filter fluorometer, model 112. Samples from the biological stations were additionally size-fractionated with 2 and 20 µm mesh-size gauze. During the passage from the Sudanese water to the Gulf of Aden water samples were taken from a depth of 2 m, in order to analyse the chlorophyll content, seston and phytoplankton composition. First results are presented below for the central Red Sea, including a 24 hour-station, for the southern Red Sea transect and for the Gulf of Aden.

In the central Red Sea, chlorophyll-a concentrations between 75 and 120 ng Chl.-a/l at the surface and between 170 and 350 ng Chl.-a/l in the chlorophyll maximum at a depth of 50 to 75 meters were measured. The integrated Chl.-a values ranged from 16 to 23 mg Chl.-a/m<sup>2</sup>. The area of the Atlantis-II-Deep presented an exception since 32 mg Chl.-a/m<sup>2</sup> were found. At the 24 hour-station the chlorophyll maximum was constantly located at 50 m. The integrated values for chlorophyll-a decreased from 17 mg Chl.-a/m<sup>2</sup> at 2 p.m. to 13 mg Chl.-a/m<sup>2</sup> at 2 a.m. and reached the starting level of 17 mg/m<sup>2</sup> at 11 a.m.

The purpose of the North-South-transect was to investigate the change from typical "Red Sea Phytoplankton Community" to the "Gulf of Aden Community". From 17°30'N to 16°N constant concentrations of 130 ng Chl.-a/l were found. Within a range of 20 miles (at 15°50'N) the values increased to 270 ng Chl.-a/l and reached the highest level at 14°N with 380 ng Chl.-a/l. In the strait of Bab el Mandeb integrated chlorophyll-a values of 38 mg Chl.-a/m<sup>2</sup> were measured.

In the Gulf of Aden chlorophyll concentrations were found to be similar to those of the central Red Sea. They varied from 80 to 140 ng Chl.-a/l at the surface and from 270 to 400 ng Chl.-a/l in the chlorophyll maximum between 30 and 50 m. The integrated values of 15 to 26 mg Chl.-a/m<sup>2</sup> were similar to the values from the Red Sea, but it is noticeable that the phytoplankton biomass of the Gulf of Aden was concentrated in a narrower surface layer.

Results of the fractionation-experiments, i.e. distribution of chlorophyll-a in different size groups, are summarised in Table 17.

**Tab. 17:** Chlorophyll a concentration (in %) in three size fractions (< 2 µm, 2 - 20 µm, > 20 µm) for the different areas studied.

Region	Size Fraction		
	< 2 µ	2 - 20 µm	> 20 µm
Central Red Sea	50 - 80	25 - 40	0 - 10
Transect			
17° 30' N - 16° N	90	5 - 10	0 - 3
15° 50' N	60 - 70	10 - 20	10 - 20
14° N and further south	80	10 - 15	0 - 10
Gulf of Aden	75	15	0 - 10

Between 50 and 90 % of the phytoplankton biomass was found in the fraction smaller than 2 µm, while the fraction > 20 µm contained between 0 and 20 %.

### 5.2.15.3 Composition of the Autotrophic Pico- and Nanoplankton (R. Gradinger, T. Weisse)

Abundance of autotrophic picoplankton (0.2-2  $\mu\text{m}$ ) was determined in the upper 200 m of the water column using epifluorescence microscopy and DAPI staining. Autotrophic picoplankton consisted almost totally of coccoid cyanobacteria of the genus *Synechococcus*. Small unidentified eucaryotes occasionally occurred in low numbers.

A typical vertical distribution of *Synechococcus spp.* showed two pronounced peaks: One at or close to the surface, the other one in 40 to 50 m depth corresponding to the observed chlorophyll-a maximum. However, at some stations *Synechococcus spp.* was almost uniformly distributed over the upper 75 m of the water column. The horizontal distribution of *Synechococcus spp.* varied considerably. Close to the surface values between  $0.8$  to  $1.4 \times 10^5$  cells/ml were counted in the central Red Sea. In the Gulf of Aden its abundance was generally higher with maximum values of  $2.0 \times 10^5$  cells/ml.

Compositions of autotrophic nanoplankton (2-20  $\mu\text{m}$ ) was studied by microscopy of concentrated mixed water samples taken from 6 depths in the euphotic zone. Species-specific differences in swimming behaviour were documented by means of a video recorder connected to an inverted microscope.

Diatoms smaller than 20  $\mu\text{m}$  were comparatively scarce and consisted mainly of *Nitzschia*-like pennate forms. Coccolithophorides were regularly found at all stations. The bulk of autotrophic nanoplankton consisted of athecate dinoflagellates of the genera *Gymnodinium* and *Gyrodinium*, whereas thecate peridineans were almost absent.

### 5.2.15.4 Primary Production (A. Moiges, J. Lenz, P. Fritsche)

Primary production was measured by the radiocarbon uptake method at 26 stations in the central Red Sea and the Gulf of Aden. At 19 of these stations incubations were carried out in situ, at 23 stations under simulated in situ conditions and at all 26 stations also in an incubator. Fifteen stations were located in Sudanese waters, two in the Strait of Bab el Mandeb, and nine in the waters of South Yemen. The integrated values from the in situ incubations ranged from 61 to 1085  $\text{mg C m}^2/\text{d}$ . Neglecting the highest value, which was measured in the vicinity of Port Sudan, a mean of 275  $\text{mg C m}^2/\text{d}$  was calculated. The values off South Yemen ranged from 174 to 421, with a mean of 295  $\text{mg C m}^2/\text{d}$ .

Comparisons of the values obtained by the three methods demonstrated great discrepancies. The integrated values obtained by the in situ simulated and incubator methods were on average only 39.2% and 26.5% of the in situ values, respectively, indicating a large underestimation using these methods.

Several experiments were carried out with a so-called "turbulence incubator" in order to simulate the changing light supply to phytoplankton cells on their way up and down in a turbulent mixed surface layer at a vertical speed of approximately 1 cm/s. A comparison with a simultaneously employed traditional in situ incubation array, where the bottles are kept at constant depth, showed a considerably higher yield in the circulated bottles.

#### **5.2.15.5      Grazing Experiments (A. Moiges)**

Grazing experiments were made parallel to the production measurements to determine the impact of microzooplankton grazing on phytoplankton. The dilution method of Landry and Hassett was applied during this cruise. A short incubation time of between 2 and 4 hours was chosen. The growth rate of phytoplankton ranged between 0.05-0.39/h (= 1.8-13.9 h generation time) with a mean of 0.18/h (3.8 h). Grazing rates varied between 0.05 and 0.38/h, with a mean of 0.19/h. Both calculated averages indicate steady state conditions for phytoplankton populations.

#### **5.2.15.6      Dynamics of Pelagic Bacteria and Heterotrophic Nanoflagellates (T. Weisse, R. Gradinger)**

Abundances of pelagic bacteria and heterotrophic nanoflagellates (HNF) were measured in the upper 200 m using the same technique as reported above for autotrophic picoplankton. In the surface waters of the central Red Sea cell numbers varied between  $0.4-1.0 \times 10^6$  bacteria/ml and  $0.6-2.2 \times 10^3$  HNF/ml. In the Gulf of Aden both, the abundances of pelagic bacteria and of HNF, were higher. Growth characteristics of microheterotrophs were investigated in dark incubation experiments using procaryote and eucaryote specific inhibitors. Bacterial growth characteristics revealed distinct regional differences. In the northern part of Sudan waters net population growth was negative, whereas further south net growth was positive. In the Gulf of Aden rates were negative again. Corresponding doubling times were 15-25 h in the northern Sudan waters, and 18-25 h in the Gulf of Aden. HNF grazing bacteria showed a clear relation to bacterial growth rates: High grazing pressure coincided with low growth rates of pelagic bacteria. It is concluded that there is a cycling pattern of growth and grazing within the microbial food web. Averaged over the three weeks of investigation, growth and grazing were well balanced in the central Red Sea. Thus, population dynamics of pelagic bacteria are controlled by intrinsic rhythms of growth and by external rhythms of grazing by HNF.

#### **5.2.15.7      Zooplankton Standing Stock (M. Rolke, J. Lenz)**

The aim of this investigation is a comparison of the importance of zooplankton in the food web of the central Red Sea, the region of Bab el Mandeb and the Gulf of Aden.

During the basic programme 12 vertical hauls were taken in the central Red Sea, 6 near Bab el Mandeb and 6 in the Gulf of Aden. In order to maintain comparability with the other planktological investigations the samples were collected in the morning. Five additional net hauls, sampled in a six hour rhythm during a permanent station, give an idea of the differences between day- and nighttime distributions.

The net hauls were carried out with the Hydrobios Multinet. This is equipped with five nets of 100  $\mu\text{m}$  mesh size and enables the sampling of 5 discrete depth intervals or strata. Usually standard intervals were sampled: 500-200 m, 200-100 m, 100-50 m, 50-25 m, 25-0 m. Immediately after having recovered the samples they were split into aliquotes with a Folsom plankton splitter. A quarter of the sample was prepared for the determination of biomass (ashfree dry weight). Another quarter served for microscopic observations of living plankton and to obtain video pictures. The remaining material was preserved with buffered formalin.

The first impression from shipped sample handling and early evaluations revealed strong differences in the biomass from station to station throughout the three investigated areas and according to expectation, a clear increase in biomass in the region of Bab el Mandeb and in the Gulf of Aden.

Another feature of the investigations were to determine the dynamics of the taxonomic composition and the size distribution of the zooplankton and its changes during diurnal vertical migrations. The importance of these migrations was shown by results from the equatorial Atlantic (ROLKE, 1986). These indicated that a nearly constant biomass ratio between zooplankton groups of different locomotion- and feeding-type existed in the vertical distribution. The ratio is regulated by varying numbers and sizes of the individuals. To prove this hypothesis and to reveal regional differences 3 series of twilight hauls were performed on one station each in the northern and in the southern part of the central Red Sea as well as in the Gulf of Aden. These twilight sample series consist of 5-6 net hauls taken in a period from about two hours before until two hours after local sunset. Because of the short periods between successive hauls these samples were preserved in formalin without having conducted live observations.

On account of numerous defects of the net equipment as well as problems with both one-conductor cable winches of METEOR, the set of samples could only be obtained through close cooperation with the electrical engineers of METEOR and V. Nuppenau, Hamburg. Some of the samples must be interpreted with caution.

A total amount 206 fixed zooplankton samples and 125 seston filters for zooplankton biomass determinations are available for further processing. The analyses shall be carried out essentially by means of an automated quantitative image analyzing system (ROLKE and LENZ, 1984; ROLKE, 1986). A close cooperation with C. Hemleben (Chapter 5.2.10), who collected a nearly complete set of samples, is planned.

For the first time we were able to document live microscopy of delicate zooplankton organisms on a video system. This technique is of great help for later species analyses in the laboratory by preserving the movement and original colour of the organisms. A further aim is the size measurement and classification of the recorded organisms by means of an image analyzing system.

A more or less regular inspection of species composition by live microscopy sometimes revealed considerable variations between stations in the same general area, indicating large-scale patchiness of the zooplankton. This phenomenon was also observed on a number of occasions for phytoplankton (*Trichodesmium*, *Oscillatoria*) and zooplankton (*Aurelia aurita*, *Velella* and other siphonophores) drifting alongside the ship in the calm sea surface.

As expected, species diversity increased from the Red Sea to the Gulf of Aden with a peak meroplanktic larvae in the shallow sill area of Bab el Mandeb. The cyclopid copepod fauna showed generally less variation than the calanoids, ostracods and heteropods which are characterized by a more patchy distribution.

#### 5.2.15.8 Heterotrophic Activity (G. Schneider)

In order to evaluate the heterotrophic activity of the plankton within the euphotic zone, respiration and excretion experiments were conducted at 16 stations (12 in the central Red Sea and 4 in the area of Bab el Mandeb and the Gulf of Aden).

Plankton was collected with a Bongo net (100  $\mu\text{m}$  gauze) and a rosette sampler fitted with six 30 l-water bottles. Water samples were concentrated and size fractionated with a Millipore tangential filtration system. The size classes investigated were 0.45-20  $\mu\text{m}$ , 20-200  $\mu\text{m}$ , and > 100  $\mu\text{m}$  (from the Bongo net). All experiments were performed at ambient temperatures in the dark using 1.2l glass bottles as experimental jars. For the two smaller size fractions three parallels were run per experiment, whereas only two parallels were run for larger zooplankton. Oxygen concentrations were determined using the Winkler titration technique; excretion products ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) were measured according to the methods described in GRASSHOFF (1976).

The preliminary results show a high total respiration ranging from 4000 to 8000  $\text{mg O}_2/\text{m}^2/\text{d}$  for the central Red Sea and from 3000 to 5000  $\text{mg O}_2/\text{m}^2/\text{d}$  in the Gulf of Aden. At most stations more than 60% of the total heterotrophic activity was contributed by the microplankton (20-200  $\mu\text{m}$ ), about 20% by the nanoplankton (< 20  $\mu\text{m}$ ) and only a few percent (0.5-7%) by the meso- and macroplankton (Table 18).

The respired carbon could be calculated to range from about 1 to 2.4  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{d}$ . These are extraordinary high values and are in some cases one order of magnitude higher than carbon fixation determined by primary production measurements in this region.

Protein measurements according to the Lowry method revealed total protein biomass to range from 3000 to 7000 mg/m<sup>2</sup>; the microplankton fraction formed the bulk of the biomass, followed by the nanoplankton, whereas the largest zooplankton again contributed only a small part.

Carbon turnover times were smallest within the nanoplankton size class (1.8 days), while for the microplankton and the larger zooplankton 4.4 d and 6.6 d were calculated, respectively.

The excretions measured in the meso- and macroplankton size classes were in good agreement with values obtained in other comparable pelagic systems. However, the results of the experiments performed with nano- and microplankton often were negative (Table 19). Since it is impossible to separate autotrophic and heterotrophic organisms before incubation, the experiments reflect the ballance between nutrient uptake by autotrophic and nutrient excretion by heterotrophic organisms. Ammonia uptake is high within nanoplankton as well as in microplankton at most stations possibly indicating a nitrogen deficiency and a close coupling between the members of the Red Sea plankton community.

#### **5.2.15.9 Phytoplankton (A.G. Daffalla)**

In collaboration with the other planktologists, phytoplankton could be sampled along three transects. The northernmost transect extended from Port Sudan harbour to Volcano Deep (water depth about 2000 m) in north-easterly direction passing Sanganeb Reef. The second transect was situated near the Sudanese-Ethiopian boundary. The thrid one lies between the two other transects and passes the Suakin Deep (water depth about 2800 m). Along these transects samples for the quantitative assessment of phytoplankton from various depths were collected from large number of stations, and vertical net hauls (20 µm mesh) were conducted additionally for qualitative analyses. This expedition offered a unique opportunity to provide our institute with a good data base for the comparison of oceanic plankton with the neritic community sampled regularly by our institute.

#### **5.2.15.10 Preliminary Conclusion (J. Lenz)**

The central area of the Red Sea exhibited a surprisingly high variation in primary production, heterotrophic activity, biomass and species composition, indicating a strong influence of hydrographic processes (large- and meso-scale eddies and upwelling phenomena) on plankton communities.

The Red Sea and Gulf of Aden areas investigated were characterized by low standing stocks of plankton but high production rates, as it is typical for subtropical and tropical oceanic regions. A comparison between primary production rate measures on a <sup>14</sup>C in situ incubation method and community respiration on a daily basis revealed great discrepancies. Primary production could not account for more than 20% of total consumption of organic matter. Two

Tab. 18: Community respiration ( $\text{mg O}_2/\text{m}^2/\text{d}$ ) of the plankton in the central Red Sea and the Gulf of Aden and the percentages for the size classes.  
n.d. = not determined

Station	Community Respiration	Respiration (%) in size classes		
		>100 $\mu\text{m}$	20-200 $\mu\text{m}$	<20 $\mu\text{m}$
<i>Central Red Sea:</i>				
66	6719	0.5	67	32
76	5256	n. d.	69	31
81	8346	n. d.	59	41
86	7109	1.6	67	32
91	4265	1.6	74	24
97	3846	5.1	79	16
121	4626	2.3	72	26
137	5664	3.7	26	70
151	6048	0.9	74	25
165	3769	4.0	43	53
180 day	4763	2.6	65	33
180 night	4523	4.6	74	21
189	7691	2.0	87	11
<i>Gulf of Aden</i>				
246	3081	6.2	57	37
255	3479	7.0	83	10
269	4662	5.0	79	16
274	5411	4.0	81	15

Tab. 19: Uptake (-) and excretion (+) of nutrients during the excretion experiments for the size classes < 20  $\mu\text{m}$  and 20 - 200  $\mu\text{m}$  (n.d. = not determined)

Station	Nutrient			
	NH <sub>4</sub> - N		PO <sub>4</sub> - P	
	<20 $\mu\text{m}$	20-200 $\mu\text{m}$	<20 $\mu\text{m}$	20-200 $\mu\text{m}$
66	-	-	+	-
76	-	-	+	+
81	+	+	+	+
86	+	+	+	+
97	n. d.	-	+	-
108	+	-	-	-
121	-	-	+	+
137	-	-	+	+
151	-	-	+	+
165	-	-	+	-
180 day	+	+	+	+
180 night	-	+	n. d.	+
189	-	+	+	-
255	-	+	-	-

independent methods measuring the doubling time of cyanobacteria by epifluorescence, counting in grazing inhibition experiments and employing the grazer dilution technique, revealed much higher turnover rates than those obtained by the traditional  $^{14}\text{C}$  method. In future investigations much more attention must therefore be paid to autotrophic pico- and nanoplankton and to their heterotrophic grazers, which apparently play a key role in the production and turnover of organic matter in these areas. This impression is enhanced by the fact that between 50-90% of total chlorophyll-a was found in the smallest size fraction ( $< 2 \mu\text{m}$ ) as well as on account of high turnover rates in nanoplankton measured via respiration. Excretion experiments point to a close nutrient coupling between autotrophic and heterotrophic organisms in the Red Sea plankton community.

### 5.2.16 Einsatz des Göttinger Kolbenlotes

1 Station M 5/2-71/87-KL-1

23°19.866' N / 36°53.692' E 1320,0 m (unkorrigiert)

04. Februar 1987; 08:17 Uhr - 10:32 Uhr LT; 06:17 Uhr - 08:32 Uhr UTC

Kolbenlot	120 mm Ø,	12 m,	1 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m	
vorlotseil	8 mm Ø,	17,9 m	

Pinger 50 m über Gerät, Funktion gut

Fieren mit Ø 1,8 m/s bis 1250 m Seillänge, Ausschwingen 3 Minuten, Absetzen mit 0,08 m/s, Aufhieven mit 0,10 m/s bis Gerät deutlich aus Sediment (noch Pinger Mitschrieb), Durchhieven mit 1,80 m/s.

Vorlot ohne Kern, keine Spuren von Sediment am Lot. Seemännisches Handling des Lotes beim Aussetzen und Einholen ausgezeichnet, obwohl es auch für die Decks Mannschaft der erste Einsatz mit diesem Lot ist.

Kolbenlot 9,68 m Kern, Fänger offen, Federn angelegt, grauer Schlick senkrecht mittig geteilt, rostrot bis ockergelb, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, ca. auf 2 m Wasser unter dem Kolben.

Kommentar:

Die Station wurde ohne Parasound Aufzeichnung gefahren. Ebenes Gelände wurde nach Hydrosweep Mitschrieb ausgesucht. Das Vorlot blieb ohne Kern. Es ist wahrscheinlich auf der kalkverkrusteten Sedimentoberfläche stehen geblieben. Das Hauptlot hat dadurch früh

ausgelöst. Der Kolben stand bei Beginn des Kernvorganges noch ca. 1,5 m über Sedimentoberfläche, so daß nur 9,68 m Kern im Rohr verblieben trotz einer Eindringtiefe von 13,7 m (nach Sedimentspuren am Lot).

Der Windenmitschrieb zeigt nach dem Auslösen zwei schnell aufeinanderfolgende Last Peaks, die über die Zuglast beim Wegfieren hinausreichen. Sie liegen noch vor der eigentlichen Lastaufnahme beim Aufhieven. Gründe für diese Peaks sind fraglich.

## 2 Station M 5/2-71/87-KL-2

23°23.703' N / 36°47.077' E 1.373,0 m (unkorrigiert)

04. Februar 1987; 12:35 Uhr - 20:00 Uhr LT; 10:35 Uhr - 18:00 Uhr UTC

Kolbenlot	200 mm Ø,	24 m,	3 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	16 mm Ø,	30,0 m	
vorlotseil	8 mm Ø,	29,0 m	

Pinger 50 m über Gerät, Funktion gut

Fieren mit 1,72 - 1,76 m/s bis 1.195 m Seillänge, Ausschwingen 5 Minuten, Absetzen mit 0,30 m/s, Aufhieven mit 0,17 m/s bis 1.269 m Seillänge, maximale Zuglast 52,73 kN, Durchhieven mit 1,80 m/s.

Vorlot 1,74 m Kern. Qualität gut, Oberfläche bei Demontage leicht ausgespült.

Kolbenlot ohne Kern, Rohr bei 19,70 m über Rohrende abgebrochen, Restrohr am Gewicht 4,30 m Knickstelle, Kolben hat getrennt, Oberteil auf Anschlag, Unterteil des Kolbens bei 1,95 m (ab Anschlag) auf Klemmung.

### Kommentar:

Nach gut vorbereitetem Handling beginnt die Station recht nervös. Die Windenanzeige fällt aus. P. Schlie läßt wegfieren, ohne den Pinger zu justieren. Das Lot mußte nochmals von 300 m Wassertiefe bis auf 80 m gehievt werden. Parasound gibt keine vernünftigen Signale, Station läuft daher abermals ohne Echolotaufzeichnung. Der Windenlastschreiber wurde für diese und für alle nachfolgenden Stationen von der Brücke in die Lotzentrale verlegt. Gibt völlig andere Schwingungssignale und fällt kurz nach Auslösen ganz aus.

Vorlot brachte einen Kern von 1,74 m. Es ist daher wahrscheinlich, daß das Kolbenlot eingedrungen ist (Möglicherweise schräg?) bis 19 m Tiefe (Maximum?) und anschließend

abgeknickt. Die Lastspitze von 52,73 kN (nach Computer) spricht dafür, daß das Rohr erst beim Anhieven vollends gebrochen ist.

### 3 Station M 5/2-76/87-KL-1

22°59.87' N / 36°36.92' E                      900,2 m (unkorrigiert)

05. Februar 1987; 06:59 Uhr - 11:30 Uhr LT; 04:59 Uhr - 09:30 Uhr UTC

Kolbenlot      120 mm Ø,                      12 m,                      1 t Auflast, Scherstift-Kolben

Vorlot            80 mm Ø,                      2 m,                      150 kg Auflast, Alu-Rohr

Kolbenseil      14 mm Ø,                      20,0 m

Vorlotseil        8 mmØ,                      17,9 m

Pinger 50 m über Gerät, Funktion einwandfrei, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot deutlich sichtbar.

Fieren mit 1,80 m/s bis 800 m Seillänge, Ausschwingen 3 Minuten, Absetzen mit 0,30 m/s, Aufhieven mit 0,10 m/s, Durchhieven mit 1,80 m/s.

Vorlot 1,66 m Kern, beim Einholen geht von der Basis etwas verloren, wieder bei der Demontage geklemmt, schräg gehalten, Oberfläche ausgespült.

Kolbenlot 4,45 m Kern, Fänger halb geschlossen, grauer zäher Schlick fest, Kolben hat getrennt, Oberteil auf Anschlag, Unterteil des Kolbens auf Sediment.

#### Kommentar:

Station wurde erneut ohne Echographieprofil gefahren. Das Gerät hing sehr lange im Wasser, da der Lastenschreiber kein Papier hatte. Nach Einsatz durch Elektroniker war der Schreiber defekt, deshalb kein Mitschrieb. Einsatz lief nur nach Pingergerät, maximale Seilentlastung und Kommando nur nach Monitoranzeige. Wir erhielten trotz einer Eindringtiefe von 12 m nur 4,45 m Kern. Mögliche Ursache: Kolbenunterteil steht auf Sedimentoberfläche, auf Klemmung an enger Rohrstelle (Riefen an der Rohrwandung) bei 4,45 m über Rohrende.

### 4 Station M 5/2-76/87-KL-2

22°58.948' N / 36°27.914' E                      894,0 m (unkorrigiert)

05. Februar 1987; 09:55 Uhr - 15:00 Uhr LT; 07:55 Uhr - 13:00 Uhr UTC

Kolbenlot      120 mm Ø,                      12 m,                      1 t Auflast, Scherstift-Kolben

Vorlot            80 mm Ø,                      2 m,                      150 kg Auflast, Alu-Rohr

Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m
Vorlotseil	8 mm Ø,	17,9 m

Pinger 50 m über Gerät, Funktion einwandfrei, getrennt Signale, gute Auflösung, Störungen auf Höhe Auspendeln werden behoben.

Fieren mit 1,72 m/s bis 800 m Seillänge, Ausschwingen ca. 5 Minuten, Absetzen mit 0,30 m/s, Aufhieven mit 0,13 m/s, maximale Zugkraft 22,95 kN, Durchhieven mit 1,65 m/s.

Vorlot 1,39 m Kern, diesmal gutes Handling, trotz Stopfenabdichtung oben beim Transport plötzlich 30 cm unten ausgedrückt, separat eingepackt.

Kolbenlot 11,67 m Kern, Fänger ohne Federn, grauer zäher Ton/Schluff, Kolben hat getrennt, Oberteil auf Anschlag, Unterteil direkt auf Sediment.

Kommentar:

Alles in allem eine gut gefahrene Station mit schneller Vorbereitungsarbeit und gutem Handling. Wir haben das Lot ungewöhnlich lange auspendeln lassen, da Einstellungs-korrekturen am Pingergerät nötig waren. Der Windenlastschreiber ließ sich nicht justieren. Es ist daher kein Mitschrieb vorhanden. Der Kugelfallkolben hat optimal funktioniert. Ergebnis: 11,67 m Kern ohne Wasser unter dem Kolben (maximale Kernlänge).

##### 5 Station M 5/2-98/87-KL

22°17.511' N / 37°34.896' E      921,2 m (unkorrigiert)

09. Februar 1987; 14:55 Uhr - 16:34 Uhr LT; 12:55 Uhr - 14:34 Uhr UTC

Kolbenlot	120 mm Ø,	12 m,	1 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr

Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m
Vorlotseil	12 mm Ø,	17,9 m

Pinger 50 m über Gerät, Funktion einwandfrei, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot.

Fieren mit 1,70 m/s bis 850 m Seillänge, Ausschwingen 2 Minuten, Absetzen mit 0,30 m/s, Aufhieven mit 0,13 m/s, maximale Zugkraft 22,95 kN, Durchhieven mit 1,68 m/s.

Vorlot 0,28 m Kern, Gerät ist wohl eingedrungen, Kern aber wahrscheinlich nicht gehalten.

Kolbenlot 9,92 m Kern, Fänger halb geschlossen, grauer weicher Schlick, aber in sich zäh (zieht sich), Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, 2 m Wassersäule zwischen Kolben und Sediment.

**Kommentar:**

Die Vorbereitungen und das seemännische Handling verliefen reibungslos. Auch die technischen Mängel sind behoben. Lastenschreiber und Parasound arbeiten gut. An der Winde steht ein unerfahrener Matrose (soll aber angelernt werden). Er hat nach dem Befehl Winde STOP den Befehl erst wiederholt und anschließend abgestoppt. Bei einer Eindringtiefe von ca. 12,3 m (Sediment am Gewichtssatz) erhielten wir einen Kern von nur 9,92 m. Am Rohr sind tiefe Längsrillen (bis 11,5 m) eingeschnitten, die auf eine durchstoßene oberflächennahe krustige (lithifizierte) Lage hindeutet. Ein sehr frühes Auslösen mit Kolbenstand ca. 1,0 m über Sedimentoberfläche bei Beginn Kernvorgang ist wahrscheinlich (Vorlotkern nur 0,28 m).

6 *Station M 5/2-100/87-KL*

22°59.016' N / 36°27.556' E      902,3 m (unkorrigiert)

10. Februar 1987; 06:35 Uhr - 11:46 Uhr LT; 04:35 Uhr - 09:46 Uhr UTC

Kolbenlot	200 mm Ø,	24 m,	3 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	16 mm Ø,	30,0 m	
Vorlotseil	12 mm Ø,	29,0 m	

Pinger 50 m über Gerät, Funktion einwandfrei, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot.

Fieren mit 1,68 m/s bis 820 m Seillänge, Ausschwingen 2 Minuten, Absetzen mit 0,25 m/s, Aufhieven mit 0,13 m/s, maximale Zugkraft 49,80 kN, Durchhieven mit 1,72 m/s.

Vorlot 1,95 m Kern, sehr gute Qualität, beim Transport rutschen trotz zweier Stopfen 0,38 m an der Basis aus, sie werden separat verpackt.

Kolbenlot 22,75 m Kern, Schneide ohne Fänger, an der Basis zäher grauer Schlick, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, ca. 1 m Wasser zwischen Kolben und Sediment.

**Kommentar:**

Diese Station brachte nach drei Anläufen bei Stationsnummer 100 den größten Erfolg dieser Reise und einen Rekordkern von 22,75 m Länge.

Nach (guter) und zügiger Vorbereitungsarbeit wurde das Gerät zum ersten Mal zu Wasser gelassen. Versuch wurde abgebrochen wegen Drift, schlechte Position, nochmals aufdampfen.

2. Anlauf bei 550 m Seillänge gestoppt. Bei Protokollführung festgestellt, daß falsches Vorlaufseil (für kleines Lot) montiert wurde, Abbruch, erst im 3. Anlauf erfolgreich.

Beim Einholen wird das Kolbenseil an der Verlängerung zum Übernahme-Auge beim Lauf über den Bolzen trotz guter Verschnürung derart gestaucht, daß das Seil gekürzt werden muß.

7 *Station M 5/2-128/87-KL*

21°31.352' N / 37°52.261' E          1269,1 m (unkorrigiert)

16. Februar 1987; 06:05 Uhr - 11:25 Uhr LT; 04:05 Uhr - 09:25 Uhr UTC

Kolbenlot	120 mm Ø,	12 m,	1 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m	
Vorlotseil	12 mm Ø,	17,9 m	

Pinger 50 m über Gerät, einwandfreie Funktion, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot.

Fieren mit 1,64 m/s bis 1200 m Seillänge, Ausschwingen 2 Minuten, Absetzen mit 0,34 m/s, Aufhieven mit 0,59 m/s, maximale Zugkraft 27,34 kN, Durchhieven mit 1,64 m/s.

Vorlot 0,68 m Kern (plus 0,30 m, die kurz über Wasseroberfläche ausgerutscht sind).

Kolbenlot 11,02 m Kern, Fänger vollständig geschlossen, an der Basis hellgraubrauner zäher Schlick, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, ca. 0,40 m Wasser unter Kolben.

Kommentar:

Schlechte Verständigung mit dem wachhabenden Offizier (1. Offizier). Er kann das Schiff nicht auf Position halten, will aber auch nicht mit Gerät außenbords verholen, dadurch zeitliche Verzögerung. Trotz klarer Anweisungen wurde das Gerät statt mit 0,1 m/s mit 0,6 m/s aus dem Sediment gezogen (zu schnell), Eindringtiefe nach Sedimentspuren am unteren Gewichtssatz ca. 12,6 m.

Schwierigkeiten mit dem Abdichten des Vorlotes. Ein Teil des Sedimentes rutscht aus.

8 Station M 5/2-131/87-KL

21°31.156' N / 37°52.717' E 1260,0 m (unkorrigiert)

16. Februar 1987; 12:00 Uhr - 20:30 Uhr LT; 10:00 Uhr - 18:30 Uhr UTC

Kolbenlot	200 mm Ø,	24 m,	3 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr

Kolbenseil	16 mm Ø,	28,9 m
Vorlotseil	8 mm Ø,	27,9 m

Pinger 50 m über Gerät, einwandfreie Funktion, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot.

Fieren mit 1,82 m/s bis 1180 m Seillänge, Ausschwingen 3 Minuten, Absetzen mit 0,33 m/s, Aufhieven mit 2 Zwischenstops (Windenausfall) mit 0,28 m/s, maximale Zugkraft 59,57 kN, Durchhieven mit 1,80 m/s.

Vorlot ohne Kern, Schneide verloren, an Basis Lot wenig Sediment.

Kolbenlot 19,90 m Kern, Federn nach außen gedrückt, beim Einholen noch Sediment verloren (geschätzt: 1,50 m) 0,24 m ausgedrücktes Sediment geborgen, Material an Basis sehr zäher hellbrauner Schlick mit dunkelgrauen und rötlichen Streifen (Schichtung?), Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, Wasser unter Kolben (Menge ca. 30 l).

Kommentar:

Routinemäßige Stationsarbeit, reibungsloser Verlauf bis 1005 m Seillänge, dort Monitorausfall, keine Anzeige. Nach Geräteauslösung kam es zum Totalausfall der Winde für gute 4 Minuten. Das Vorlot drang wahrscheinlich nicht ein und löste das Hauptlot frühzeitig aus (Wasser unter Kolben). Beim Einholen rutschte der Kern um geschätzte 1,5 m durch die Federn. 0,36 m konnten geborgen werden. Mögliche Ursache: Der Kolben am Tiefseeseil wird im Absatzgestell entlastet, Vakuumfunktion geht dabei verloren. Der Kolben rutscht zurück, bis der Klemmring sperrt (starke Markierungen an der Rohrwandung). Für die kommenden Stationen wurde das Tiefseeseil gegen den Kolben festgesetzt vor dem Einholen ins Absatzgestell.

Versuch mit verkürztem Kolbenseil.

## 9 Station M 5/2-143/87-KL-1

19°57.644' N / 38°08.323' E 788,3 m (unkorrigiert)

19. Februar 1987; 06:50 Uhr - 10:00 Uhr LT; 04:50 Uhr - 08:00 Uhr UTC

Kolbenlot	120 mm Ø,	12 m,	1 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m	
Vorlotseil	12 mm Ø,	17,9 m	

Pinger 50 m über Gerät, gute Funktion, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot vorhanden, aber undeutlich.

Fieren mit 1,68 m/s bis 700 m Seillänge, Ausschwingen 2 Minuten, Absetzen mit 0,29 m/s, Aufhieven mit 0,13 m/s, maximale Zugkraft 24,90 kN, Durchhieven mit 1,68 m/s.

Vorlot 0,65 m Kern, Sediment sitzt mittig im Rohr, darüber Wasser, darunter leer.

Kolbenlot 11,51 m Kern, Fänger vollständig geschlossen, an der Basis zäher grauer Schlick (foram. ooze), Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, kein Wasser unter dem Kolben.

## Kommentar:

Die Station verlief reibungslos. Gutes Handling und technischer Verlauf, sowie optimale Funktion des Kolbens erbrachten einen Kern von 11,51 m.

Manko: weiterhin Schwierigkeiten mit dem Vorlot; 0,65 m Kern sitzt mittig im Rohr, schlechte Qualität.

## 10 Station M 5/2-143/87-KL-2

19°58.824' N / 38°06.201' E 783,5 m (unkorrigiert)

19. Februar 1987; 08:20 Uhr - 17:55 Uhr LT; 06:20 Uhr - 15.55 Uhr UTC:

Kolbenlot	200 mm Ø,	24 m,	3 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	16 mm Ø,	20,0 m	
Vorlotseil	8 mm Ø,	27,9 m	

Pinger 50 m über Gerät, Funktion einwandfrei, getrennt Signale von Kolbenlot und Vorlot.

Fieren mit 1,55 m/s bis 700 m Seillänge, Ausschwingen 2 Minuten, Absetzen mit 0,27 m/s, Aufhieven mit 0,20 m/s, maximale Zugkraft 68,36 kN, Durchhieven mit 1,64 m/s.

Vorlot 0,75 m Kern, Federn (diesmal 6 Stück) völlig nach außen gedrückt, beim Einholen Sediment verloren; 0,24 m ausgedrücktes Sediment geborgen, Material: hellgrauer foram. Ooze, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, grob geschätzt (an Auslauf) ca. 3 m Wasser unter Kolben.

Kommentar:

Der anfangs zügige und reibungslose Stationsverlauf wird nach dem Aussetzen durch den Gesamtausfall von Echo-Control verzögert. Wir müssen ca. 20 Minuten warten, anschließend wieder gutes Manöver. Trotz erstmals eingesetzten Kolbensicherungen wurde Sediment an der Basis ausgedrückt, Federn wurden nach außen gedrückt. Test mit Schwerpunkt auf Kolbenfixierung und 6 Federn Gegen besserer Verzahnung? Erwies sich als falsch bzw. Unwirksam.

Fazit: Für die kommenden Stationen weiterhin Kolbenfixierung (bei 12 Stück).

11 Station M 5/2-174/87-KL-1

18°46.332' N / 39°19.944' E 764,7 m (unkorrigiert)

23. Februar 1987; 08:50 Uhr - 11:42 Uhr LT; 06:50 Uhr - 09:42 Uhr UTC

Kolbenlot	120 mm Ø,	12 m,	1 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	14 mm Ø,	20,0 m	
Vorlotseil	12 mm Ø,	17,9 m	

Pinger 50 m über Gerät, defekt, Austausch gegen Pinger von BIOTRANS, schwaches Signal durch halbe Signalfolge (1 Signal/2 s).

Fieren mit 1,68 m/s bis 700 m Seillänge, Ausschwingen ca. 1 Minute, Absetzen mit 0,29 m/s, Aufhieven mit 0,13 m/s, maximale Zugkraft 22,22 kN, Durchhieven mit 1,64 m/s.

Vorlot ohne Kern, Vorlot ist aber bis Gewichtsansatz eingedrungen.

Kolbenlot 10,36 m Kern, Fänger vollständig geschlossen, an der Basis graubrauner weicher Schlick, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, ca. 1,2 m Wasser unter Kolben (Schätzwert).

## Kommentar:

Station verläuft ohne besondere Begebenheiten routinemäßig. Es gibt keine Schwierigkeiten und Verzögerungen im Ablauf. Vermutlich war Zwangsdichtung des Vorlots undicht (Zusatz Meischner, 26.03.1987).

## 12 Station M 5/2-174/87-KL-2

18°44.524' N / 39°20.582'E                      799 m (nach Bildschirmskala Parasound)

23. Februar 1987; 11:45 Uhr - 19:55 Uhr LT; 09:45 Uhr - 17:55 Uhr UTC

Kolbenlot	200 mm Ø,	24 m,	3 t Auflast, Scherstift-Kolben
Vorlot	80 mm Ø,	2 m,	150 kg Auflast, Alu-Rohr
Kolbenseil	16 mm Ø,	28,9 m	
Vorlotseil	8 mm Ø,	27,9 m	

Pinger 50 m über Gerät (wieder schiffseigenes Gerät), gute Funktion, getrennt Signale für Kolbenlot und Vorlot, allerdings nur schwach erkennbar.

Fieren mit 1,64 m/s bis 720 m Seillänge, Ausschwingen nur weniger als 1 Minute (gutes Bodenprofil), Absetzen mit 0,42 m/s, Aufhieven mit 0,32 m/s, maximale Zugkraft 58,90 kN, Durchhieven mit 1,68 m/s.

Vorlot verloren, Messingbolzen am Auslöserarm abgebrochen. Kolbenlot 21,03 m Kern, Federn (wieder 12 Stück) voll nach außen durchgebogen, kein Sediment verloren, Kolben hat getrennt, oberer Teil auf Anschlag, Unterteil sitzt nur 5 cm unter Oberteil, sehr viel Wasser- auslauf, da neben Wasser unter Kolben auch Wasserfilm zwischen Kern und Rohrwandung.

## Kommentar:

Der planmäßige Verlauf der Station wird durch den Ausfall von Echo-Control (keine Tiefe, kein Parasound) verzögert. Die Wartezeit ist so groß, daß das Schiff von Position driftet, müssen neu verholen. Trotz Kolbensicherung und 12 Federn ist der Kern anscheinend gerutscht. Federn sind nach außen durchgedrückt, dennoch wohl kein Sediment verloren. Kolbenseil erneut gestaucht, nicht mehr zu gebrauchen.

Verlust des Vorlotes und des Vorlaufseiles und Wirbelschäkel durch Materialschwäche des Augbolzens zum Auslegerarm. Im Querschnitt des 12 mm Ø Augbolzens ist ein Einschluß von 5 mm Ø, der die Festigkeit des Verbindungselementes schwächte.

Decksmannschaft wartet nicht ab, bis Stopfen an TOP gesetzt ist, beim Aushieven des Rohres aus Absatzgestell rutscht der Kern nach oben.

## 13 Station M 5/2-181/87-KL-1

19°08.022' N / 39°06.810' E 1130,8 m (unkorrigiert)

25. Februar 1987; 13:30 Uhr (auf Station) - 14:42 Uhr LT; 11:30 Uhr - 12:42 Uhr UTC

Kolbenlot 120 mm Ø, 12 m, 1 t Auflast, Scherstift-Kolben  
 Vorlaufgewicht als Vorlot, 200 kg Auflast

Kolbenseil 14 mm Ø, 20,0 m  
 Vorlotseil 12 mm Ø, 17,9 m und verlängert auf 19,1 m

Pinger 50 m über Gerät, einwandfreie Funktion, gute Signale.

Fieren mit 1,60 m/s bis 1080 m Seillänge, Ausschwingen ca. 1,5 Minuten, Absetzen mit 0,29 m/s, Aufhieven mit 0,25 m/s, maximale Zugkraft 27,34 kN, Durchhieven mit 1,68 m/s.

Vorlaufgewicht anscheinend nur wenig eingedrungen.

Kolbenlot 10,36 m Kern, Fänger vollständig geschlossen, an der Basis grobkörniger foram. ooze, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, ca. 1,3 m Wasser unter Kolben?

## Kommentar:

Routinemäßiger Stationsverlauf bis zum Auslösen des Gerätes. Kommando Winde STOP kommt an der Winde nicht an, da Walky Talky ausfällt. Wir werden erst durch den Kapitän informiert. Es wurde nach Auslösen noch bis 1140 m Seillänge nachgefiert. Beim Hieven verstellt Elektroniker die Phase am Lastenschreiber mehrfach, keine spätere Vergleichsmöglichkeit mehr.

Für diesen Einsatz wurden ein neuer Bolzen am Auslegerarm montiert, der Hebel verkürzt und als Vorlot ein Gewicht (Eisen) von 200 kg verwendet. Das Vorlaufseil wurde entsprechend verlängert (gestückelt) unter der Annahme, daß das Gewicht bei ca. 0,20 cm Eindringtiefe das Hauptlot auslöst.

## 14 Station M 5/2-181/87-KL-2

19°08.604' N / 39°06.746' E 1129,3 m (unkorrigiert)

25. Februar 1987; 14:42 Uhr - 21:40 Uhr LT; 12:42 Uhr - 19:40 Uhr UTC

Kolbenlot 200 mm Ø, 24 m, 3 t Auflast, Scherstift-Kolben  
 Vorlaufgewicht als Vorlot, 200 kg Auflast

Kolbenseil 18 mm Ø, 30,0 m

Vorlaufseil mehrere Teilstücke verschiedener Stärken; (12 - 16 mm Ø); 29,0 m

Pinger 50 m über Gerät, einwandfreie Funktion, deutliche Signale.

Fieren mit 1,62 m/s bis 1060 m Seillänge, Ausschwingen ca. 1 Minute, Absetzen mit 0,25 m/s, Aufhieven mit 0,33 m/s, maximale Zugkraft 62,01 kN, Durchhieven mit 1,22 m/s.

Vorlaufgewicht nur wenig ins Sediment eingedrungen.

Kolbenlot 21,74 m Kern, Federn (12 Stück und verstärkt) innen an Rohrwandung, fester graugrüner Schlick mit Schalenresten, Kolben hat nicht getrennt, auf Anschlag, 2 m Wasser unter Kolben.

Kommentar:

Regulär gefahrene Station bei gutem seemännischem Handling und reibungslosem Arbeitsablauf.

Vorlaufseil besteht aus mehreren Teilstücken, für hier und alle weiteren Stationen dient das Gewicht als Vorlot. Neues Kolbenseil ist abgeschnitten vom Tiefseeseil METEOR, 18 mm Ø, Länge wieder als ursprüngliches Kolbenseil: 30,0 m.

15 Station M 5/2-233/87-KL

12°43.260' N / 43°14.873' E 209,0 m (unkorrigiert)

06. März 1987; 05:30 Uhr - 09:45 Uhr LT; 03:30 Uhr - 07:45 Uhr UTC

Kolbenlot 200 mm Ø, 3 t Auflast, Scherstift-Kolben

Vorlaufgewicht als Vorlot, 200 kg Auflast

Kolbenseil 16 mm Ø, 16,0 m

Vorlaufseil 12 mm Ø, 16,5 m und Gewicht (0,40 m)

Pinger 30 m über Gerät, ordentliche Funktion, etwas schwache Wiedergabe der Signale.

Fieren mit 1,05 m/s bis 170 m Seillänge, Ausschwingen wegen starker Strömung ca. 4 Minuten, Absetzen mit 0,35 m/s, Aufhieven mit 0,21 m/s, maximale Zugkraft 39,55 kN, Durchhieven mit 1,05 m/s.

Kolbenlot ohne Kern, Rohr ist nicht eingedrungen.

## Kommentar:

Fehlversuch! Der Einsatz auf dieser Position war der Versuch, südlich der Schwelle von Babel-Mandeb in Erosionsrinnen die nach Parasound dünne (max. 5 m) Auflage von grobkörnigem Sediment auf bedrock mit möglichst viel Auflast zu kernen. Das Rohr ist wahrscheinlich nur wenig oder gar nicht eingedrungen. Die Schneide wurde abgerissen, die Nieten scherten ab, das Rohr wurde verbogen und unterhalb des Gewichtssatzes leicht gestaucht (einseitig!).

Hier wäre möglicherweise der Einsatz eines 6 m-Rohres mit 3 t Auflast erfolgversprechender gewesen. Für diese Kombination waren wir nicht ausgerüstet.

16 Station M 5/2-259/87-KL-1

12°51.4760' N / 47°25.037' E 1628,8 m (unkorrigiert)

11. März 1987; 08:30 Uhr - 11:26 Uhr LT (KoLot an Deck); 06:30 Uhr - 09:26 Uhr UTC

Kolbenlot 120 mm Ø, 12 m 1 t Auflast, Scherstift-Kolben  
Vorlaufgewicht als Vorlot, 200 kg Auflast

Kolbenseil 14 mm Ø, 20,0 m  
Vorlaufseil 12 mm Ø, 17,9 m und verlängert auf 19,1 m

Pinger 50 m über Gerät, einwandfreie Funktion, gute Signale.

Fieren mit 1,68 m/s bis 1580 m Seillänge, Ausschwingen ca. 1,5 Minuten, Absetzen mit 0,46 m/s, Aufhieven mit 0,21 m/s, maximale Zugkraft 29,79 kN, Durchhieven mit 1,39 m/s.

Vorlaufgewicht ist nur wenige cm tief eingedrungen und auf die Seite gefallen.

Kolbenlot 10,36 m Kern, Fänger offen, an der Basis dichter, zäher grünlichgrauer Schlick, Kolben hat nicht getrennt, beide auf Anschlag, ca. 20 l Wasser zwischen Kolben und Sediment.

## Kommentar:

Reibungsloser Ablauf der Station bis zum Auslösemoment, P. Schlie hat sich auf Pingergerät in der Höhe des Lotes über Boden verschätzt. Kommando Winde STOP nach Auslösen kam daher 3 - 4 s nach Auslösen. Auswirkungen auf Kernlänge unbekannt.

17 Station M 5/2-259/87-KL-2

12°51.553' N / 47°25.024' E 1624,1 m (unkorrigiert)

11. März 1987; 11:26 Uhr - 21:45 Uhr LT; 09:26 Uhr - 19:45 Uhr UTC

Kolbenlot 200 mm Ø, 24 m 3 t Auflast, Scherstift-Kolben  
Vorlaufgewicht als Vorlot, 200 kg Auflast

Kolbenseil 18 mm Ø, 30,0 m  
Vorlaufseil mehrere Teilstücke verschiedener Stärken (12 - 16 mm Ø); 29,0 m.

Pinger 50 m über Gerät, Pinger von BIOTRANS, einwandfreie Funktion, deutliche Signale.

Fieren mit 1,65 m/s bis 1540 m Seillänge, Ausschwingen genau 17 Minuten (Positionskorrektur), Absetzen mit 0,35 m/s, Aufhieven mit 0,29 m/s, maximale Zugkraft 73,97 kN, Durchhieven mit 1,40 m/s.

Vorlaufgewicht ist nur wenige Zentimeter tief eingedrungen.

Kolbenlot 22,12 m Kern, Federn (12 Stück und verstärkt) liegen an Rohrwandung an, fester, zäher graugrüner sandiger Schlick, Kolben hat nicht getrennt, beide auf Anschlag, ca. 1,5 m Wasser unter Kolben.

Kommentar:

Stationsrhythmus wurde durch die Einschaltung einer kleinen Planktonstation während der Umrüstzeit von 12 m auf 24 m erheblich gestört. Wir mußten noch warten, bis die Planktologie abgeschlossen war. Dadurch sind wir von Position gedriftet, Gerät zweimal zu Wasser, langes Auspendeln wegen Verdriften, müssen neu positionieren. Unmittelbar nach Auslösen fiel die Winde für 4,5 Minuten aus. Rohr kam dennoch unverbogen hoch, war 22,50 m eingedrungen und hatte einen Kern von 22,12 m (optimales Verhältnis zwischen Eindringtiefe und Kernlänge).

### 5.2.16.1 Abschließende Beurteilung (D. Meischner)

Die Reise "Rotes Meer" führte mit einem neuen Schiff, neuer Lottechnik und neuer Decksmannschaft in ein für uns neues Meer mit unbekanntem Sedimenten. Wir hatten nur 2 Plätze für je einen Wissenschaftler und einen Gerätetechniker für Kolbenlote, die als schwierig zu fahren gelten, und von denen das 24 m-Lot das zur Zeit anspruchvollste Gerät ist. Unter diesen Umständen ist das Ergebnis der Reise hervorragend, und zwar in mehrfacher Hinsicht.

Von 16 Einsätzen waren 15 erfolgreich. Nur der erste Versuch mit dem 24 m-Lot, schon auf der ersten Station gefahren, schlug nach gutem Beginn fehl, weil das Probenrohr beim Anheben aus unbekanntem Gründen brach. Eine solche Erfolgsquote von über 90% der Einsätze ist absolut ungewöhnlich.

Das kleine (12 m) Kolbenlot erbrachte im Schnitt 9,90 m Kernlänge. Das 24 m-Lot lag mit einer durchschnittlichen Kernlänge von 20,80 m (ohne Fehlversuch) weit über jeder Erwartung. Aus dem Verhalten des Vorlotes und Beanspruchungsspuren an den Kolbenlotrohren ist zu schließen, daß auf vielen Stationen die Oberfläche der Sedimente verkrustet war oder aber einzelne Schichten der karbonatischen Sedimente diagenetisch erhärtet sind.

Die Kolbenlotkerne aus dem Roten Meer, insgesamt 214 m, werden für die Aufhellung der Paläo-Ozeanographie dieses Meeres und für die globale Meeresspiegel- und Klimageschichte wichtige neue Erkenntnisse bringen. Sie sind ein absolut einmaliges Material.

Es sollte nicht vergessen werden, daß allein schon die organisatorische und die physische Leistung bewundernswert sind. Ein Kolbenlotkern von über 22 m Länge wiegt fast 1,5 Tonnen! Es muß an Bord in Stücke von je 3 m Länge und 180 kg Gewicht zerlegt, luftdicht verpackt und gestaut werden. Das eine solche Leistung möglich gewesen ist, spricht nicht nur für die beiden verantwortlichen Probennehmer, sondern ebenso für die Seemannschaft von Schiffsführung und Mannschaft und die Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen.

Wir haben jeden Grund, der Schiffsführung, der Mannschaft, dem Fahrleiter, den Wissenschaftlern der Nachbardisziplinen und den Technikern zu danken.

### **5.3           Dritter Fahrtabschnitt**

#### **5.3.1         Unterabschnitt 3a**

##### **5.3.1.1       Hydrographie (H. Ashraf, W. Lenz, J. Ribbe)**

###### *Aufgabenstellung*

Es galt im Rahmen des meeres- und fischereibiologischen Programms für das Untersuchungsgebiet und für die Untersuchungszeit den hydrographischen Zustand in den oberen 200 m sowie dessen zeitliche Veränderung festzustellen. Von besonderem Interesse war die Frage, ob auch in der Übergangszeit von NE- zu SW-Monsun vor der omanischen Küste Auftriebserscheinungen vorkommen.

###### *Untersuchungsverfahren*

Da die Forschungsschwerpunkte dieses Fahrtabschnittes sehr zeitaufwendig waren, blieben

für diese Untersuchungen keine größeren zusammenhängenden Schiffszeiten, wie sie für eine dreidimensionale quasisynoptische Aufnahme von hydrographischen Verhältnissen eigentlich notwendig gewesen wären. Doch erlaubte das zweimalige Durchlaufen eines 80 x 40 sm Grids mit 25 Stationen sowie das viermalige Aufsuchen der Zentralstation ein mit Einschränkung akzeptables Meßprogramm.

Auf jeder biologischen Station wurde ein CTD Gerät (Multisonde von ME; Ersatz Bathysonde von Howaldt) eingesetzt, anfangs bis 200 m Tiefe, später bis 500 m und einige Male auch bis zum Boden. Gleichzeitig lief während des gesamten Fahrtabschnittes der bordseigene Thermosalinograph.

Da die Salzgehaltsmessungen die aussagekräftigsten Informationen enthielten, wurden daraus an Bord Schnitte und Zeitreihen von Hand gezeichnet. Zur Identifikation von Wasserkörpern wurden darüber hinaus T-S-Diagramme erstellt.

Um einen Eindruck von der Oberflächentemperatur in der gesamten Arabischen See zu bekommen, wurden von der Bordwetterwarte gelegentlich Polaroidfotos von IR-Satellitenaufnahmen (NOAA 9) gemacht.

#### *Erste Ergebnisse*

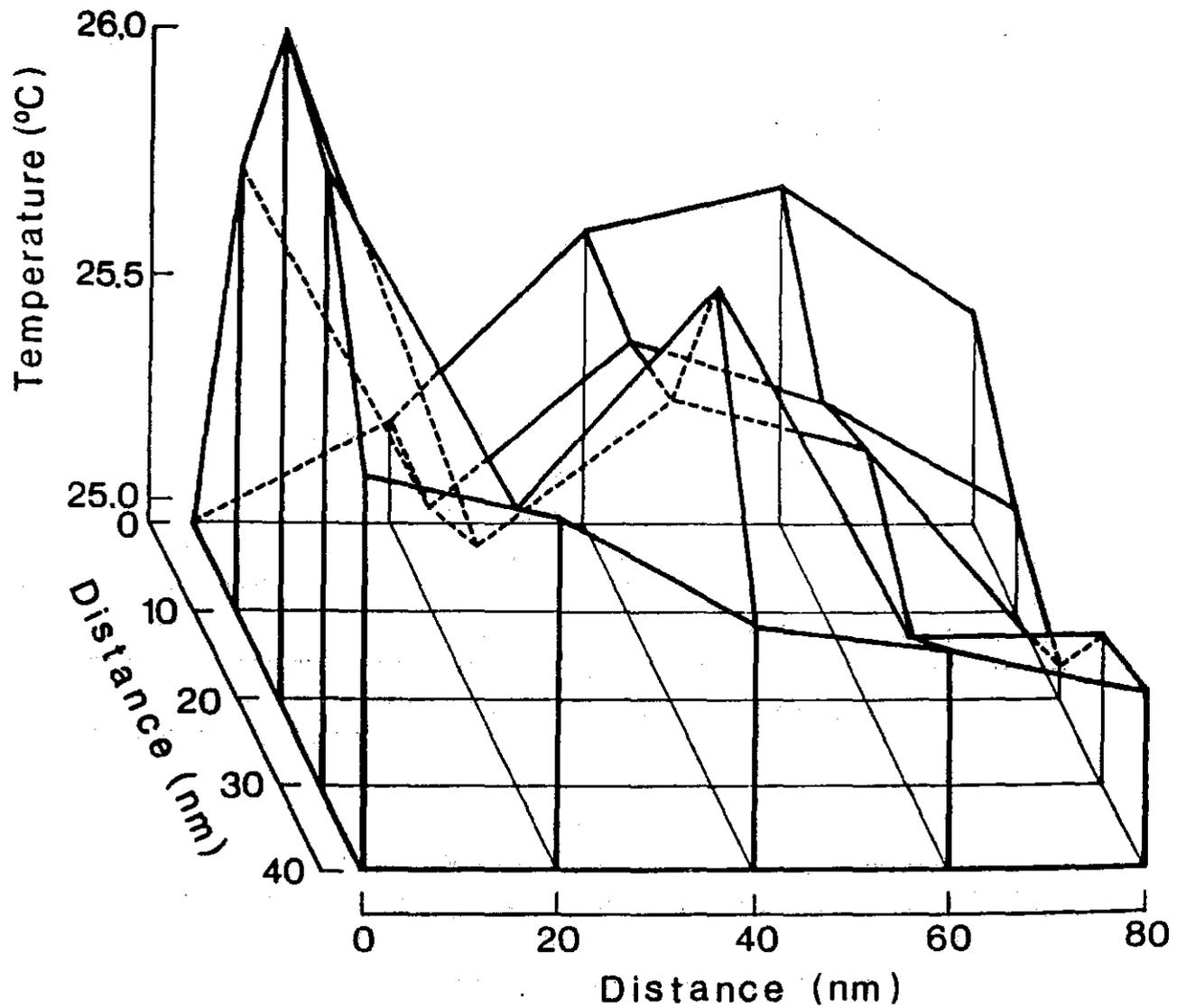
Die Oberflächentemperatur im Untersuchungsgebiet lag zwischen 25° und 26,5°C, der entsprechende Salzgehalt zwischen 36,5 und 36,7 ‰. Auftriebserscheinungen waren nicht festzustellen. Lediglich auf den beiden südwestlichen Stationen des Grids auf dem Schelf lagen Temperatur- und Salzgehaltswerte - verglichen mit denen im übrigen Gebiet - in um 30 - 50 m geringeren Tiefen, und zwar 30 bis 50 m bei übrigen Durchgängen. Dieses spricht für eine verstärkte Aufwärtsbewegung im Wasser. Fronten sind keine beobachtet worden.

Die Oberflächenverteilung der Temperatur wird beispielhaft in Abbildung 24 dargestellt.

Auf allen Stationen zeigte sich eine mal mehr, mal weniger gut ausgeprägte Deckschicht, wobei allerdings die Homogenität in der Temperatur von 0 - 30 m und im Salzgehalt von 40 - 90 m Tiefe reichte.

Zwischen 150 - 350 m lag ein intermediäres Salzgehaltsminimum, als dessen Quelle mit hoher Wahrscheinlichkeit der Persische Golf angesehen werden kann.

So gleichförmig im Groben die hydrographische Situation während der dreiwöchigen Untersuchungszeit auch war, so zeigt doch das räumlich und zeitlich enge Stationsraster eine große Vielfalt im Detail. Das aber spricht für kleinskalige Verwirbelungsprozesse, wie sie in der Nähe eines in den Ozean hineinragenden kontinentalen Vorsprungs (Ostecke der arabischen Halbinsel) als Störung im Strömungssystem zu erwarten sind.



**Abb. 24:** Verteilung der Oberflächentemperatur beim Stationsgrid I (31.03.-02.04.1987) vor der Küste des Sultanats Oman

**5.3.1.2 Planktologie** (B. Zeitzschel, P. Fritsche, F. Jochem, H. Maske, U. Passow, R. Peinert, K.O. Rothaupt)

*Fahrtablauf*

Um die Positionen der Zentralstation und des Grids festzulegen, wurde am Anfang der Untersuchung ein Schnitt parallel zur Küste von Oman gefahren, auf dem die Oberflächenfluoreszenz und die Oberflächentemperatur registriert wurde. Alle 50 m wurden Proben zur Erstellung von Vertikalprofilen der Temperatur, der Salinität, der Fluoreszenz, des Chlorophyll-a Gehaltes und der Nährsalze genommen.

In der Nähe der Station 297 wurde die Zentralstation, und um diese das Grid gelegt.

Die Arbeiten auf der Zentralstation gliederte sich in 4 Phasen von jeweils 2 - 3 Tagen, wobei zwischen den Phasen 1 und 2 sowie 3 und 4 Gridfahrten und fischereibiologische Untersuchungen von jeweils 3 Tagen lagen. Die zweimalige, quasisynoptische Aufnahme von fischereibiologischen, hydrographischen und planktologischen Parametern in dreitägigem Abstand auf einem Gebiet von 40 x 80 m mit einem Stationsabstand von 10 - 20 m diente zur Erfassung der räumlichen Heterogenität der Meßparameter und zur Absicherung der Repräsentativität der ausgewählten Zentralstation innerhalb des Untersuchungsgebietes parallel zur Küste Omans. Die planktologischen Aktivitäten beschränkten sich auf diesem Grid auf die kontinuierliche Verfolgung der Oberflächenkonzentrationen von Nährsalzen und Chlorophyll-a und die Aufnahme von Vertikalprofilen von in vivo-Fluoreszenz und Nährsalzen.

*Methoden und erste Ergebnisse*

Suchschritt und Grid

Die hohen Oberflächentemperaturen (über 25,8°C) und niedrige Nährsalzkonzentrationen (Nitrat an der unteren Nachweisgrenze, Phosphat ca. 0,3 µmol, Silikat zwischen 0 und 1,0 µmol) in den oberen Metern, bestätigten die Vermutung, daß um diese Jahreszeit keine Auftriebserscheinungen anzutreffen sind. Die Chlorophyll-a Gehalte lagen an der Oberfläche bei 0,2 µg/l, und zwischen 0,5 und 1,0 µg/l Chl.-a/l in 20 - 30 m Tiefe. Unter diesem Chl.-a Maximum war kaum Chl.-a Biomasse vorhanden. Eine deutliche Ausnahme bildete die Station 297, an der Chl.-a Konzentrationen bis zu 2 µg Chl.-a/l an der Oberfläche gemessen wurden. Auch die Nährsalzkonzentrationen an der Oberfläche waren deutlich höher als bei den übrigen Stationen des Schnittes (Nitrat = 0,5 µmol, Phosphat = 0,5 µmol). Mittelskalige (kleiner 50 m) Prozesse müssen zur Zufuhr von Nährsalzen in die Oberflächenschicht geführt haben, woraufhin es hier zu Phytoplanktonwachstum kommen konnte.

Das Untersuchungsgebiet wurde über die Schelfkante der omanischen Küste gelegt und umfaßte daher einen Bereich von Wassertiefen von 50 m bis mehr als 3000 m. Als auf beiden Gridfahrten wiederkehrendes Muster in der horizontalen Chl.-a Verteilung fällt auf, daß die südwestlichen flachen, küstennahen Stationen die bei weitem höchsten Konzentrationen aufwiesen, mit maximal 2,3 bzw. 1,7 mg Chl.-a/m<sup>3</sup> auf Grid 1 und 2. Zusammen mit einer um 1°C deutlich niedrigeren Oberflächentemperatur und den weiter unten angesprochenen Vertikalverteilungsmustern der in vivo-Fluoreszenz läßt dies die Vermutung zu, daß in diesem Flachwasserbereich nährsalzarmes Wasser in die euphotische Zone gelangt ist und die Umwandlung der über den Bodenkontakt angereicherten Nährsalze in Phytoplanktonbiomasse

stimuliert hat. Auf den anderen Stationen betragen die Chl.-a Konzentrationen an der Oberfläche  $0,2 - 0,6 \text{ mg Chl.-a/m}^3$ , mit einer generellen leichten Abnahme von Grid 1 zu Grid 2. Bei den Nährsalzen konnten für Phosphat Werte um  $0,3 \mu\text{mol}$  festgestellt werden, mit küstennahen Maxima bis zu  $0,7 \mu\text{mol}$ , während die Nitratkonzentrationen häufig an der unteren Grenze der Nachweisbarkeit lagen.

Die Fluoreszenzprofile, die mit Einschränkungen als grobes Maß für die Vertikalverteilung der Phytoplanktonbiomasse dienen, zeigen auf beiden Grids generell geringe Werte in Oberflächennähe und Maxima zwischen 20 und 40 m, die oft mit verstärkten vertikalen Temperaturgradienten zusammenfallen. Wie auch bei den Oberflächenregistrierungen fällt bei den Vertikalverteilungen die südwestlichste, küstennahe Station auf: Die Fluoreszenz erreicht hier sehr viel größere Werte als auf den übrigen Stationen und das Maximum liegt an der Oberfläche. Höhere Fluoreszenzwerte an der Oberfläche und ein weniger stark ausgeprägtes Maximum in der Tiefe wurden auch auf den Stationen 313 - 315 in dem Bereich des 1. Grids angetroffen, in den die Zentralstation gelegt wurde. Dieses Muster war in den Phasen 1 und 2 der Zentralstation ebenfalls zu beobachten. Bei den Nährsalzen war eine Verarmung in den oberflächennahen Schichten bis in die Tiefe der saisonalen Temperatursprungschicht zu beobachten.

Die Profile des zweiten Grids zeigen eine größere horizontale Homogenität in der vertikalen Fluoreszenzverteilung, wieder mit der Ausnahme der südwestlichen, küstennahen Stationen. Das vorgefundene Tiefenfluoreszenzmaximum der Stationen des zweiten Grids auch im Bereich der Zentralstation stimmt gut mit den Befunden der Zentralstation in der Phase 4 überein.

### *Zentralstation*

Die Fluoreszenzprofile entsprachen den Profilen der diskreten Chl.-a Proben recht gut, obwohl Fluoreszenzmaxima wesentlich ausgeprägtere Gradienten, als die entsprechenden Chl.-a Maxima aufweisen. Durch die hohe Einstrahlung bedingte Tag - Nacht Unterschiede in den oberen Metern der Fluoreszenzprofile konnten nicht beobachtet werden.

Während der ersten Phase der Zentralstation vom 29. - 31.03. wurden hohe Chl.-a Werte von der Oberfläche bis in 35 m Tiefe gemessen ( $1 - 1,5 \mu\text{g Chl.-a/l}$ ), die Profile waren also dem der Station 297 des Schnittes und denen der Stationen 313 - 315 des ersten Grids ähnlich. Ab 50 m Tiefe lagen die Chl.-a Konzentrationen während der gesamten Untersuchung unter  $0,3 \mu\text{g/l}$ .

Ein Vergleich dieser ersten Phase der Zentralstation mit den späteren Untersuchungen an dieser Station läßt Rückschlüsse auf die zeitliche Entwicklung zu, obwohl davon ausgegangen werden muß, daß advektive Prozesse besonders zwischen der dritten und vierten Phase eine Rolle spielten. Die Chl.-a Konzentrationen während der zweiten und dritten Phase an der Zentralstation (2.4 - 7.4) lagen mit Maximalwerten unter  $1,0 \mu\text{g Chl.-a/l}$  insgesamt niedriger als in dem vorangegangenen Untersuchungszeitraum. Der über eine 100 m tiefe Wassersäule integrierte Chl.-a Gehalt nimmt von ca.  $70 \text{ mg Chl.-a/m}^2$  in der ersten Phase auf durchschnittlich  $40 \text{ mg/m}^2$  während der zweiten und dritten Phase ab. Innerhalb des Zeitraumes der zweiten und dritten Phase zeigt sich die Tendenz des Chl.-a Maximums, und ausgeprägter des Fluoreszenzmaximums, von der Oberfläche in eine Tiefe von 25 - 35 m abzusinken. Ein ausgeprägtes Tiefenchlorophyllmaximum in ca. 35 m Tiefe fanden wir am

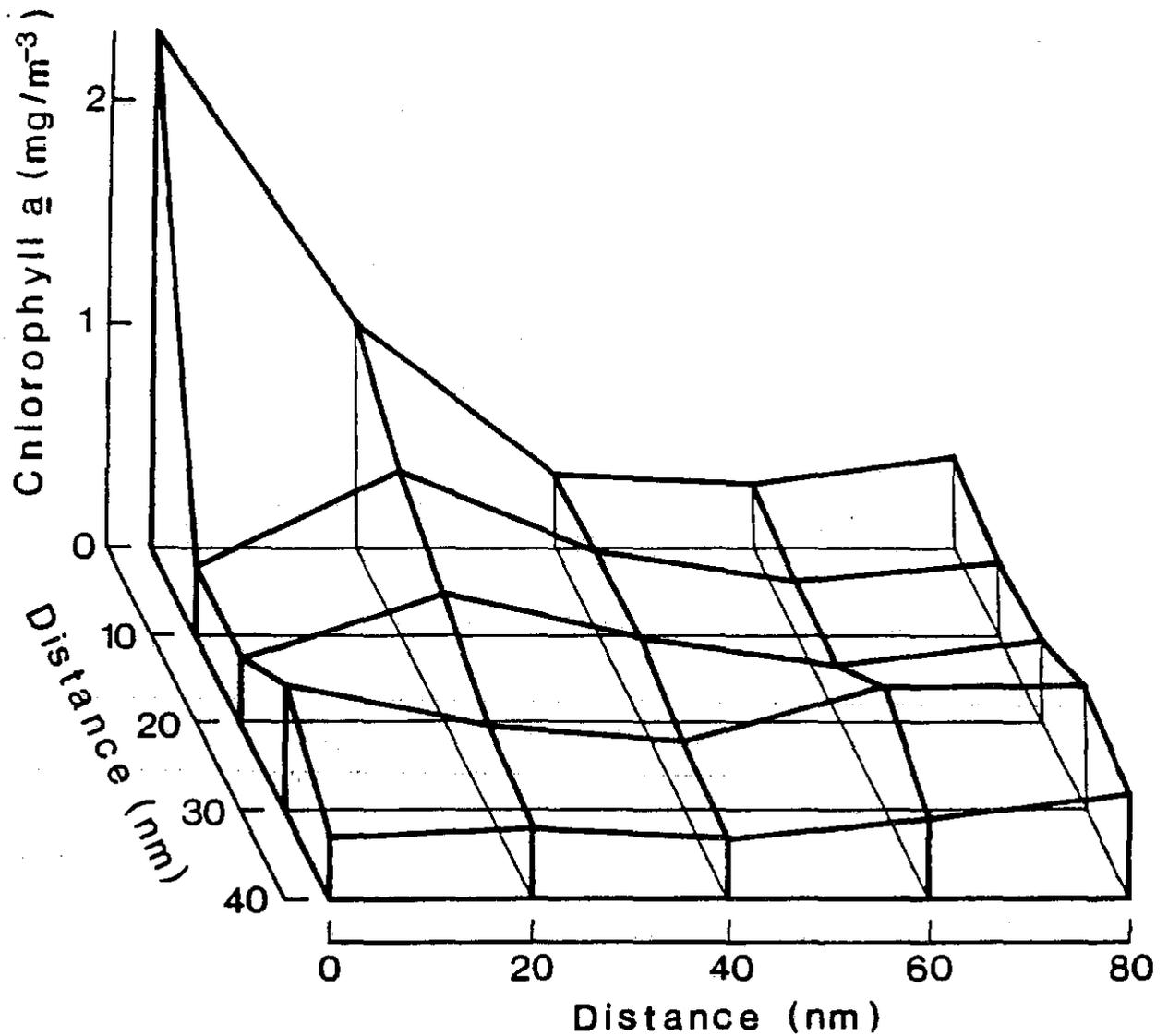
10.04. und 11.04. - der vierten und letzten Phase an der Zentralstation vor. Die Chlorophyllkonzentration in den Oberflächenproben hatte auf Werte unter  $0,25 \mu\text{g Chl.-a/l}$  abgenommen, die Maximalkonzentrationen in 35 m Tiefe lagen bei knapp über  $0,7 \mu\text{g Chl.-a/l}$ . Der ruhige Verlauf der Fluoreszenzprofile dieser Phase im Vergleich zu den vorangegangenen, weist auf die Abwesenheit größerer Diatomeen und langer Ketten in dieser Phase hin. Die Situation wie sie in der vierten Phase vorgefunden wurde: sehr niedrige Oberflächen Chl.-a Konzentrationen, und ein schwaches Chl.-a Maximum in ca. 35 m Tiefe - in Höhe des saisonalen Temperatursprunges - scheint in diesem Gebiet und um diese Jahreszeit die Regel zu sein. (Abb. 25). Eine Regel, die immer wieder durch ihre Ausnahme - (durch Nährsalz-, besonders Nitratzufuhr bedingtes Phytoplanktonwachstum in den oberen Metern) - bestätigt wird.

Ähnlich wie bei Station 297 des Schnittes, wird das Mikroplankton (Auswertung der  $20 \mu\text{m}$  Netzfänge) in der ersten Phase der Dauerstation von großen Diatomeen gestellt. Die Artensammensetzung jedoch war sehr unterschiedlich. Während auf Station 297 eine hohe Artenvielfalt großer Diatomeen (*Guinardia Eucampia*, *Bidulphia*, *Stephanopyxis*, *Rhizosolenia* und *Chaetoceros*arten) vorgefunden wurde, wurde das Plankton der Zentralstation (Station 301, 303) weitgehendst von *Rhizosolenia alata*, *R. cochlea* und 2 - 3 weiteren häufigen *Rhizosolenia*arten dominiert. Zudem wurden *Guinardia flaccida* und eine kleine kugelige ( $30 \mu\text{m}$ ) *Protoperdinium*art gefunden. Dieses Bild hat sich zwei Tage später (Station 333) während der zweiten Phase der Zentralstation nicht geändert, die Dominanz der *Rhizosolenia* hielt die folgenden 5 Tage (Phase 2 - 3) an. Auffällig war jedoch der hohe Anteil der *Rhizosolenia* auf Station 340, die in Auxosporenbildung begriffen waren. Einen völlig anderen Eindruck vermittelten die Proben der vierten Phase dieser Zentralstation drei bis vier Tage später: die Proben waren viel leerer, große Diatomeen waren selten. Das Phyto- und Protozooplankton dieser Stationen (387, 391) war durch große Diversität charakterisiert: verschiedene *Tintinnen*arten, sehr viele unterschiedliche *Radiolarien*, einige planktische *Foraminiferen*, diverse typisch tropische *Ceratium* und *Dinophysis*arten und einige Diatomeen bildeten den Bestand des Netzplanktons.

#### *Primärproduktion*

Während der ersten vier Zentralstationen wurde die Primärproduktion mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode unter in situ Inkubation in 6 oder 7 Tiefen gemessen (1, 5, 15, 25, 35, 50, 70 m). Mit einer Ausnahme wurden 2 Inkubationen pro Tag (Vormittag und Nachmittag) mit Inkubationszeiten von 4 - 7 Stunden durchgeführt. Neben den klassischen Dunkelproben wurden parallel dunkle, mit DCMU versetzte Proben inkubiert, die niedrigere Dunkelwerte liefern sollen als einfach abgedunkelte Flaschen (LEGENDRE et al., 1981). Da sich in der Höhe der Dunkel-/DCMU-Werte keine Tendenz mit der Tiefe feststellen ließ, wurde jeweils der niedrigste Dunkel-/DCMU-Wert einer Inkubationsserie in der Berechnung der Produktion berücksichtigt.

Von den 14 in situ-Inkubationen wurden 12 Inkubationen in die Größenklassen "gesamt", " $< 20 \mu\text{m}$ " und " $< 2 \mu\text{m}$ " unter Verwendung einer  $20 \mu\text{m}$  Gaze respiriert.  $2 \mu\text{m}$  Nucleoporefilter und Teflonsieben aufgetrennt, um den Beitrag der Fraktionen des Mikro- ( $> 20 \mu\text{m}$ ), Nano- ( $2 - 20 \mu\text{m}$ ) und Picoplanktons ( $< 2 \mu\text{m}$ ) abzuschätzen.



**Abb. 25:** Verteilung von Chlorophyll-a an der Oberfläche beim Stationsgrid I (31.03.-02.04.1987) vor der Küste des Sultanats Oman

Es wurden Zeitserien im Bereich von 10 Minuten bis 12 Stunden zur Aufnahme von  $^{14}\text{C}\text{-CO}_2$  sowie im Bereich von 10 Sekunden bis 2 Stunden zur Aufnahme von  $^{14}\text{C}\text{-Glucose}$  durchgeführt. Die Proben wurden in Quarzflaschen in einem speziellen Tageslichtinkubator, der mittels verschiedener Kantenfilter unterschiedliche Bereiche des UV Lichtes absorbiert, inkubiert oder für eine gewisse Zeit in diesem exponiert und dann im Kunstlicht-Inkubator nach GARGAS inkubiert. Mit diesen Experimenten sollte eine mögliche Abhängigkeit der Photoinhibition festgestellt werden.

Aus den Ergebnissen der in situ-Inkubationen läßt sich nicht auf eine Photoinhibition schließen. Die Produktionswerte erreichen entgegen der Biomasseverteilung (Fluoreszenzprofile) ihr Maximum an der Oberfläche. Lediglich während der dritten Zentralstation findet sich das Produktionsmaximum nicht an der Oberfläche, sondern in der Tiefe des Fluoreszenzmaximums.

Über den Untersuchungszeitraum geht die Primärproduktion in Übereinstimmung mit der allgemeinen Abnahme der Biomasse zurück. An der ersten Zentralstation werden Produktionswerte von 3,0 bis 4,7 mg C/m<sup>3</sup>/h an der Oberfläche und ca. 0,1 - 0,3 mg C/m<sup>3</sup>/h in 50/75 m Tiefe erreicht. Die integrierte Tagesproduktion liegt bei 1,1 - 1,45 g C/m<sup>2</sup>/d. Während der zweiten Zentralstation liegt die Primärproduktion mit Oberflächenwerten von 2,7 - 4,7 mg C/m<sup>3</sup>/h und integrierten Tageswerten von 1,13 - 1,46 g C/m<sup>2</sup>/d in der gleichen Größenordnung wie während der ersten Zentralstation. Auf der dritten Zentralstation wird mit maximal 2,2 mg C/m<sup>3</sup>/h und 0,45 - 0,72 g C/m<sup>2</sup>/d eine wesentlich geringere Produktivität aufgefunden, die sich in der gleichen Größenordnung auch auf der vierten Zentralstation findet.

Auf der Basis der integrierten Produktions- und Chlorophyllwerte ergeben sich Assimilationszahlen (mg C/mg Chl.-a/h) von 1,04 - 2,8, die keine deutliche Tendenz mit der Zeit und damit mit der abnehmenden Produktivität zeigen.

Eine im Kunstlicht-Inkubator durchgeführte Zeitserie (1, 2, 4 und 12 Stunden) ergab bis zu einer Inkubationszeit von vier Stunden einen fast idealen linearen Verlauf der Karbonataufnahme. Eine Inkubationszeit von 12 Stunden erbringt dagegen nur ca. 65 % der Kurzzeitwerte und führt zu einer signifikanten Unterschätzung der Primärproduktion. Ein Vergleich einer Vormittagsinkubation (6,45 Stunden) mit einer 24 Stunden-Inkubation (Station 351) zeigt, daß die 24 Stunden-Inkubation nur 40 - 49 % der Produktivität der Vormittagsinkubation ergibt, also auch hier zu einer signifikanten Unterschätzung der Primärproduktion führt. Entgegen den Ergebnissen von GOLVER et al. (1985) aus der Sargasso See wird bei der Langzeitinkubation der Anteil des Picoplanktons nicht unterschätzt, sondern liegt ca. 10 % über den entsprechenden Anteilen der Kurzzeitinkubation. Der Anteil der Mikroplanktonfraktion bleibt von der Länge der Inkubation unberührt.

Photoinhibition führte dazu, daß bei Kurzzeitinkubationen bis zu 30 Minuten im vollen, uneingeschränkten Tageslicht stets niedrigere Karbonataufnahmeraten gefunden wurden als im Kunstlicht-Inkubator. Die im Kunstlicht-Inkubator nach der Tageslichtexposition gemessene Primärproduktion nahm linear mit der Expositionszeit ab. Nach 30 Minuten betrug die Karbonataufnahme nur etwas mehr als die Hälfte der nicht exponierten Probe.

Bei dreißigminütiger Inkubation wurde eine spektrale Abhängigkeit der Photoinhibition im Tageslicht beobachtet. Dabei kann der Tageslichtspektralbereich von 360 bis 400 nm die Karbonataufnahme auf den Wert reduzieren, der mit dem vollen Tageslichtspektrum erreicht

wird. Bei zehnmütiger Inkubation wurde keine spektrale Abhängigkeit der Photoinhibition beobachtet.

Die experimentellen Arbeiten der Glucoseaufnahme sollten der Abschätzung der Photoinhibition mikrobieller Tätigkeiten dienen. Bei Inkubationen zwischen 10 und 30 Minuten im Tageslicht-Inkubator konnte keine spektrale Abhängigkeit der Glucoseaufnahmerate festgestellt werden. Dabei ergab sich bei diesen Inkubationszeiten z.T. keine Linearität in der Glucoseaufnahme mit der Zeit. Im Vergleich mit Dunkelproben konnten in einigen Proben höhere Aufnahmeraten im Tageslicht oder im Kunstlicht-Inkubator festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Glucose-Experimente deuten auf hohe Turnoverraten hin. Das letztgenannte Ergebnis läßt vermuten, daß veratmete Glucose bereits nach 10 Minuten als Karbonat von autotrophen Organismen aufgenommen wird.

### *HPCL-Messungen*

Es wurden regelmäßig aus 5 m Wassertiefe, aus dem Chlorophyllmaximum und weit unterhalb des Maximums Pigmentproben mit der Hochdruckflüssigkeitschromatographie untersucht. Diese Untersuchung sollte Aufschluß geben über populationspezifische Pigmentzusammensetzung, d.h. den Grad der Adaption bzw. Verteilung von Phyla in Tiefenhorizonten. Die Qualifizierung der Pigmente erfolgte nach der Integration des photometrischen Signals mit Hilfe von spezifischen Absorptionskoeffizienten. Bei Chlorophyllkomponenten konnten die integrierten Fluoreszenzwerte über pigmentspezifische Absorptions/Fluoreszenz Verhältnisse in Absorptionswerte umgerechnet werden. Das sehr viel empfindlichere Fluorometersignal erlaubte die Qualifizierung auch kleinster Chl.-a Mengen. Es wurde regelmäßig das Absorptionsspektrum von häufiger vorkommenden Pigmenten gemessen, um eine spätere Identifizierung der Pigmente zu erleichtern.

Der Vergleich von Doppelproben, mit der trichromatischen Methode und mit der HPLC gemessen, zeigte im allgemeinen gute Übereinstimmung. Trichromatische Werte unterschätzten allerdings tendenziell die Konzentrationen, da bei dieser Methode keine Diskriminierung von Chlorophyll Abbauprodukten stattfindet. Chl.-b wurde bisher im tropischen Ocean vor allem im Tiefenchlorophyllmaximum nachgewiesen. In unseren Proben wurde Chl.-b in allen Wasserproben gefunden. Das Verhältnis, sowohl von Chl.-b/Chl.-a wie auch von Chl.-c/Chl.-a erhöhte sich mit zunehmender Tiefe etwa bei 60 % der Tiefenprofile, war konstant bei 10 % und nahm ab bei 30 %.

Karotinoide zeigten z.T. sehr typische Verteilungsmuster in Wasserproben verschiedener Regionen, während wenig Unterschiede in der Tiefenverteilung gefunden wurden. Sedimentfallenproben hatten ausnahmslos eine völlig andere Pigmentzusammensetzung als die Wasserproben. Sedimentfallenproben zeigten ausnahmslos dominante Karotinoide die in Wasserproben überhaupt nicht gefunden wurden. Chlorophylle a, b und c waren in Sedimentfallenproben im Vergleich zu Karotinoiden und Chlorophyllderivaten weit unterrepräsentiert. Außerdem zeigten Sedimentfallenproben bis zu 13 verschiedene fluoreszierende Komponenten die wahrscheinlich als Chlorophyll-Abbauprodukte anzusprechen sind.

Es wurde auch der Pigmentgehalt von Radiolarien untersucht, der in seiner Qualität sehr den Sedimentfallenproben ähnelte.

Zur Beurteilung der Effizienz verschiedener Extraktionsmittel wurden 90 % Aceton mit heißer und kalter 100 % Methanol-Extraktion an Parallelproben verglichen. Dies schien angezeigt, da das Vorkommen von Chl.-b auf Chlorophyten in der Wassersäule schließen ließ, und diese lassen sich nur unvollständig mit Aceton extrahieren. Außerdem hatten in vivo Anregungs- und Emissionsspektren das Vorhandensein von Blaualgen in allen Tiefenhorizonten angezeigt. Auch Blaualgen lassen sich nur schwer mit Aceton extrahieren. Es zeigte sich, daß heißes Methanol Karotinoide in den meisten Fällen mit größerer Effizienz extrahiert als Aceton. Chl.-a und Chl.-b wurden in allen Fällen nach der Acetonextraktion in größeren Mengen gefunden, da anscheinend die Chlorophyllaseaktivität bei Methanol-Extraktion wenig inhibiert ist.

### *Respiration*

Die Experimente wurden nach der "closed bottle"-Methode durchgeführt, wobei Proben in einem festen Wasservolumen inkubiert werden und der Sauerstoffgehalt zu Beginn und zu Ende der Inkubationszeit gemessen wird. Die Inkubation erfolgte in Klimakammern (26°C als Oberflächentemperatur, 20°C als Tiefentemperatur) in wassergefüllten, abgedunkelten Behältern, in denen eine Drehvorrichtung das Absedimentieren des Flascheninhaltes verhindert. Der Sauerstoff wurde mit einer Sauerstoffelektrode (Radiometer type E5046) bestimmt, die in einer wassergefüllten Thermostatzelle montiert ist. Dazu werden etwa 2 ml Flüssigkeit blasenfrei mit einer Glasspritze aus der Probenflasche gezogen und die in etwa 70 µl fassende Meßkammer an der Spitze der Elektrode damit durchgespült. Der Sauerstoffpartialdruck wird mit einem Digital-Analysator (Radiometer PHM72MK2) registriert.

Da Vorversuche ergeben hatten, daß in nicht angereicherten Proben eine Sauerstoffzehrung auch bei langer Inkubationszeit (> 24 Stunden) nicht meßbar ist, war es notwendig, die Proben zu konzentrieren. Dies geschah in zwei Größenklassen: Die Fraktion > 20 µm wurde aus 60 l Wasser über entsprechende Gaze schonend angereichert und in 1200 ml-Flaschen zwischen 2 µm und 20 µm wurden 5 l Wasser, die zuvor über 20 µm-Gaze gesiebt worden waren, mit 2 µm Nucleoporefiltern auf 250 ml eingeengt. Die Inkubation erfolgte in Flaschen mit ca. 118 ml Volumen. Als Blindwerte wurden jeweils Flaschen mit nicht angereichertem Wasser inkubiert. Die Inkubationszeit lag zwischen 8 und 17 Stunden. Die gemessenen Sauerstoffzehrungswerte wurden unter Annahme eines Respiratorischen Quotienten von 0,8 und unter Berücksichtigung des ursprünglichen Wasservolumens in die Dimension mgCxm-3xd-1 umgerechnet. Nach Ende der Inkubation wurde der Flascheninhalt zur späteren C-N-Analyse als Biomasseabschätzung auf vorgeglühte Glasfaserfilter (Whatman GF/C) abfiltriert.

Ergebnisse aus Respirationmessungen sind in folgender Tabelle 20 zusammengestellt. Da die Zentralstationen 2 und 3 unmittelbar aufeinander folgten, sind die Daten aus beiden zusammengefaßt.

Tab. 20: Ergebnisse aus Respirationsmessungen

Tiefe (m)	2 $\mu\text{m}$ < Fraktion < 20 $\mu\text{m}$ (mgCxm-3xd-1)	Respiration Fraktion > 20 $\mu\text{m}$ (mgC xm-3xd-1)
Zentralstationen 2 und 3:		
5	3.95	11.17
	4.73	
25	3.43	12.81
	4.09	
40	6.82	1.73
	8.14	
75	3.82	1.77
	3.19	
Zentralstation 4:		
25	8.75	4.59
	6.15	
50	4.90	3.25
	3.67	
150	0.84	0.75
	2.87	

Über eine Wassersäule von 75 m integriert, ergibt sich eine Gesamtrespiration von etwa 0,8 gCxm-2xd-1 für Zentralstation 2-3 und von etwa 0,7 gCxm-2xd-1 für Zentralstation 4. Die Tabelle zeigt, daß die Respiration in der Fraktion > 20  $\mu\text{m}$  mit der Tiefe abnimmt und in etwa der Biomasseverteilung folgen dürfte, was durch die Ergebnisse der C-N-Analyse bestätigt werden muß. Ein vertikales Muster ist in der kleinen Fraktion weniger deutlich. Die höhere Respiration in der Fraktion > 20  $\mu\text{m}$  an den Zentralstationen 2 und 3 dürfte auf das starke Vorkommen großer Diatomeen, insbesondere Rhizosolenia, zurückzuführen sein. Diese Formen waren an der Zentralstation 4 deutlich seltener. Das Makrozooplankton wurde von Copepoden dominiert, wobei kleine Cyclopide den Hauptteil ausmachten. Weniger häufig waren calanoide und harpactoide Copepoden. Zwischen 50 und 100 m Tiefe waren regelmäßig Polychaeten anzutreffen. Vereinzelt, dann jedoch in höherer Individuenzahl, traten Ostracoden auf, was auf eine heterogene Verteilung schließen läßt.

#### Tankversuche

Parallel zu den Beprobungen der Wassersäule wurden in 1 m<sup>3</sup> Tanks an Deck Experimente zur Simulation von Auftrieb und damit dem verstärkten Eintrag von Nährsalzen in die euphotische Zone durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde zu Beginn der Zentralstation ein

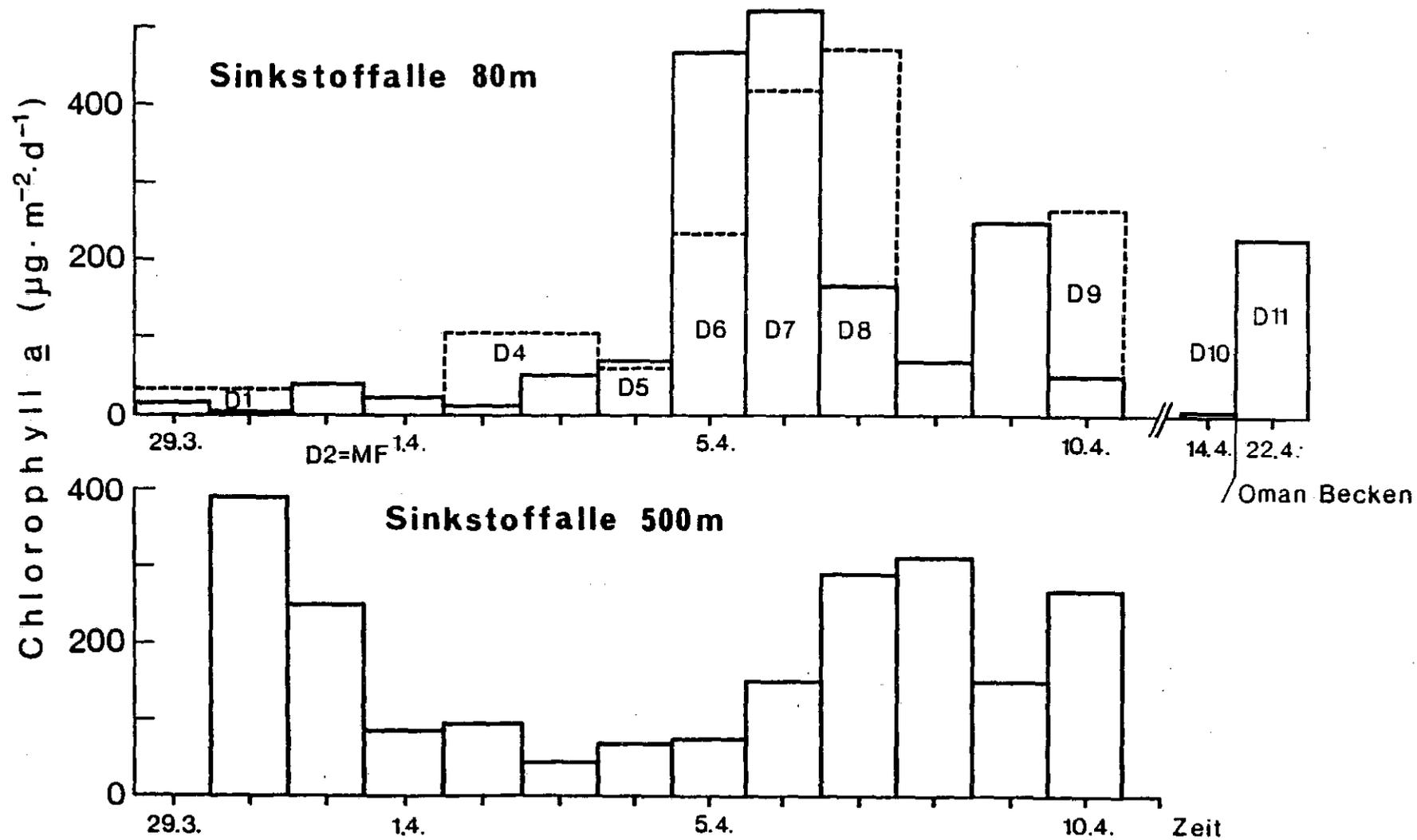
Tank mit nährsalzverarmtem Oberflächenwasser mit der Diatomeenpopulation aus 25 m Tiefe gefüllt. Ein zweiter Tank wurde zur Hälfte mit nährsalzreichem Tiefenwasser aus 75 m Tiefe, zur anderen Hälfte mit Oberflächenwasser aus 25 m Tiefe gefüllt. Um größeres Zooplankton auszuschließen, wurde das Wasser in beiden Fällen schonend durch eine 300 µm Gaze filtriert.

Dem mit Oberflächenwasser gefüllten Tank wurden nach 5 Tagen Nährsalze zugefügt, um die Konzentrationen von Nitrat, Phosphat und Silikat beider Tanks anzugleichen (1,5 µmol Phosphat; 11,5 µmol Nitrat; 8 µmol Silikat) und zu prüfen, ob neben den Nährsalzen auch andere Faktoren für das Wohlergehen und die Entwicklung von Phytoplankton und Mikroheterotrophen eine Rolle spielen. In beiden Tanks war über einen Zeitraum von 18 Tagen nach dem Füllen zunächst keine Entwicklung in den Nährsalz- und Chlorophyll-a Konzentrationen (weniger als 0,5 µg Chl.-a/l) festzustellen. Die mikroskopische Analyse zeigte jedoch, daß die ursprünglich dominierenden *Rhizosolenia spp.* aus beiden Tanks verschwanden. Es muß zum gegenwärtigen Zeitpunkt offen bleiben, ob dies auf eine Schädigung der sehr langen *Rhizosolenia spp.* beim Füllen der Tanks zurückzuführen ist. Trotz optimaler Nährsalzversorgung und günstigem Lichtklima entwickelte sich das Phytoplankton erst nach dem 18. Tag des Experimentes. Das Wachstum einer Population von *Nitzschia Seriata*, meßbar auch in einer Zunahme der Chlorophyll-a Konzentrationen, hat danach begonnen, die Nährsalzkonzentrationen zu verringern. In Tank 1 hat sich zusätzlich ein Siliat vermehrt.

#### *Sedimentation*

Zwei Sinkstofffallen wurden an je einer Drifterspirie treibend unterhalb der euphotischen Zone in 80 m Tiefe und in 500 m Tiefe vom 29.3. - 11.4.1987 kontinuierlich eingesetzt (Abb. 26). Diese Fallen waren mit automatischen Probenwechslern ausgestattet, die einen Sammelglaswechsel in vorher programmierten Zeitintervallen erlauben (hier 24 Stunden) und zur vollen Zufriedenheit arbeiteten. Ein zusätzliches Driftersystem mit zwei zusammengeflanschten Fallen ohne Probenwechslern wurde auf den planktologischen Zentralstationen 11 mal eingesetzt und täglich zum Wechsel der Sammelgläser geborgen. Als in situ-Konservierungsmittel wurde HgCl<sub>2</sub> in die mit 40 % künstlichem Seewasser gefüllten Sammelgläser gegeben. Die Konservierung der Proben der vom 29.3.- 11.4. eingesetzten 80 m Falle war bei den unerwartet hohen Sedimentationsraten und der hohen Wassertemperatur unbefriedigend. Im Vergleich zu den Standing Stocks in der Wassersäule sind die Verluste an Partikeln als sehr hoch einzuschätzen. Die Unterschiede in den Mengen, die von den Fallen in 80 m und 500 m Tiefe gesammelt wurden, sind demgegenüber erstaunlich gering und lassen den Rückschluß zu, daß die heterogene Abbauaktivität unterhalb 80 m im Untersuchungsgebiet niedrig ist.

Der Großteil der in den Fallen in beiden Tiefenhorizonten gesammelten Sinkstoffen bestand aus amorphen, teils schleimigen Material, das in der ersten Hälfte der Untersuchungszeit mit großer Wahrscheinlichkeit ein mechanisches Zerfallsprodukt von Salpenkot darstellt. Dies ist aus einem direkten Vergleich von Skalpenkot, der von lebenden Tieren aus der Oberflächenschicht gewonnen wurde, abzuleiten. Die mikroskopische Durchsicht der Proben zeigte weiter eine große Anzahl leerer, meist zerbrochener Diatomeenschalen derselben Gattungen wie in der euphotischen Zone (überwiegend *Rhizosolenia spp.*). Es ist



**Fig. 26:** Sedimentationsraten (als Chlorophyll) in zwei driftenden Sinkstoffallen aus 80 und 500 m Wassertiefe im Arabischen Meer und im Golf von Oman.

anzunehmen, daß diese direkt, d.h. nicht eingebunden in Faeces von Zooplanktern, sedimentiert sind. Copepodenkotballen wurden nur in zu vernachlässigenden Anzahlen gefunden und haben daher mit Sicherheit kaum zum vertikalen Partikeltransport beigetragen, wie auch Kotmaterial anderer, nicht identifizierbarer pelagischer Crustaceen. Tintinnenschalen, Foraminiferen und besonders Radiolarien waren ebenfalls in den Sinkstofffallen enthalten. Da letztere bei der Aufarbeitung der Proben zu einer Verklumpung des Materials beitragen, ist die quantitative Trennung der Proben in verschiedene Größenfaktoren teilweise problematisch. Größere Zooplankter (Copepoden, Ostracoden, Pteropoden und pelagische Polychaeten), von denen anzunehmen ist, daß sie aktiv in die Sinkstofffallen geschwommen sind und vom Konservierungsmittel getötet wurden, wurden aussortiert und nicht in die Analyse summarischer biochemischer Parameter einbezogen.

Für die summarischen biochemischen Meßparameter wurden an Bord Analysen des Chlorophyll-a Gehaltes und der Pigmentzusammensetzung durchgeführt. Die von den Fallen in 80 m und 500 m gemessenen Sedimentationsraten für Chl.-a waren ähnlich hoch und lagen jeweils zwischen 0,01 und 0,5 mg/m<sup>2</sup> d. Die höheren Werte wurden eher in der zweiten Hälfte der Untersuchungszeit gemessen. Eine Aufschlüsselung der Pigmentzusammensetzung der Sinkstoffe mit der Hochdruckflüssigkeitschromatographie ergab, daß neben dem Chlorophyll-a auch in geringen Mengen dessen Abbauprodukte vorhanden sind. Die Chromatographie einiger Sinkstoffproben ergab eine große Ähnlichkeit mit denen von isoliert gemessenen Radiolarien, so daß ein Teil des vertikalen Pigmentflusses u.U. über symbiotische Algen der Radiolarien in die Fallen zu erklären sein könnte.

### 5.3.1.3 Fischereibiologie (T. Al-Ab Dalsalaam, M. Doyle, T. Gröhsler, F. Hartmann, D. Jarosch, P. Klisch)

Auf einer Teststation zu Beginn der Reise wurde die Funktionstüchtigkeit von Bongo-, Neuston- und Tetranez erfolgreich geprüft. Während die Mitglieder aus der Planktologie Proben zur Fragestellung der günstigsten Zentral- bzw. Gridstation zogen, wurde von den Fischereibiologen das Mocness (Multi Opening/Closing Net and Environmental Sensing System) zusammengebaut und getestet. Aus Zeit- und Personalmangel konnte die Jigging Maschine nicht eingesetzt werden. Das Pelagische Netz und das Jungfischtrawl wurden lediglich einem Testlauf unterzogen.

#### *Verwendete Geräte*

- Mocness: Neun Netze mit einer Maschenweite von 300 µm. Schräghols bei zwei Knoten Fahrt (Bugstrahlantrieb), vom Heck aus gefahren. Fangdauer je Hol ca. 30 Minuten.
- Tetranez: Vier Netze mit einer Maschenweite von 47, 100, 300 und 500 µm. Vertikalhols bei stehendem Schiff, Steuerbordseite. Fangdauer je Hol ca. 15 Minuten.
- Multinetz: Fünf Netze mit einer Maschenweite von 55 µm. Vertikalhols bei stehendem Schiff, Steuerbordseite. Fangdauer pro Hol je nach Tiefe 30 - 90 Minuten.

*Durchgeführte Arbeiten*

Grid-erster Durchlauf (31.03. - 02.04.1987):

25 Mocnessfänge auf den Stationen 306-330.

(Tiefenstufen 0-150, 150-100, 100-75, 75-50, 50-40, 40-30, 30-20, 20-10, 10-0).

Probenzahl: 225

Grid-zweiter Durchlauf (07.04. - 10.04.1987):

25 Mocnessfänge auf den Stationen 362-386.

(Tiefenstufen s.o.), Probenzahl: 225

11 Tetranetzfänge auf den Stationen 362, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 386. Vertikalhols auf 100 m Tiefe. Eingesetzte Maschenweite: 300 und 500 µm.

Probenzahl: 22.

Zentralstation Fibio (05.04 - 06.04.1987):

16 Mocnessfänge auf den Stationen 348, 349, 352, 353, 355, 357, 359.

Davon: 8 Fänge in den Tiefenstufen 0-100, 100-40, 40-35, 35-30, 30-25, 25-20, 20-15, 15-10, 10-0 m. Probenzahl: 144

8 Fänge in den Tiefenstufen 0-800, 800-700, 700-600, 600-500, 500-400, 400-300, 300-200, 100-0 m. Probenzahl: 144

8 Tetranetzfänge auf den Stationen 348, 349, 350, 352, 354, 355, 357, 359.

Vertikalhols auf 100 m Tiefe. Eingesetzte Maschenweiten: 47, 100, 300, 500 µm.

Probenzahl: 32

Zusätzlich wurden am 04.04.-05.04.1987 durchgeführt:

4 Multinetzfänge verschiedener Tiefenstufen auf der Station 344.

1 Hol: 0-1850, 1850-1650, 1650-1450, 1450-1250, 1250-1050, 1050-0 m.

2 Hol: 0-1050, 1050-900, 900-750, 750-600, 600-450, 450-0 m.

3 Hol: 0-450, 450-400, 400-350, 350-300, 300-250, 250-0 m.

4 Hol: 0-250, 250-200, 200-150, 150-100, 100-50, 50-0 m

Probenzahl: 20

4 Multinetzfänge verschiedener Tiefenstufen auf der Station 347.

1-4 Hol: Tiefenstufen s.o., Probenzahl: 20

Es wurden insgesamt 832 Proben genommen, die mit 4 % Formalin (neutralisiert mit Borax) fixiert wurden. Aus den Tetranetzproben des zweiten Griddurchlaufs wurden die Fischlarven aussortiert und in 6 % Formalin (neutralisiert mit Borax) fixiert.

*Erste Ergebnisse zur Zusammensetzung des Macroplanktons auf den Gridstationen*

1 Abschätzung der Zooplanktondichte: Das abgesetzte gesamte Plankton in den Probenbehältern betrug minimal ungefähr 10 bis zu maximal 2000 ml. Die niedrigsten Dichten, die z.T. Volumen von weniger als 100 ml aufwiesen, traten in den oberen 20 Metern und teilweise in dem Tiefenbereich von 150-100 m auf. Die höchsten Planktondichten fanden sich in der Tiefe von 70-20 m. Den größten Teil des Volumens neben bei diesen Proben gelatinoese Organismen, wie Medusen und Salpen, ein.

Gemessen am filtrierten Wasservolumen, das pro Mocnessnetz ca. 100-500 m<sup>3</sup> betrug, läßt sich eine relativ niedrige Zooplanktondichte beobachten, die normalerweise weniger als 5 ml Zooplankton beträgt.

2 Zusammensetzung und relative Häufigkeit des Zooplanktons: Die häufigsten Zooplanktonorganismen in beiden Grids waren Copepoden, Ostracoden, Radiolarien und Chaetognathen. Amphipoden, Euphausiaceen, Cladoceren und andere Decapoden traten gewöhnlich in geringer Anzahl auf. Regelmäßig ließen sich in den Proben auch Polychaeten (-larven), Siphonophoren, Doliolidae, Ctenophoren, heteropode und pteropode Mollusken und kleine Hydromedusen finden. Große Hydromedusen und Salpen traten offensichtlich in Patches auf, da sie entweder in großer Anzahl oder gar nicht gefangen wurden.

3 Fischlarven: Im allgemeinen traten Fischlarven in geringer Anzahl auf. In einigen Proben konnten sie gehäuft gefunden werden. Die Individuenzahl pro Station variierte von wenigen bis ungefähr 100 Exemplaren. Die Larvengröße betrug minimal 2 - 3 mm bis zu mehreren Zentimetern (Postlarven). Einige adulte Fische geringerer Größe, z.B. Myctophidae und Stomiatoidea, traten regelmäßig auf. Unter den größeren gefangenen Fischlarven dominierte die Familie der Carangidae. Es waren auch andere Fischlarven regelmäßig vorhanden, die jedoch aufgrund fehlender taxonomischer Literatur nicht identifiziert werden konnten. Auf beiden Grids wurden einige Aallarven (bis zu 10 cm Länge) gefangen.

4 Vertikalverteilung: Auf jeder Station traten die höchsten Planktondichten, inklusive Fischlarven, in dem Tiefenbereich von 70-20 m auf. Eine Ausnahme stellen die Medusen und Salpen dar, die meist in den oberen 20 m zahlreich vertreten waren. Weiterhin sind myctophide und stomiatoide Fische in der Nacht vornehmlich in 150-75 m Tiefe anzutreffen. Eine eindeutig unterschiedliche Vertikalverteilung ist bei den Radiolarien zu finden. Es traten zwei unterschiedliche Typen auf: grün-braune Exemplare in einem Tiefenbereich von 150-140 m und rote Exemplare, welche vorwiegend in den oberen 40 m auftraten. In einigen Fällen waren die obersten 20 m der Wassersäule frei von Zooplanktern.

5 Unterschiede zwischen Grid I (erster Durchlauf) und Grid II (zweiter Durchlauf): Nach oberflächlicher makroskopischer Betrachtung der Proben erscheint die Zooplanktondichte in Grid II höher als in Grid I. Dies ist wahrscheinlich auf eine höhere Anzahl von Copepoden, Ostracoden und insbesondere Radiolarien (roter Typ) zurückzuführen. Dies trifft auch auf Fischlarven zu. Desweiteren traten im Grid II einige neue Fischarten auf. Die dominierende Präsenz der Carangiden ist nur auf Grid I beschränkt. Es scheint somit eine Veränderung der Zooplanktongemeinschaft innerhalb weniger Tage auf dem Grid stattgefunden zu haben.

### 5.3.1.4 Meeresgeologie/Paläontologie (M. Bartsch, B. Buch, P. Klisch, R. Seifert)

Im Verlauf der Fahrt M 5/3a sind 24 Geologiestationen bearbeitet worden.

Die ursprüngliche Stationsplanung war im Zusammenhang mit den 1986 während der Fahrt des FS SONNE (SO42) gewonnenen Sedimentproben erstellt worden. Hauptpunkt bildeten eine bessere Auflösung der Sedimentverteilung im Bereich des Indusfächers. Dieses Programm ist aufgrund der Änderung des Zielhafens des Fahrtabschnittes M 5/3a nicht beibehalten worden.

Die Stationen verteilen sich auf 4 Bereiche des Arabischen Meeres:

- Schelfabhang der Nordostküste Omans
- Nördliches Arabisches Meer südlich des Murray Rückens
- Murray Rücken
- Oman Becken

Insgesamt wurden 24 Kastengreifer (30x30x50 cm), 13 Kastenlote (15x15 cm) und 15 Wasserstationen durchgeführt.

Von den Kastengreifern wurden je zwei Stechrohre als Referenzproben genommen. Das restliche Material wurde getrennt für mineralogisch-paläontologische Untersuchungen beprobt. Die organisch-chemischen Proben wurden direkt nach der Entnahme auf -20°C tiefgefroren.

Mit dem Kastenlot konnten 31,5 m Kern geborgen werden, deren eine Hälfte als Referenzproben sichergestellt wurde, während die andere Hälfte entsprechend den Kastengreiferproben zur Beprobung zur Verfügung stand.

Auf den Wasserstationen wurden aus Standardtiefen (5 m, 50 m, 100 m, 200 m, 300 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, 2500 m, 3000 m und eine bodennahe Probe) jeweils 2 l durch Nucleioporefilter (0,2 µm) zur Bestimmung des Suspensionsgehaltes filtriert. 100-150 l Wasser aus 2000 m Tiefe von 12 Stationen sind zudem durch Glasfaserfilter (Whatman GF/F) filtriert worden. An diesen Filtern werden organisch-geochemische Untersuchungen des Schwebstoffes erfolgen. Alle Filter werden mit entsalztem Wasser nachgewaschen und bei 40°C getrocknet.

Während der Stationen wurden Bodenprofile mit Hilfe der Parasoundanlage aufgenommen. Die Hydrosweepanlage konnte wegen technischer Probleme nicht benutzt werden. Alle Proben wurden über das Pingerlot kontrolliert, das zeitweilig nur sehr mäßige Bodenechosignale gab. Aufgrund eines Defektes an der Fraktionswinde mußten auf zwei Stationen (G4, G5) die Geräte über den Heckgalgen gefahren werden.

An Bord wurden smear slide Analysen durchgeführt. Sie ermöglichten eine erste Fazies-Analyse der erfaßten Sedimente:

#### *Distaler Indus Fan*

Die Oberfläche der Sedimente besteht aus etwa 8 cm Ton (braun bis graugelb), der oxidierende Bedingungen in dieser obersten Sedimentschicht anzeigt. Darunter liegt olivfarbener bis grüngrauer z.T. siltiger Ton, meist mit schwacher Horizontalschichtung. Diese Schichten sind intensiv horizontal bioturbat, dies deutet auf schwach oxidierende

Bedingungen im Sediment zur Zeit der Ablagerung. Häufig sind turbiditische Lagen mit wechselndem Sandgehalt eingelagert. Tertiäre aufgearbeitete Coccolithen wie im Owen Becken fanden sich hier nicht mehr. Das Material besteht vor allem aus Foraminiferen führendem Micarb Schlamm. Am Ostrand des Owen Fracture Zone fanden sich zudem Schrägschichtungseinheiten, die stärkere Bodenströmungen anzeigen.

#### *Channel-Levee-Komplex*

Es stellte sich heraus, daß über dem Relief des alten Indus Cone eine horizontal geschichtete Sedimentdecke liegt, deren obere Einheiten sich über das gesamte Profil korrelieren lassen. Eine deutliche Fazies-Verzahnung von Ost nach West läßt sich feststellen. Die Abhängigkeit der Sedimentausbildung vom Relief ist signifikant. Es finden sich vor allem toniger Micarb Schleim mit Coccolithen (*Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica* und *Cyclococcolithus leptoporus*) und bis zu 20 planktischen Foraminiferen (vor allem *Globorotalia menardi*) sowie 10 - 20 detritischen Karbonate. Sehr selten finden sich aufgearbeitete tertiäre Coccolithen.

#### *Randbereiche des Murray Ridge*

Die Sedimentation der Randbereiche des Murray Ridge ist durch grobkörnigen Foraminiferensand gekennzeichnet, während in der zentralen Rinne pelitische Sedimente mit gelegentlichen Schrägschichtbändern (Strömungen) vorherrschen.

#### *Oman Becken*

Im Oman Becken befinden sich überwiegend hell- bis mittelgraue (Osten) bis olivfarbene (Westen) homogene Pelite, in die im östlichen und zentralen Bereich des Beckens gelegentlich faserige Silt- und Sandbänder (Turbidite) aus detritischem Quarz, Feldspat und Karbonat eingeschaltet sind.

### **5.3.2            Unterabschnitt 3b**

#### **5.3.2.1        Hydrographie (M. Ashraf, J. Ribbe)**

##### *Aufgabenstellung*

Wie auf dem vorangegangenen Fahrtabschnitt galt es, im Rahmen des biologischen Programms, auf den einzelnen Stationen hydrographische Daten zu gewinnen.

##### *Untersuchungsverfahren*

Auf den Stationen wurden als CTD-Geräte die Kieler Multisonde und die Bathysonde von Howaldt eingesetzt. Für Referenzmessungen wurden Salzproben genommen und Umkippthermometer benutzt. Nachdem die Multisonde bereits auf dem Fahrtabschnitt 3a öfter ausgefallen war, jedesmal drang Wasser in die Verbindungskabel von Sonden- und Telemetrieinheit, fiel nach der zweiten Zentralstation dieses Fahrtabschnittes die Multisonde total aus. Die Fehlversuche verliefen negativ und die Instandsetzung der Sonde gelang nicht. So mußte auf den noch verbleibenden Stationen die Bathysonde eingesetzt werden. Jedoch

ergaben sich auch bei dieser Sonde Ausfälle. Die Funktion des Leitfähigkeitssensors scheint nicht einwandfrei zu sein. Teilweise wurden völlig falsche Daten geliefert. Zur Korrektur der Daten wurden vermehrt Salzproben genommen. Außer den eigentlichen Messungen und Arbeiten mit dem Autosalinographen wurden wieder S- und T-Schnitte, sowie Profile gezeichnet. Dichteschnitte und -profile sollten eine vorläufige Aussage über dynamische Prozesse liefern. Oberflächentemperatur und -salzgehalt wurden kontinuierlich mit dem Thermosalinographen registriert. Alle 2-3 Tage sind in der Bordwetterwarte Polaroidfotos von IR-Satellitenaufnahmen gemacht worden.

### *Erste Ergebnisse*

Auf 74 Stationen wurden die hydrographischen Parameter erfaßt, während der Driftphasen teilweise bis 1000 m Tiefe, auf den Stationen des Routinegrids während der ersten Aufnahme mit der Multisonde bis 400 m und während der zweiten Aufnahme mit der Bathysonde bis 150 m (siehe Kapitel 7.3.4).

Die Oberflächentemperaturwerte lagen zwischen 28,0°C und 29,0°C, und damit 3-4°C höher als auf dem vorhergegangenen Fahrtabschnitt. Auch ein Tagesgang in der Temperatur konnte nicht erfaßt werden. Bei der Betrachtung einzelner Isothermen ließ sich eine verhältnismäßig große Änderung der Tiefenlage aufzeigen. Beispielsweise änderte sich während der zweiten Zentralstation die Tiefenlage der 28 Grad Isotherme innerhalb von 10 Stunden um 35 m, was ein Hinweis auf interne Wellen sein könnte. Die Salzgehaltsdaten entsprachen in etwa denen auf Abschnitt 3a gemessenen, erreichten aber auf den südlichsten Stationen Werte bis 36,85. Auf allen Stationen konnte eine homogene Deckschicht nachgewiesen werden, mit einer Sprungschichttiefe von 25-30 m. Die vertikale Verteilung von Temperatur und Salzgehalt variierte sehr stark. Auf der ersten Zentralstation konnte neben dem Salzmaximum in 180-250 m Tiefe (Persischer Golf) ein weiteres Maximum in 110-135 m gemessen werden, das von einer Erhöhung der Temperatur begleitet wurde. Jedoch war dieses Maximum während der zweiten und dritten Driftphase mit südöstlich verlagerten Stationspositionen, nicht mehr nachzuweisen. Auch war es auf den einzelnen Gridstationen mal zu beobachten und dann wieder nicht. Auf einzelnen Gridstationen wiederum war unterhalb der Deckschicht eine deutliche Zunahme des Salzgehaltes zu verzeichnen. Auf den Driftstationen, wo teilweise Messungen bis auf 1000 m Tiefe möglich waren, zeigte sich in 600-800 m Tiefe eine leichte Zunahme im Salzgehalt, in der zweiten Driftphase stärker ausgeprägt als in der ersten. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um den Einfluß von Wasser aus dem Roten Meer. Die Dichte war in den oberen 50 m der gesamten Wassersäule eines jeden Profils am größten. Sigma-t Schnitte ließen keine besonderen dynamischen Verhältnisse erkennen.

Während bei einer großskaligen Betrachtung in der zentralen Arabischen See eigentlich von einer verhältnismäßig stabilen Situation ausgegangen werden kann, muß man bei kleinskaliger Betrachtung in Zeit und Raum feststellen, daß sich für die Verteilung der hydrographischen Parameter ein sich ständig wandelndes Bild ergibt. Es gibt für das Untersuchungsgebiet keine kleinskalige typische Verteilung von T und S.

**5.3.2.2 Planktologie** (W. Fleckner, N. Gelpke, H. Giesenhausen, R. Hansen, F. Jochem, B. Karrasch, R. Peinert, F. Pollehne, R. Werner, D. Wille)

*Fahrtablauf*

Auf einem Schnitt von 120 sm Länge, ausgehend vom Murray Ridge, wurden die Vertikalverteilungen von Nährsalzen, Phytoplanktonzusammensetzung, in vivo-Fluoreszenz, Temperatur und Salzgehalt auf 8 Stationen mit Sonden, Schöpfern und Netzen aufgenommen, um das Untersuchungsgebiet des Abschnittes 3b festzulegen. Nordwestlich von 18°18'N/65°42'E wurde das Kriterium einer homogenen horizontalen Verteilung der Meßparameter zur Genüge erfüllt. Das Programm wurde daher bei 18°45'N/65°05'E mit der ersten planktologischen Zentralstation (Driftphase) begonnen.

Es wurden drei treibende Sinkstofffallen in 30 m und 100 m eingesetzt und die Wassersäule in der Nähe zur Bestimmung von Standing Stocks und Umsatzraten in den obersten 200 m beprobt. Nach Beendigung dieser Dauerstation wurde zusätzlich ein weiteres Driftersystem mit einer Sinkstofffalle in 500 m Tiefe ausgelegt. Darauf wurde das geographisch fixierte Stationsnetz des Routinegrids ein erstes Mal abgefahren. Auf einer Fläche von 40 x 80 sm wurden fischereibiologische Untersuchungen zur räumlichen Heterogenität von Fischlarven und Makrozooplankton durchgeführt. Zusätzlich wurden auf jeder Station Salzgehalt- und Temperaturprofile sowie ein Vertikalprofil der in vivo-Fluoreszenz als zentrale planktologische Messung bis 150 m Tiefe aufgenommen. Bei 13 Stationen auf den beiden Diagonalen des Grids wurden in jeweils 6 Tiefen, die durch die Lage des Fluoreszenzmaximums bestimmt waren, Schöpferproben für Nährsalze und mikroskopische Analysen genommen.

Nach Beendigung der Arbeiten auf dem Grid wurden an der zentralen Drifterposition im südöstlichen Teil des Grids eine 5tägige gemeinsame fischereibiologisch/planktologische Driftstation durchgeführt. Dabei standen wieder Messungen zur zeitlichen Veränderung von Biomasseparametern des Phyto- und Zooplanktons und der autrophen und heterotrophen Umsatzraten im Vordergrund, die mit Sonden, Schöpfern und Netzen durchgeführt wurden. Im planktologischen Bereich stand dabei die zeitliche Veränderung der vertikalen Verteilung von Phyto-, Zoo- und Bakterioplankton im Tag-Nacht-Rhythmus im Vordergrund.

Es folgte die zweite Aufnahme des Routinegrids, das in der geographischen Lage und der Probennahme mit dem ersten identisch war.

Der Fahrtschnitt endete mit einer knapp zweitägigen planktologischen Zentralstation (3. Driftphase), auf der wieder vertikale Untersuchungen zur Feinstruktur der Wassersäule durchgeführt wurden, die sich besonders auf den Bereich des Tiefenchlorophyllmaximums konzentrierten. Das wissenschaftliche Programm des Fahrtschnittes endete mit dem Aufnehmen der Sinkstofffallen.

*Erste Ergebnisse**Festes Stationsnetz (Grid):*

Im Gegensatz zum vorherigen Fahrtabschnitt war bei den planktologischen Parametern eine sehr viel größere räumliche Homogenität zu beobachten. Auf allen Stationen beider Grids wurde dasselbe Vertikalverteilungsmuster in der in vivo-Fluoreszenz, mit einem ausgeprägten Maximum in ca. 50 m Tiefe gefunden. Oberhalb dieses Phytoplanktonmaximums waren die autotrophen Biomassen äußerst gering. Hier lagen die Nährsalzkonzentrationen an der unteren Nachweisgrenze, während sie in der Tiefe des Fluoreszenzmaximums steil anstiegen. Der Netz-Phytoplanktonanteil (größer als 20 Mikron) war in beiden Schichten sehr gering.

*Zentralstation (Driftphasen):*

Die Vertikalverteilungen aller bereits an Bord analysierten Meßparameter entsprachen auf den Dauerstationen denen der Gridstationen und zeigten keine deutliche Entwicklungstendenz über die Untersuchungszeit von ca. 2 Wochen.

Die maximalen Chl.-a Konzentrationen lagen um 2 µg/l und wurden in einem schmalen Band um 50 m Tiefe angetroffen. Oberhalb und unterhalb lagen die Werte weit unter 0,5 µg/Chl.-a/l. Die Nährsalzkonzentrationen in der Oberflächenschicht lagen für NO<sub>3</sub> und SiO<sub>4</sub> an der unteren Nachweisgrenze, für PO<sub>4</sub> hingegen bei 0,4 µmol. Eine Zunahme der Konzentrationen war erst ab 50 m Tiefe zu beobachten (15 µmol NO<sub>3</sub>; 2 µmol PO<sub>4</sub>; 10 µmol SiO<sub>4</sub> in 100 m über 20 µmol NO<sub>3</sub>; 2,5 µmol PO<sub>4</sub>; 18 µmol SiO<sub>4</sub> ab 150 m).

Die höchsten O<sub>2</sub>-Gehalte (über 5 ml/l) wurden am Bereich des Chl.-a Maximums gefunden; die oberflächennahen Werte lagen unter 5 ml/l. Unterhalb des Chl.-a Peaks nahm der O<sub>2</sub>-Gehalt stark ab und erreichte ca. 0,5 ml/l in 120 m Tiefe. Einige Schöpferserien bis in große Tiefen ergaben eine leichte Zunahme der O<sub>2</sub>-Werte ab 1200 m. Bis zu dieser Tiefe lagen die O<sub>2</sub>-Werte an der unteren Nachweisgrenze.

*Primärproduktion*

Während der Driftphasen wurde die Primärproduktion mit der <sup>14</sup>C-Methode unter in situ-Inkubation in 12 oder 13 Tiefen gemessen. Die Inkubationszeiten betragen 5 bis 6 Stunden. Die Proben wurden mit einer <sup>14</sup>C-Konzentration von 20 µCi/100 ml versetzt und auf 0,45 µm Membranfilter filtriert. Als Dunkelproben wurden mit DCMU versetzte Proben gemessen. Von den 10 in situ-Inkubationen wurden 7 in die Größenklasse: gesamt, < 20 µm und > 2 µm unter Verwendung von 20 µm Gaze bzw. 2 µm Nucleoporefilter und Teflonsieben aufgetrennt, um den Beitrag der Fraktionen des Mikro-, Nano- und Picoplanktons abzuschätzen.

Über den Zeitraum der Untersuchung zeigte sich weder in der Höhe der Produktivität noch in der vertikalen Struktur eine wesentliche Veränderung, so daß auch bei den Biomasseparametern von einer steady-state-ähnlichen Situation ausgegangen werden kann. In der oberen durchmischten Schicht liegt die Primärproduktion bei 6-10 mg C m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>, im Maximum des Fluoreszenzpeaks werden Werte von 16-20 mg C m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> erreicht. Die Vertikalverteilung der Primärproduktion folgt im Gegensatz zum vorhergehenden Fahrtab-

schnitt der aktuellen Biomasseverteilung. Bei 75 m wird, wie auch im vorigen Abschnitt, die Untergrenze der produktiven Schicht erreicht.

Von 0 bis 75 m integriert ergibt sich eine Produktionsrate von  $700 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Davon entstammen etwa 40-45 % der oberen durchmischten Schicht (obere 30 m) und ca. 60 % dem Tiefenmaximum des Chlorophylls. Der Hauptteil der Primärproduktion wird durch die Fraktion des Picoplanktons bestimmt. Der Anteil dieser Fraktion liegt bei 70-85 % und nimmt in der Tiefe des Fluoreszenzpeaks (Biomassenmaximum) auf 60-70 % ab. Unterhalb des Fluoreszenzpeaks erreicht diese Fraktion 85-100 % der Produktion. Das Mikroplankton hat einen durchschnittlichen Anteil von 3-15 %, maximal 24 %. Im Biomassenmaximum weist diese Fraktion die höchsten Anteile auf.

Das Nannoplankton trägt ohne erkennbare Tendenz mit der Tiefe mit ca. 8-22% zur Primärproduktion bei. Diese relativen Anteile korrespondieren mit den Ergebnissen der Fluoreszenzzählungen.

#### *Mikrobiologische Messungen*

Die Auswertung der Gesamtbakterienzahl und -biomasse kann erst nach Beendigung der Reise erfolgen. Die Werte der exoenzymatischen Aktivität lagen im unteren Grenzbereich der Sensivität der Methode. Hieraus läßt sich schließen, daß nur ein kleiner POC und oligo- der polymerer DOC Pool existiert oder durch rasche Sedimentation oder Ingestion dieser Pool nicht akkumulieren kann. Die Absolutwerte der bakteriellen Produktion (3H-Methyl-Thymidin Inkorporation) können erst nach der Fahrt errechnet werden. Generell lag das Produktionsmaximum im Biomassepeak des Phytoplanktons. Oberhalb dieses Maximums war die Produktion relativ homogen, wobei generell die höchsten Werte in 5 m Tiefe auftraten. Unterhalb der Produktionsmaxima fallen die Werte stark ab. Eine Ausnahme machte Station 493, bei der 3 getrennte Peaks in 44, 55 und 75 m auftraten.

Die heterotrophe Aktivität wurde mit 3H-6- $\beta$ -D-Glucose als Substrat gemessen. Die maximale Aufnahmegeschwindigkeit ( $V_{\max}$ ) korrelierte nicht mit dem Fluoreszenzmaximum. Die höchsten Werte befanden sich stets im oberen Teil der Wassersäule, d.h. in diesem Bereich wurde auf eine Erhöhung des Glucose-Pools wesentlich schneller reagiert. Die Turnoverzeiten variieren von 51 Stunden in 50 m Tiefe bei Station 465 bis auf maximal 2543 Stunden in 100 m Tiefe bei Station 463. Bis auf wenige Ausnahmen stimmen die Turnoverzeiten gut mit dem Verlauf der Produktionsmessung überein. Eine Tag-Nacht Periodik zeigte sich im Oberflächenwasser durch eine unterschiedliche vertikale Verteilung der Turnoverzeiten bei Nacht- und Morgenmessungen. Eine Fraktionierung wurde für die Tiefen 5, 50 (Chlorophyllmaximum) und 75 m mit den Größenklassen 0,2-0,45-1-3  $\mu\text{m}$  durchgeführt. In 5 und 75 m dominierte die Fraktion von 0,45-1  $\mu\text{m}$  mit ca. 50 % der Aktivität, gefolgt von der Fraktion von 0,2-0,45  $\mu\text{m}$ . Im Chlorophyllmaximum kehrte sich dieses Verhältnis ungefähr um. Es scheinen danach gerade im Partikelmaximum die wenigsten aggregierten oder an Partikel gehefteten Bakterien vorzukommen.

### *Respiration*

In der zentralen Arabischen See ist stärker als vor der Küste von Oman eine Zweiteilung der obersten 100 m der Wassersäule in Bezug auf Bestands- und Umsatzparameter festzustellen. Die höchsten Werte für Respirationsraten des Zooplanktons sind in den nährsalzverarmten obersten 30 m zu messen. Von der Fraktion 2-20 Mikron werden hier bis zu  $20 \text{ mg C/m}^3 \text{ Tag}$  respiriert; in der Tiefe des Fluoreszenzpeaks sind die Werte nur halb so groß. Die Fraktion größer als 20 Mikron ist nur mit 1/10 an diesem Umsatz beteiligt. Für das Makrozooplankton liegen noch keine Ergebnisse vor. Der Anteil der tagesrhythmisch wandernden Zooplankter am Export aus der Oberflächenschicht kann erst nach Auswertung der Netzfänge abgeschätzt werden. Einen Hinweis auf die Größenordnung geben jedoch schon die Unterschiede in der Respirationsrate des Zooplanktons  $> 20 \mu$  zwischen Tag und Nacht, die besonders in den unteren untersuchten Tiefen (100 m) in der Nacht um 3-4 zunehmen.

### *Tankversuche*

Es wurden Experimente in 4 Tanks durchgeführt, die am Ende der Zentralstation mit Wasser aus dem Biomassemaximum in 50 m Tiefe gefüllt worden waren. In zwei Tanks wurde Zooplankton in der Konzentration des nächtlichen Auftretens in der Oberflächenschicht zugegeben. Es sollte damit die Auswirkung der im Tagesrhythmus unterschiedlichen Aktivität der Heterotrophen in dieser Schicht auf die Regeneration von Nährsalzen, die Phytoplanktonproduktion und die bakterielle Aktivität erfaßt werden. Zur Interpretation dieser Versuche muß die mikroskopische Auswertung abgewartet werden, da die quantitativen Unterschiede in den einzelnen Tanks nur im Zusammenhang mit der Entwicklung von Bakterien-, Phyto- und Zooplanktonbiomasse gedeutet werden können.

### *Sedimentation* (D. Jarošch, A. Röpke, D. Schnack)

Auf dem Fahrtabschnitt 3b wurden 4 Driftersysteme gleichzeitig, mit Sinkstofffallen in 30 m, 100 m und 500 m Tiefe eingesetzt. Nähere technische Details sind im Bericht des Abschnittes 3a enthalten. Die Konservierung der Sinkstoffe war im Gegensatz zum vorherigen Fahrtabschnitt problemlos. Im Vergleich zum vorherigen, küstennahen Fahrtabschnitt, sind die Sedimentationsraten (Gesamtmenge der abgesunkenen Substanz) im offenen Indischen Ozean vermutlich geringer. Eine Quantifizierung in Bezug auf Kohlenstoff und Stickstoff ist jedoch zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich. Der vertikale Flux an Chlorophyll-a, als Indikator für den Anteil frischen Materials mit Phytoplanktonherkunft, war stets sehr gering und betrug ca. die Hälfte im Vergleich zum Untersuchungsgebiet vor Oman. Über die Tiefe zeigten sich deutliche Unterschiede vor allem innerhalb der euphotischen Zone: Während die in 30 m Tiefe eingesetzte Falle im Mittel ca.  $5 \mu\text{g Chl.-a/m}^2/\text{Tag}$ , und an zahlreichen Tagen gar keine Chl.-a haltigen Partikel fing, lagen die Werte in 100 m Tiefe zwischen 15 und  $60 \mu\text{g/m}^2/\text{Tag}$ . Die Sinkstofffalle in 500 m Tiefe fing, bei geringerer Schwankung der Werte über die Zeit, im Mittel ca.  $30 \mu\text{g Chl.-a/m}^2/\text{Tag}$ . Die vertikalen Unterschiede im Partikelfluß unterhalb 100 m waren damit im offenen Indischen Ozean in Bezug auf Chl.-a ähnlich gering wie im küstennahen Gebiet von Oman.

Für den sedimentierten partikulären Phosphor (TPP) liegen zur Zeit erst Werte für den Abschnitt 3a vor. Im Unterschied zum Chl.-a ist bei diesem Parameter eine deutliche

Abnahme in der Sedimentation zwischen der 100 m und der 500 m Falle zu verzeichnen (von ca. 70 auf ca. 10  $\mu\text{mol TPP}/\text{m}^2/\text{Tag}$ ). Bei der bekanntermaßen schnelleren Phosphorfreisetzung beim Abbau von sedimentierender Substanz im Vergleich zu Stickstoff und Kohlenstoff ist zu erwarten, daß sich dieses Muster auch in den Proben des zentralen Indischen Ozeans nachweisen lassen wird.

Eine erste mikroskopische Sichtung der Sinkstoffproben ergab, daß von der 30 m Falle sehr feiner, amorpher Detritus gefangen wurde, kaum mit erkennbaren Strukturen (keine Schalenbruchstücke von Phytoplanktern, Tintinnen o.ä.). Vereinzelt waren weit abgebaute und zerfallene Überreste von Copepodenkotballen enthalten. Die Sinkstoffproben dieses Tiefenhorizontes enthielten große Anzahlen von Zooplanktern (hauptsächlich Copepoden), die mit großer Wahrscheinlichkeit in die Fallen geschwommen sind und durch das in situ-Fixierungsmittel getötet wurden. Sie wurden aussortiert; es ist aber nicht auszuschließen, daß die Kohlenstoff-, und Sinkstoff- und Phosphorsedimentationsraten der 30 m Falle durch Zooplanktonbestandteile überschätzt werden.

Die in 100 m eingesetzten Fallen fingen weniger Zooplankter. Obwohl auch hier amorpher Detritus die Sinkstofffalle dominierte, waren auch leere Diatomeenschalen und Schalenbruchstücke (meist *Rhizosolenia spp.*) vorhanden. Die in 500 m Tiefen gefangenen Sinkstoffe unterscheiden sich von dem letzteren durch die Anwesenheit zahlreicher ovaler, 10-20  $\mu\text{m}$  großen Bestandteile (Minipellets?). Ansonsten dominierte auch hier feiner Detritus. Zellbruchstücke des Phytoplanktons, Tintinnenschalen und leere Zooplanktonreste waren ebenfalls zu beobachten.

Radiolarien waren in fast sämtlichen Sinkstoffproben aus allen Tiefen enthalten. Im Gegensatz zum Abschnitt 3a bereiteten sie jedoch geringere Probleme beim Splitten (Verklumpung der Proben).

#### *Zusammenfassung*

Die Biomasse, Produktions- und Sedimentationsraten des Phytoplanktons zeigen deutlicher als im ersten Fahrtabschnitt eine Zweiteilung der Wassersäule. Im oberen Bereich der euphotischen Zone werden hohe Primärproduktionsraten durch den schnellen Umsatz einer geringen Biomasse erreicht. Das System ist relativ geschlossen und Exportraten von biogenem Material sind gering.

Im tieferen Bereich finden sich bei einer viel höheren Biomasse (Chlorophyllmaximum) ähnlich hohe Primärproduktionsraten. Von diesem Material werden jedoch größere Mengen durch Sedimentation in die Tiefsee exportiert, was auf Dauer nur durch eine entsprechend große Zufuhr von Nährsalzen möglich ist.

Die bis jetzt ausgewerteten Daten unterstützen daher die Vorstellung, daß sich im tropischen Ozean zwei getrennte Produktionssysteme ("regenerierte" und "neue" Produktion) in vertikaler Schichtung befinden.

### *Plankton Tiefenserie*

Die vorangehend beschriebenen Planktonarbeiten konzentrieren sich auf den oberen 200 m (z.T. bis 500 m) Tiefenbereich. Sie wurden ergänzt durch eine tiefreichende Serie vertikaler Stufenfänge mit einem sehr feinmaschigen (0,5 mm) Multinetz. Am Abend des 12. Mai wurden 4 Hols durchgeführt, sie erbrachten 20 Fänge in folgender Tiefenabstufung (m):

- 1) 1850 - 1650 - 1450 - 1250 - 1050 - 0
- 2) 1050 - 850 - 650 - 550 - 450 - 0
- 3) 450 - 400 - 350 - 300 - 250 - 0
- 4) 250 - 200 - 150 - 100 - 50 - 0

Zwei weitere Vergleichsserien liegen aus dem vorangegangenen Abschnitt vor. Mit der Auswertung dieses Materials soll der Einfluß der vertikal sehr ausgedehnten Sauerstoffarmut im Arabischen Meer auf die Tiefenverteilung des Planktons erfaßt werden. Dabei gilt es, insbesondere auch die bisher wenig beachteten kleinen cyclopoiden Copepodenarten zu berücksichtigen und in einem Vergleich der Planktonstrukturen mit anderen ozeanischen Gebieten einzubeziehen.

### **5.3.2.3 Ichthyoplankton**

#### **5.3.2.3.1 Kleinskalige Verteilungsmuster** (M. Doyle, F. Hartmann, D. Jarosch, J. Kinzer, A. Röpke, D. Schnack, A. Sieg, L. Tiefenbacher, U. Waller)

##### *Probennahme*

Am 27.4.1987 wurde auf der Position 20°N/65°35 E eine Probestation (stn 423) durchgeführt. Hier wurde die Funktionstüchtigkeit des BIOMOC, ein neu entwickeltes modifiziertes Mocness (Multiple Opening/Closing and Environmental Sensing System), überprüft. Dieses Gerät diente der Ichthyoplanktongruppe als Standardgerät, mit dem 9 aufeinanderfolgende Fänge während eines Einsatzes genommen werden konnten. Die Maschenweite der Planktongaze beträgt 0,3 mm. Das Gerät wurde im Schräghol mit 2 kn Geschwindigkeit geschleppt.

Ausbringen und Einbringen des recht großen und schweren BIOMOC ließ sich bequem über den Heckgalgen von METEOR bewerkstelligen. Ein seitlicher Einsatz geschleppter Planktonfanggeräte wäre allerdings grundsätzlich vorzuziehen, um auch aus dem Oberflächenbereich ungestörte Fänge erhalten zu können. Von der Schiffsführung wurde der seitliche Einsatz als zu gefährlich und von der Seilführung zu kompliziert angesehen; der Einleiterdraht hätte mehrfach umgelenkt werden müssen, so daß die Gefahr eines Bruchs im Stromleiter erhöht worden wäre.

Wie auf dem vorangegangenen Fahrtabschnitt sollte die am Heck des Schiffes auftretende Verwirbelung des Wassers durch Verzicht auf den Heckschraubenantrieb und Einsatz des Bugstrahlruders als Antrieb so gering wie möglich gehalten werden. Diese Methode wurde während der ersten Aufnahme des Routinegrids regelmäßig eingesetzt, um so auch eine

Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen beiden Fahrtabschnitten zu erhalten. Allerdings wird das Oberflächenwasser durch diese Antriebsart im Vorschiffbereich sehr weiträumig und intensiv verwirbelt, so daß hier ebenfalls eine erhebliche Beeinflussung des Fanges zu erwarten ist. Der Antrieb über die Heckschrauben bewirkt lediglich eine etwas erhöhte mechanische Belastung der Netze, die jedoch bei der geringen Schleppgeschwindigkeit unbedeutend erscheint. Ein besonderer Nachteil des Bugstrahlantriebs besteht in der relativ geringen Schubkraft, durch die bei etwas stärkerem Seegang keine ausreichend konstante Schleppgeschwindigkeit erreicht werden kann. Aus diesem Grund wurden die Planktongeräte nach der ersten Gridaufnahme wieder mit dem normalen Heckantrieb geschleppt.

Nach einer Reihe von Suchstationen der planktologischen Arbeitsgruppe an Bord wurde die Lage des fischereibiologischen Routinegrids (40 x 80 sm) für diesen Fahrtabschnitt festgelegt.

Eckpunkte:	19.13 N	18.57 N
	64.28 E	65.50 E
	18.34 N	18.18 N
	64.21 E	65.42 E

Das Routinegrid umfaßt 25 Stationen, die vom 30.4. bis zum 3.5. in einer ersten Aufnahme (stn 436-460) abgefahren wurden. Das ruhige Wetter ließ einen zügigen Arbeitsablauf zu. Netz 1 wurde jeweils auf 150 m Wassertiefe gefiert (0,5 m/s). Im folgenden wurden 8 diskrete Horizonte in einem Schräghol befischt (Hievgeschwindigkeit: 0,2 m/s):

Netz 2:	150	-	100 m
Netz 3:	100	-	75 m
Netz 4:	75	-	60 m
Netz 5:	60	-	50 m
Netz 6:	50	-	40 m
Netz 7:	40	-	30 m
Netz 8:	30	-	20 m
Netz 9:	20	-	0 m

Die Einsatzdauer pro Hol betrug im Durchschnitt etwa 30 Minuten. Insgesamt mußten auf diesem Grid 27 Hols durchgeführt werden, da noch Probleme mit der Netzauslösemechanik bestanden. Insgesamt wurden 194 verwertbare Fänge gewonnen. Ab Station 442 wurde parallel zu jedem BIOMOC Einsatz ein Neustonschlitten seitlich hinter dem Schiff geschleppt. Die zwei übereinander angeordneten Netze (Maschenweite 0,3 mm) dieses Gerätes befischten etwa die oberen 30 cm der Wassersäule. Die Einsatzzeit betrug jeweils 30 Minuten.

Nach Abschluß der Arbeiten auf dem festen Stationsnetz begannen am 3.5. die Arbeiten auf der ersten zentralen planktologisch-fischereibiologischen Driftstation (stn 462-466). Sie orientierte sich an einer in 100 m Tiefe treibenden Sedimentfalle der Planktologen, die

zusätzlich ein Treibsegl in 50 m Wassertiefe erhalten hatte. Der Drifter bewegte sich in südöstliche Richtung, verließ das Routinegrid jedoch nicht.

Täglich wurden 8 vertikal feinauflösende Hols mit dem BIOMOC zu folgenden Zeiten durchgeführt. 9:30 10:15 14:00 14:45 21:30 22:15 2:00 2:45

Bei den zeitlich dicht aufeinander folgenden Hols wurde jeweils die gleiche Strecke in entgegengesetzten Richtungen befischt.

Für die Arbeiten auf der Driftstation wurden spezielle Einsatzzeiten für die Netze festgelegt:

Netz 1:	0	-	100 m	
Netz 2:	100	-	75 m	
Netz 3:	75	-	60 m	
Netz 4:	60	-	50 m	mit 3 x 1 min. horizontalem Schleppen
Netz 5:	50	-	40 m	mit 3 x 1 min. horizontalem Schleppen
Netz 6:	40	-	35 m	mit 1 min. Schleppen in 37 m Tiefe
Netz 7:	35	-	30 m	mit 1 min. Schleppen in 33 m Tiefe
Netz 8:	30	-	20 m	mit 3 x 1 min. horizontalem Schleppen
Netz 9:	20	-	0 m	

Das Einfügen horizontaler Schleppphasen war notwendig geworden, da anderenfalls zu wenig Ichthyoplankton je Tiefenbereich gefangen worden wäre. Die Schleppgeschwindigkeit betrug wie auf dem Routinegrid 2 kn. Fier- und Hievgeschwindigkeiten wurden ebenfalls beibehalten (0,5 bzw. 0,2 m/s). Anfängliche Versuche, auf der Driftstation eine höhere Schleppgeschwindigkeit zu erreichen, blieben unbefriedigend, da die Schwimmlage des Gerätes instabil wurde.

Insgesamt wurden auf der Driftstation 36 Hols durchgeführt, mit einer Einsatzdauer von je 25 Minuten. Daraus konnten 314 verwertbare Proben gewonnen werden. Zusätzlich wurde täglich um 17:00 Uhr ein Tiefenhol mit dem BIOMOC durchgeführt, der ca. 2 Stunden in Anspruch nahm:

Netz 1:	0	-	800 m
Netz 2:	800	-	700 m
Netz 3:	700	-	600 m
Netz 4:	600	-	500 m
Netz 5:	500	-	400 m
Netz 6:	400	-	300 m
Netz 7:	300	-	200 m
Netz 8:	200	-	100 m
Netz 9:	100	-	0 m

In 5 Hols konnten 44 von 45 möglichen Proben gesammelt werden.

Vom 8. bis zum 10.5. wurde das Routinegrid ein zweites Mal mit dem BIOMOC und dem Neustonschlitten abgefahren (stn 468-492). Die Einsatzweise der Geräte entsprach derjenigen während der ersten Gridaufnahme. Auf den 25 Stationen wurden 25 Hols mit beiden Geräten durchgeführt, die 213 verwertbare BIOMOC-Proben und 50 Neustonfänge erbrachten.

#### *Erste Ergebnisse*

Grobe Abschätzungen der Zooplanktonmengen in den BIOMOC-Fängen ergaben Werte zwischen 0,2 und 1,0 ml Absetzvolumen pro qm filtrierten Volumens. Sie sind generell kleiner als die im Auftriebsgebiet vor der omanische Küste erhaltenen Werte.

Die häufigsten und dominierenden Organismengruppen waren auch hier wieder die Copepoden, Chaetognathen, Radiolarien und Ostracoden. Daneben traten vermehrt Euphausiaceen, Siphonophoren und Dolioliden auf. In relativ geringer Dichte, aber in ausreichender absoluter Anzahl, wurden kleine mesopelagische Fische (Myctophidae), Fisch- und Tintenfischlarven gefangen.

Die häufigsten Organismengruppen in den Neustonfängen waren Ostracoden, Copepoden (in erster Linie: Pontellidae), Radiolarien, Chaetognathen, Amphipoden und das Insekt Halobatis. Die Ostracoden traten nachts in erstaunlich großen Dichten auf. Fischlarven traten im Neuston seltener auf. Während der zweiten Gridaufnahme wurden auf 5 Stationen überraschend viele Cladoceren gefangen, die eigentlich als neritisch lebend gelten.

In der Planktonverteilung und -zusammensetzung waren starke Tag-Nacht-Unterschiede zu verzeichnen. Fischlarven, besonders die größeren, wurden nachts in größeren Mengen gefangen. Mesopelagische Fische und Garnelen wurden fast ausschließlich nachts gefangen, üblicherweise zwischen 75 und 150 Metern. Ostracoden, die tagsüber relativ gleichmäßig in den oberen 100 m der Wassersäule verteilt waren, konzentrierten sich nachts unmittelbar an der Oberfläche.

Im Vergleich zu den Fängen an der Küste von Oman ist festzustellen, daß auch hier im ozeanischen Bereich mehr Fisch- und Tintenfischlarven gefangen wurden. Das Artenspektrum war zu mehr Tiefenwasserarten hin verschoben.

#### **5.3.2.3.2 Ernährungszustand und Histologie von Fischlarven**

(C. Clemensen, F. Hartmann, B. Ueberschär)

##### *Aufgabenstellung*

Vergleichende biochemische (Verdauungsenzyme, RNA-DNA-Gehalte) und histologisch morphologische Untersuchungen an Fischlarven verschiedener systematischer Gruppen in ökologisch unterschiedlichen Lebensräumen zur Charakterisierung des Ernährungszustandes.

##### *Material und Fangmethode*

Zur Materialbeschaffung für die geplanten histologisch-morphologischen und biochemischen

Untersuchungen an Fischlarven des Pelagials wurden auf dem 2. ozeanischen Grid und der Zentralstation der METEOR Expedition (Abschnitt 3b) mit dem Mocness, einem MehrfachschlieBnetz mit einer Maschenweite von 350 µm auf verschiedenen Tiefenstufen Fänge durchgeführt. In der Regel wurde nachts gefischt, da der Fangerfolg in den Nachtstunden weitaus größer war als am Tage. Insgesamt wurden 24 Hols auf dem Grid und der Zentralstation durchgeführt. Um die Fischlarven schonend zu fangen, wurden kurze Hols (ca. 15 min.) mit 5 von 9 Netzen auf den Tiefenstufen 0-75, 75-50, 50-37, 37-15 und 15-0 m gefahren. Als Fiergeschwindigkeit wurden 0,5 m/s, als Hievgeschwindigkeit 0,2 m/s gewählt. Die Planktonproben wurden mit Eis gekühlt um die Fraßbeschädigungen der Fischlarven durch Ostracoden zu mindern.

Der Fang eines jeden Hols wurde unter den Mitgliedern der Arbeitsgruppe so aufgeteilt, daß die Individuen einer Spezies möglichst allen drei Untersuchungsmethoden unterzogen werden konnten, um einen späteren Vergleich der Ergebnisse zu gewährleisten.

Regelmäßig ließen sich 8 verschiedene Arten bzw. Gruppen finden, die zunächst als Typen A-H gekennzeichnet wurden. Typ A erwies sich als Angehöriger der Gattung *Vinciguerria* aus der Familie der Photichthyidae (möglicherweise *Vinciguerria nimbaria*). Typ H wurde als *Idiacanthus*-Larve (Fam. *Idiacanthidae*) identifiziert. Die verschiedenen Arten werden zu einem späteren Zeitpunkt bestimmt werden.

#### *Morphologisch-histologische Methoden*

Die aussortierten Fischlarven wurden ohne Verzögerung in Glutardialdehyd (4 %) überführt und 6-8 Stunden fixiert. Anschließend wurden die Fischlarven in Phosphatpuffer gewaschen und in zwei Unterproben für lichtmikroskopische und elektronenmikroskopische Untersuchungen geteilt.

Die für die Lichtmikroskopie vorgesehenen Fischlarven wurden sodann in Formal (6 %, neutralisiert mit Borax) für die weitere Bearbeitung im Heimatinstitut konserviert.

Für die elektronenmikroskopische Beurteilung der Ultrastruktur der übrigen Fischlarven bedurfte es weiterer Fixierungs- und Konservierungsmaßnahmen. Nach dem Auswaschen des Glutardialdehyds mit Phosphatpuffer (0,2 mol) erfolgte eine Lipidfixierung mit Osmiumtetroxyd und erneutes Auswaschen mit Phosphatpuffer. Anschließend wurden die Fischlarven in einer Isopropanolreihe mit steigenden Konzentrationen entwässert und in 70 % Isopropanol konserviert.

#### *Nukleinsäureuntersuchungen*

Sofort nach dem Fang wurden die Larven aus den eisgekühlten Proben möglichst schnell aussortiert und bei -20°C bis zur Bearbeitung gelagert. Bevor die Larven dem Nukleinsäureaufschluß unterzogen wurden, erfolgte die taxonomische Zuordnung in die acht Gruppen und die Längenmessungen der Individuen. Zur Bestimmung der RNA- und DNA-Gehalte wurden die Larven der Längen 5-18 mm homogenisiert und in einem speziell entwickelten Reinigungsverfahren (Proteinase K, Phenol-, Chloroformbehandlung) bearbeitet.

Die Nukleinsäuregehalte wurden fluoreszenzphotometrisch ermittelt. Das RNA/DNA Verhältnis bietet sich als Index für die Beurteilung des Ernährungszustandes an, da Hungerzustände zu einer Abnahme des RNA-Gehaltes führen.

Die Untersuchungen an ca. 150 Fischlarven zeigen, daß die RNA/DNA Quotienten von sieben der acht bearbeiteten Larvengruppen ein ähnliches Verteilungsmuster aufweisen und im Bereich von 1-2,5 liegen. Die RNA/DNA Gehalte der Larven der Gruppe G weichen stark von denen der anderen Gruppe ab und erreichen Werte bis zu 10. Die RNA/DNA Gehalte von diesen Larven aus dem tropischen ozeanischen Gebiet liegen im Vergleich zu Larven der gemäßigten Zonen (Makrelenlarven der Keltischen See) weitaus niedriger und würden in den gemäßigten Zonen als hungernd bezeichnet werden. Es ist aber anzunehmen, daß Larven des tropisch ozeanischen Gebietes ein anderes Stoffwechsellmuster aufweisen. Aufgabe der weiteren Arbeiten wird es sein, dieses eingehender zu untersuchen.

#### *Enzymatische Untersuchungen*

Sofort nach dem Fang wurden die für die enzymatischen Analysen vorgesehenen Fischlarven visuell grob nach den verschiedenen Typenklassen sortiert und bei ca.  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

Nach Möglichkeit wurden diese Larven am nächsten Tag der enzymatischen Analyse in einem zur Bestimmung des Ernährungszustandes geeignetem Verfahren unterzogen.

Die Fischlarven wurden vor der Aufbereitung für die Bestimmung der Verdauungsenzymaktivitäten unter dem Binokular gemessen (Längenvermessung), auf Beschädigung geprüft und einer festgelegten Typenklassen A-H zugeordnet.

In einem an dieser Stelle nicht näher zu beschreibendem fluoreszenzphotometrischen Verfahren konnten bisher ca. 170 Fischlarven hinsichtlich der Trypsinaktivitäten untersucht werden.

Belegexemplare zur späteren genaueren Artenbestimmung wurden in Formaldehyd konserviert und Vertreter der verschiedenen Längenklassen für die Gefriertrocknung (Gewichtsbestimmung) konserviert.

#### *Erste Ergebnisse aus den bisher durchgeführten Trypsinaktivitätsanalysen*

Aus der Gesamtheit der bisher untersuchten Fischlarven wurde eine bereits identifizierte Gruppe (Typ A, Photichthyidae, *Vinciguerria nimbaria*) ausgewählt, um erste Berechnungen durchzuführen.

Es zeigte sich, daß bei der individuellen Analyse beträchtliche Unterschiede der enzymatischen Aktivität innerhalb einer Längenklasse auftraten (Abb. 27).

Da bisher als Bezugspunkt für die enzymatische Aktivität lediglich die Länge der einzelnen Larven bekannt ist, wurde, um alle Larven eines Typs vergleichen zu können, auf die Länge normiert (Enzymaktivität/min./mm). Nach der Einteilung in verschiedene Aktivitätsintervalle (Abb. 28) zeigte sich eine deutliche Konzentration hin zu geringeren Enzymaktivitäten.

Von einer weiteren Interpretation muß vor einer vollständigen Material- und Datenanalyse abgesehen werden.

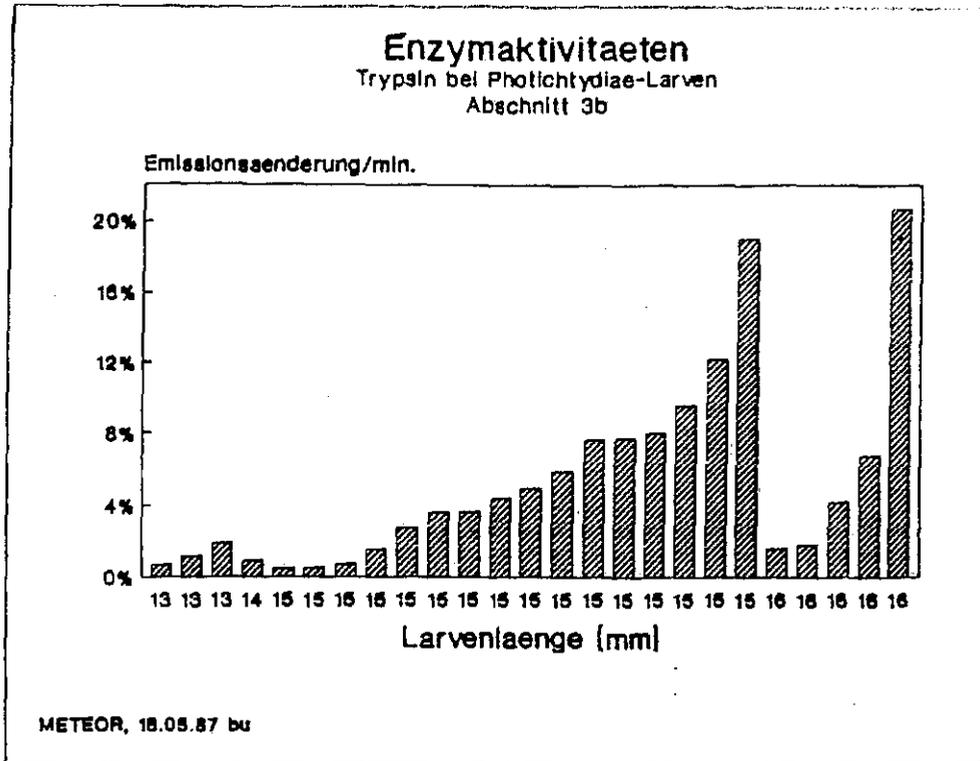


Abb. 27: Darstellung der Enzymaktivitäten aller bisher gemessenen Larven des Typs A nach Längenklassen geordnet.

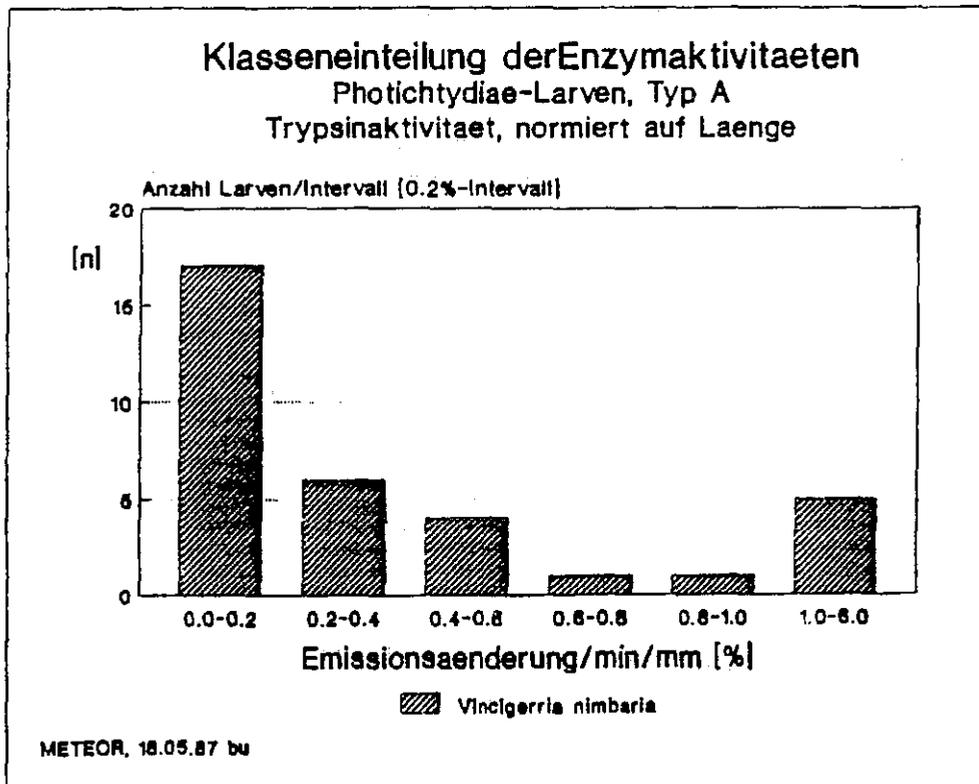


Abb. 28: Darstellung der Präsenz der bestimmten Enzymaktivitäten als Häufigkeit in Aktivitätsintervallen.

### 5.3.2.4 Mikronektor

#### *Aufgabenstellung*

Aufnahme der Vertikalverteilung mesopelagischer Fische und Garnelen (Natantia) im nordöstlichen Arabischen Meer unter Einfluß extrem sauerstoffarmen Tiefenwassers und Messung des Gasstoffwechsels einiger Organismen.

#### *Fangeinsätze*

In der Zeit vom 30.4. bis 5.5. und vom 12.5. bis 17.5. wurden insgesamt 23 Schließstrawlfänge durchgeführt. Zum Einsatz kam ein vergrößertes Isaac-Kidd-Midwatertrawl (IKMT) mit 2,5 x 4 m Netzöffnung und 4,5 mm Maschenweite, das am Steert mit einem 5fach Multinetz (0,5 mm) ausgerüstet war. Der Netzwechsel des Multinetzes (MN) wurde über eine Zeitschaltuhr mit kombiniertem Tiefenschreiber gesteuert und registriert. In 5stündigen Schräghols in Standardtiefen von 1000 m Tiefe zur Oberfläche wurden auf diese Weise 5 Tiefenhorizonte in 200 m-Intervallen befischt. Die Probennahme erfolgte in sechsstündigem Rhythmus, um die tagesperiodische Vertikalwanderung des Mikronektors erfassen zu können. Das IMKT-Multinetz erwies sich in seiner Funktion als sehr zuverlässig, insgesamt wurden nur zwei unvollständige Netzwechsel registriert, die durch unzureichende Stromversorgung zustande kamen. Die Fängigkeit für Crustaceen sollte jedoch konstruktionsbedingte Probleme zeigen.

Da auf der neuen METEOR bei allen Winden die Belastung der Trosse kontinuierlich gemessen werden kann war es nach einem anfänglichen Test möglich sämtliche Trawlfänge achteraus über das 11 mm-Einleiterkabel der W9 zu fahren. Maximal wurden 2,4 t (24,0 kN) bei 3000 m gesteckter Trosse während des Hievens gemessen. Die Bruchlast liegt bei 5 t. Somit können die IKMT-Wechselnetze zukünftig auch über Einleiter geschaltet und die Tiefe kontinuierlich an Bord registriert werden. Abgesehen von einigen Schräghols (2 Tag-, 3 Nachtfänge) von 400 bis 0 m im Bereich der Zentralstation des Grids B2, wurde in der Zeit vom 12.5. bis 17.5. ein Schnitt nordwärts mit 18 Stationen zwischen den Positionen 18°02' N/ 66°41' E bis 22°N/65°4' E gefahren. Der Schnitt lag durchschnittlich über 3000 m geloteter Tiefe.

Zu Beginn des Schnittes, in seiner Mitte und gegen sein Ende wurden Sauerstoffmessungen in ausgewählten Tiefen durchgeführt, die bereits in einer Tiefe von 100 m einen rapiden Abfall der O<sub>2</sub>-Konzentrationen zeigten, der sich, wie erwartet, konstant über 1000 m auf einem Minimum um 0,2 ml/l liegt. Die letztere (nördlichste) Messung reichte sogar bis in 1500 m Tiefe und zeigte keine Änderung.

#### *Mesopelagische Fische* (J. Kinzer, J. Tiefenbacher, U. Waller)

Erste Ergebnisse über Artenzusammensetzung und Vertikalverbreitung der mesopelagischen Fische lassen sich vorerst nur in ihren Tendenzen aufzeigen. Leuchtsardinen (Myctophidae) dominierten deutlich auf allen Stationen, bei Tage in Tiefen von 200 - 600 m, einige Arten bis zu 1000 m Tiefe.

In echogebenen Schichten - bei Tage lag die Echostreuschicht (33 kHz) konstant in 300 - 400 m Tiefe - waren Myctophiden weitaus am häufigsten, wie schon eigene Untersuchungen im gleichen Seegebiet im März 1965 mit einem offenen IKMT gezeigt haben.

Die Anzahl der Arten nimmt auf dem Schnitt von Süden nach Norden ab. Mindestens 15 Arten, vorwiegend der Gattung *Diaphus*, waren vertreten, darüber *D. fulgens* und *D. arabicus*, auf den südlichen Positionen u.a. *Benthosema suborbitale* und *B. fibulatum*. Die Artenanalyse konnte bisher nur stichprobenhaft erfolgen. Die genannten Arten steigen nachts zumindest in die oberen 200 m auf. Die tagesperiodische Vertikalwanderung ist bei den Myctophiden erwartungsgemäß stark ausgeprägt.

Da die extrem sauerstoffarme Zone im gesamten Arbeitsgebiet mit Werten zwischen 0,26 und 0,07 ml O<sub>2</sub>/l bereits in 100 m Tiefe beginnt ist die nächtliche Vertikalverteilung der Arten von ganz besonderem Interesse. Hierzu werden die 9fachen BIOMOC-Fänge (siehe Kapitel 5.3.2.3) der oberen 150 m Wassersäule eine Aussage über die Feinstruktur der Vertikalverteilung ermöglichen. Während im ozeanischen Pelagial mit "normalen" vertikalen O<sub>2</sub>-Gradienten die meisten *Diaphus*-Arten in den oberen 200 m der Wassersäule fehlen, steigen offensichtlich im nordöstlichen Arabischen Meer einige *Diaphus*-Arten, u.a. *D. arabicus* (Jungfischtrawl, Stat. 465, 0-75 m) in die sauerstoffreiche Zone bis mindestens 75 m Tiefe auf, daneben u.a. auch *Hygophum proximum* und *Myctophum aurolaterdatum*.

Als weiterer Massenfisch, besonders in den Echostreuschichten, wurde *Vinciguerrria attenuata* (früher *V. lucetia*, Fam. Photichthyidae) beobachtet, die auch nachts bis mindestens 75 m Tiefe aufsteigen. *Vinciguerrria* war sehr fleckenhaft vertreten und fehlte auf einigen Stationen völlig.

Ebenso fleckenhaft, jedoch dann immer sehr individuenreich, ist die Verteilung des allgemein im ozeanischen Mesopelagials weitverbreiteten *Gonostoma*-Arten (Fam. Gonostomatidae), die fast ausschließlich nur im südlichen Teil des Schnittes beobachtet wurden (1000 bis max. 400 m Tiefe).

Weitere typische Vertreter des Meso- und Bathypelagials, die, wie die *Gonostoma*-Arten, im Untersuchungsgebiet ebenfalls nicht in O<sub>2</sub>-reiche Epipelagial aufsteigen, waren vereinzelt u.a. *Astronesthes indicus* (Fam. Astronesthidae), die Gattung *Roulaina* (Fam. Alepocephalidae) und bis zu 45 cm lange Schnepfenaale *Nemichthys spec.* (Fam. Nemichthyidae). - Von den Anglerfischen wurde bisher nur ein kleines Exemplar von *Melanocetus johnsoni* (Fam. Melanocetidae) in 6-800 m Tiefe erbeutet, ebenso nur ein einziger Viperzahnfisch *Chauliodus sloani* (Fam. Chauliodontidae). Die weltweit verbreiteten Beilfische der Familie *Sternoptychidae* fehlen im Untersuchungsgebiet völlig.

Auffallend häufig, wenn auch immer nur in wenigen Individuen, war die pelagische Gattung *Bregmaceros* (Fam. Bregmacerotidae, den Gadiden verwandt), die z.T. auch in Proben aus 2-400 m enthalten war. Eine weitere häufige Art des Pelagials war in den oberen 2 Fangstufen des IKMT-MU Nomeiden der Gattung *Psenes*, wahrscheinlich *P. maculatus*, die in der erbeuteten Größe von durchschnittlich 20-50 mm SL kommensalisch in Medusen leben

(englischer Name: Driftfish). Daher nahmen diese Fische auch gern die ausgelegten Sinkstofffallen als riesige "Pseudo-Meduse" an. Individuen > 150 mm SL wurden in 2-400 m Tiefe erbeutet.

Eine weitere Artenanalyse war an Bord nicht möglich, da die Probennahme auf dem Schnitt 4,5 Tage rund um die Uhr erfolgte und erst einen Tag vor Einlaufen in Karachi abgeschlossen wurde. Die IKMT-MU-Fänge werden auf Fahrabschnitt 3c fortgesetzt.

Abschließend bleibt festzustellen, ob sämtliche erbeuteten Teleostier des Mesopelagials tagsüber im extremen Sauerstoffdefizit leben und als Massenfisch nur einige Myctophiden-Arten nachts in die Sauerstoffreichen 0-100 m Tiefe aufsteigen. Unter den einzelnen gefangenen mesopelagischen Fischen wurden nur wenige Gonostomatiden- und Astronesthidenarten (u.a. *A. indicus*) oberflächennah beobachtet.

Die Artenzahl nahm auf dem Schnitt von Süden nach Norden deutlich ab. Analysen über das vertikale Verbreitungsmuster, besonders zur Tag/Nacht-Verbreitung - es sind unseres Wissens erstmalige Schließstrawlfänge, die im Arabischen Meer erfolgten - konnten an Bord nicht durchgeführt werden. Da die obere Fangstufe (200-0 m) des IKMT-MU durch verzögertes "Nachrücken" der Tiere meist mit tieferen Fängen kontaminiert war (siehe auch Mesopelagische Garnelen), werden auf Fahrabschnitt 3c zusätzliche Oberflächenholts tags und nachts erforderlich sein.

Aussagen zur Nahrungsökologie der Myctophiden können erst später erfolgen.

#### *Mesopelagische Garnelen*

In den Fängen traten Natantia (Crustacea) folgender Gattungen auf:

Caridea: AcanthePHYra, EPHYrina, Eupariphae, Parapandalus, Hymenodora;

Penaeidea: Gemadas, Sergetes, Lucifer. Erwähnt werden soll auch das häufige Auftreten von Gnathophausia (Mysidadea). Der Umfang der Fänge war zu Beginn des Schnittes reichlicher. Auf den nördlichen Stationen waren in allen Stufen nur wenige einzelne Exemplare zu fangen.

Da das Vornetz (4,00 x 2,50 m IKMT) offen in die Tiefe geschleppt wurde, wobei die MN-Netze noch nicht bespannt waren, war mit einem freien Durchfluß gerechnet worden. Einzelne Exemplare von z.B. Sergest, einer Gattung, die nur im Epipelagial auftritt, in den Tiefenfängen (1000-800 m) läßt jedoch auf eine Verschleppung beim Fieren schließen. Einzelne Exemplare sind sogar in Fängen der Tiefenstufe 800-600 m enthalten.

Eine genaue Analyse der Fänge, die am Abend vor dem Einlaufen in Karachi beendet wurden, konnte noch nicht durchgeführt werden.

#### *Respirationsmessungen an mesopelagischen Organismen (U. Waller)*

Drei Tage nach dem Auslaufen von METEOR aus Muscat waren die beiden Meßsysteme in dem Aquarienlabor (Temperatur 14-16°C) installiert und getestet worden. Für die Hälterung der Versuchstiere waren zwei Rundstrombecken eingerichtet worden, von denen das eine mit

untertemperierten Oberflächenwasser, das andere mit gekühltem (15-16°C) Seewasser gefüllt war. Während das eine Becken kontinuierlich mit frischem Oberflächenwasser versorgt werden konnte, konnte aufgrund fehlender Kühlkapazität das Wasser in dem temperierten Rundstrombecken nur von Zeit zu Zeit teilweise ersetzt werden. Da die Besatzdichten in diesen Becken generell niedrig gehalten werden sollen (Wasser: Fisch > 100) und die Tiere vor Beginn der Experimente nicht gefüttert werden, ist ein ständiger Wasserzulauf sicherlich nicht notwendig.

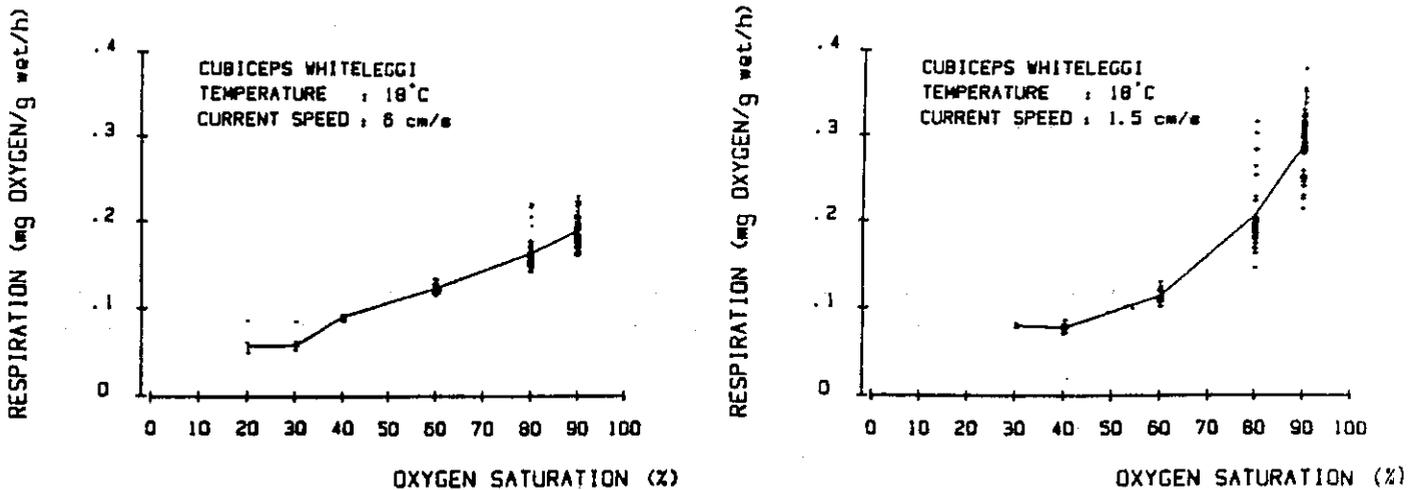
Nachdem die vorbereitenden Arbeiten abgeschlossen worden waren, wurde am 30.4.1987 erstmalig versucht, lebende Organismen mit dem IKMT-Trawl aus dem Pelagial zu fangen. Das Netz wurde bis in eine Tiefe von ca. 350 m gefiert und wieder gehievt. Bis auf eine Assel, die drei Tage lang bei einer Temperatur von 14-16°C überlebte, waren alle anderen gefangenen Organismen tot. In den nächsten Tagen konnten keine speziell auf den Fang lebender Organismen ausgerichteten Fänge durchgeführt werden. Es wurden deshalb sämtliche BIOMOC-Fänge auf eventuell lebende Tiere durchgesehen. Dabei wurden zwar vereinzelt noch lebendige myctophide Fische gefunden, die aber nicht mehr als 1-2 Stunden in den Rundstrombecken überlebten.

Im weiteren Verlauf der Fahrt wurde dann versuchsweise das Jungfischtrawl für den Fang der benötigten Tiere in ca. 75 m Tiefe eingesetzt. In insgesamt 6 Fischzügen konnten so annähernd 30 lebende Fische gefangen werden. Diese überlebten meist nur 3-4 Stunden in den Hälterungen. Der Tod der Tiere ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen: Die Fische hatten während des Fangvorganges fast die gesamte Beschuppung verloren, was zu einem direkten Kontakt der Gewebe mit dem umgebenden Wasser führt. Ein Versagen der Ionen- und Osmoseregulatoren ist in einem solchen Fall zwangsläufig gegeben. Der starke Druckunterschied beim Hieven der Fische an die Oberfläche führte zu Embolien, wie an den schon makroskopisch sichtbaren Gasblasen in den Geweben zu erkennen war. Zusätzlich bekamen die Tiere durch diese Gasblasen einen derart großen Auftrieb, daß sie weder von der Wasseroberfläche abtauchen, noch in normaler Position in der Wassersäule schwimmen konnten. Es ist weiterhin zu vermuten, daß der große Temperatursprung zwischen Fangtiefe und Oberfläche (Fangtiefe ca. 16-18°C, Oberfläche ca. 20°C) zu einer zusätzlichen Belastung der Tiere geführt hat. Um diesem Streßfaktor entgegenzuwirken wurden die Tiere allerdings sofort nach dem Fang in temperiertes Seewasser umgesetzt.

Im weiteren wurde versuchsweise noch das Tetranez für einen Fang eingesetzt. Es konnten damit ungefähr 20 lebendige Sergestiden und ein Myctophide gefangen werden. Die Sergestiden überlebten den Fang 4 Tage. Eine Messung der Respiration war allerdings aufgrund der wenigen Tiere nicht möglich. Der mit dem Tetranez gefangene Fisch zeigte die selben Symptome wie die mit den anderen Geräten gefangenen Tiere, so daß auch dieses Gerät für einen erfolgreichen Fang nicht geeignet erschien.

In der letzten Woche des Fahrtabschnittes wurden dann zufälligerweise Fische (*Cubiceps whiteleggi*) in den Sedimentfallen gefangen. Aufgrund des schonenden Fangvorganges in einem ständig wassergefüllten Behälter, kamen diese Tiere in ganz ausgezeichneter

Verfassung aus Wassertiefen von 30-100 m an Bord. Mit 29 bzw. 35 dieser Fische wurden Respirationmessungen bei 20-90 % Sauerstoffsättigung durchgeführt. Die Ergebnisse der Messung (Abb. 29) zeigen, daß der Sauerstoffverbrauch von *Cubiceps whiteleggi* mit abnehmender Sättigung im Wasser sinkt. Während diese Versuche abliefen, wurden andere Nomeiden aus erheblich tieferen Schichten (400 m) lebend mit dem IKMT-Trawl an Deck gebracht. Der Versuch, diese Tiere zu hältern, scheiterte allerdings nach wenigen Stunden (max. 4 Stunden).



**Abb. 29:** Der Sauerstoffverbrauch von *Cubiceps whiteleggi* mit abnehmender Sättigung im Wasser

### 5.3.3 Unterabschnitt 3c

#### 5.3.3.1 Hydrographie

##### *Task*

It was the aim of the hydrographic group to obtain hydrographical data, i.e., to obtain a picture of the vertical and horizontal distribution of temperature and salinity.

##### *Methods*

During leg 3c a bathysonde (HDW, Kiel) was used. For calibration, at each station, several samples were taken using reversing thermometers. At the second central station, the bathysonde failed and could not be used anymore. Therefore, at the following stations, the survey was reduced to 6 water samples and 8 reversing thermometers reading each. In addition, surface samples were taken with a bucket. The conductivity was measured with a Guildline autosalinometer. To obtain preliminary results about the hydrographic situation, T-S profiles were to provide information about layering and dynamic processes. Surface temperature and salinity were registered continuously with a thermosalinograph (Fig. 30).

##### *Preliminary results*

Hydrographical data were gained from 87 stations; at the southwestern stations down to depths of 1000 m, and at the other stations between 400 m and 21 m depth.

The surface temperature ranged from 28.7°C to 29.8°C, being a little higher than during legs 3a and 3b. As a result of the influence of the River Indus low salinity values were expected, however, the highest values of all three legs were encountered ranging from 36.90 ppt to 37.15 ppt. A seasonal effect could be an explanation. During legs 3b and 3c the warmest season of the year had just started in the region which caused an increase in evaporation, and with this in salinity as well, if there was no high outflow of fresh water from the Indus.

At 100 m depth, the temperature was about 22°C and salinity 36.75 ppt.

In contrast to the regions investigated during leg 3a and 3b, a homogenous surface layer was lacking along the Pakistanian coast. Vertical and horizontal distribution of temperature and salinity as well as their gradients were very different when the whole station grid was examined. At the oceanic stations a mixed layer down to a depth of 25 m was found, caused by wind, processes of evaporation, salinity increase, and vertical convection. Below this layer, temperature and salinity decreased, with a relative minimum between 35 m and 40 m. On the shelf the situation was different at four stations (no. 536-539). This could be due to the river outflow of the Indus. During the wet season which lasts from middle of May to middle of October, the input of fresh water by the Indus to the water in the coastal region is high and salinity decreases in the surface layer. An increase of solar radiation and a decrease of the Indus outflow causes high warm, saline and still growing surface layer, a layer of cold water of low salinity was found.

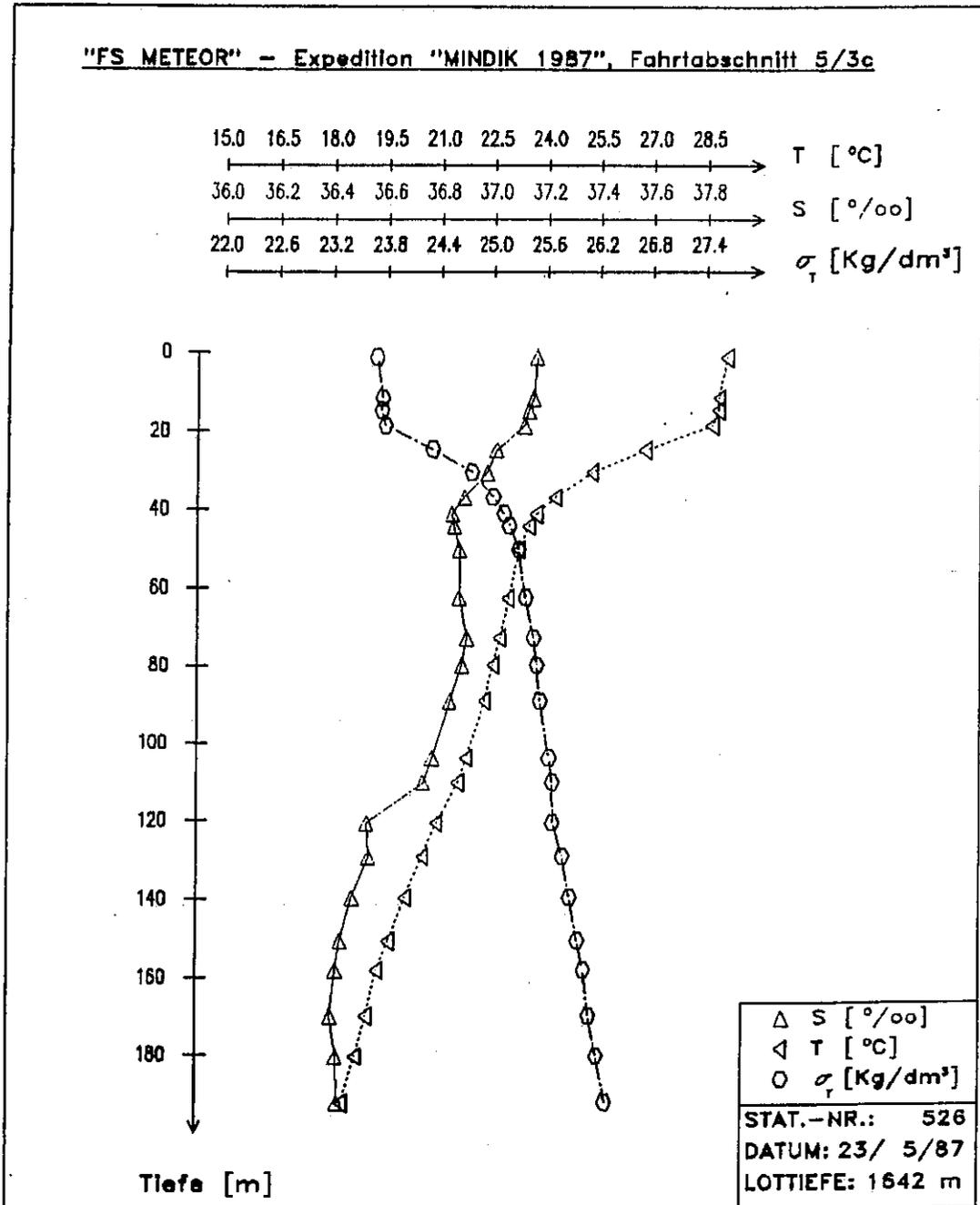


Fig. 30: S, T and Sigma T profile

The data indicate that there was another mixed layer within the range of 65 m to 100 m, salinity was about 26.85 ppt. Below 100 m temperature and salinity gradients were pronounced (station 540).

Temperature and salinity distribution at greater depths was measured at the southwestern stations, where profiles were taken down to 1000 m. A typical situation for the Arabian Sea was found, i.e. a salinity maximum - probably formed by Persian Gulf Water - at depths of 180 m to 250 m.

Density calculations yielded values of 23.5 at the surface and 25.5 at 100 m depth. From this, it can be stated that there were no dynamic processes.

### *Conclusion*

The large-scale distribution of the hydrographic patterns seemed to be stable. So far the small-scale distribution of temperature and salinity in space and time is concerned the picture was much more complicated and not yet explainable. The actual hydrographic conditions changed from one station to the next, and the whole situation seemed to be heterogeneous.

### **5.3.3.2 Planktologie und Mikrobiologie**

(F. Pollehne, R. Boje, W. Fleckner, N. Gelpke, H. Giesenhausen, R. Hansen, F. Jochem, B. Karrasch, R. Werner, S. Wille)

Nach dem Auslaufen aus Karachi wurde ein Schnitt in Richtung Schelfrand gefahren, auf dem in Abständen von 15 sm Profile der in vivo Fluoreszenz, Netzproben und vertikale Schöpferserien zur Analyse von Nährsalzproben genommen wurden.

Auf einer Station auf dem äußeren Schelf bei 23°22 N und 66°37 E wurden bei einer Wassertiefe von 130 m eine automatische Sinkstoffalle in 100 m und ein Doppeldrifter in 35 m ausgelegt, der täglich aufgenommen und gewechselt wurde. Beide Fallen nahmen einen nordöstlichen Kurs auf Land zu. Nach Tagen wurde deshalb die tiefere Falle geborgen, und auf 75 m verkürzt. Auf der ersten Driftstation wurde ein vierzigstündiges planktologisches Programm durchgeführt, bei dem die engabständige Auflösung der Wassersäule im Vordergrund stand. Es wurden am Tag und in der Nacht mehrmals Proben aus 18 verschiedenen Tiefen genommen und auf partikuläre und gelöste Substanzen untersucht. Die Primärproduktion wurde bei Vor- und Nachmittagsinkubationen in situ gemessen, und Respirationsraten verschiedener Größenfaktoren wurden in mehreren Tiefen ebenfalls tags und nachts aufgenommen. In 4stündigen Abständen wurde mit dem Mehrfachschließnetz in engen Horizonten Zooplankton gefangen.

Es wurden 4 x 1 m<sup>3</sup>-Tanks mit Wasser aus dem Biomassemaximum gefüllt und unter verschiedenen Lichtbedingungen inkubiert. Am Ende der ersten Zentralstation wurden zwei automatische Sinkstoffallen in 100 und 35 m auf einer Station am äußeren Schelfrand bei 200 m Wassertiefe ausgelegt, um ein Auflaufen auf den Schelf zu vermeiden.

Auf dem anschließenden Grid von 40 x 80 m wurden auf 25 Stationen in drei Tagen Fluoreszenz- und Nährsalzprofile registriert sowie Netzproben genommen. An den Eckstationen wurde das Multinetz eingesetzt.

Nachdem die erste Gridfahrt abgeschlossen war, wurde die Drifterposition angelaufen und Untersuchungen auf einer zweiten Driftstation begonnen, bei der wiederum die zeitliche Entwicklung der Populationen im Vordergrund stand. Da die Drifter sich über die Schelfkante hinaus bewegten und sich in fast allen Parametern kaum Unterschiede zum vorigen Abschnitt ergaben, wurden nach zwei Tagen die Fallen verlassen, und eine Station bei 100 m Wassertiefe ausgesucht (23°25' N / 66°43' E). Nach dem Aussetzen einer Driftfalle in 75 m Tiefe wurde das Programm auf dieser Schelfstation fortgesetzt. Es wurden über 5 Tage bakteriologische, phyto- und zooplanktologische Bestands- und Ratenmessungen durchgeführt. Die Untersuchungen der gesamten Wassersäule lösten sich in festen Zeitabständen mit feinskaligen Messungen an den Grenzschichten ab.

Auf die zeitlich ausgedehnte Driftstation folgte eine zweite Gridaufnahme, die mit der ersten in Lage und Probennahme identisch war. Danach wurden die auf dem Außenschelf treibenden Fallen geborgen.

### *Erste Ergebnisse*

#### *Produktionsbiologische Messungen*

Das Schelfwasser war bei Wassertiefen von weniger als 40 m in bezug auf Nährsalze und Chlorophyll völlig durchmischt. Ein eventueller Einfluß des Indus auf die Partikelzusammensetzung wurde durch die Resuspension von Sedimentpartikeln durch Tidenströmungen überdeckt. Ein Einfluß auf die Nährsalzkonzentrationen läßt sich höchstens in leicht erhöhten  $\text{PO}_4$ -Werten sehen. Die Stickstoffkomponenten waren schon auf der ersten Station bei 20 m Tiefe unterhalb der Nachweisgrenze. Bei Wassertiefen von über 40 m war die Wassersäule physikalisch, chemisch und biologisch geschichtet und mit der im offenen Ozean vergleichbar. Die Tiefe der durchmischten Schicht lag bei 20 m. Die horizontale Verteilung der Phytoplanktonbiomasse war für ein Schelfgebiet bemerkenswert homogen. Lage und Größe des Chlorophyllmaximums änderten sich auf dem Grid nur unwesentlich. Insgesamt läßt sich vermuten, daß mit den einsetzenden Monsunwinden ozeanisches Wasser auf den Schelf gedrückt wurde und dabei seine Charakteristik weitgehend beibehielt. Darauf deuten auch die Trajektorien der beiden Driftbojen hin. Diese Struktur wurde erst im Flachwasser durch Tidenvermischung ganz aufgelöst.

Die vertikale Struktur der Wassersäule auf der zentralen Driftstation unterschied sich kaum von der des vorangegangenen Abschnittes. Unter einer Oberflächenschicht mit geringer Phytoplanktonbiomasse fand sich ein Chlorophyllmaximum in 40-50 m Tiefe. Diese Chlorophyllwerte waren allerdings 1/3 bis 1/2 mal niedriger als im offenen Ozean ( $0,8 - 1,2 \text{ mg/m}^2$ ), und die Artenzusammensetzung hatte sich etwas zu größeren Formen, vor allem Diatomeen verschoben. Erste mikroskopische Untersuchungen an Bord deuten auf eine größere Diversität bei Diatomeen und Dinoflagellaten im Vergleich zum ozeanischen Bereich

hin. Während der letzten Driftstation traten im Oberflächenwasser Flocken von fädigen Blaualgen auf, die sich auch in den Chlorophyll- und Produktionswerten bemerkbar machten.

Die Nährsalzkonzentrationen lagen in den oberen 40-45 m sehr niedrig ( $0 \mu\text{m NO}_3$ ;  $0 \mu\text{m NO}_2$ ;  $1 \mu\text{m SiO}_4$ ;  $0,3 \mu\text{m PO}_4$ ;  $\text{NH}_3$  an der Nachweisgrenze) und stiegen erst im Bereich des Chlorophyllmaximums mit einem starken Gradienten an; bei 50 m;  $1,3 \mu\text{m NO}_3$ ;  $0,2 \mu\text{m NO}_2$ ;  $2 \mu\text{m SiO}_4$ ;  $0,7 \mu\text{m PO}_4$ ;  $0,6 \mu\text{m NH}_3$ . Ab 100 m erreichen sie Werte wie im offenen Ozean ( $15 \mu\text{m NO}_3$ ;  $10 \mu\text{m SiO}_4$ ;  $2 \mu\text{m PO}_4$ ). Der Sauerstoffgehalt zeigte dagegen einen anderen Verlauf: Werte über 5 ml/l waren an der Oberfläche und während des Tages im Chlorophyllmaximum zu finden. Im restlichen Oberflächenwasser lagen die Konzentrationen zwischen 4,5 und 5 ml/l. Unterhalb des Chlorophyllmaximums sanken die Konzentrationen allmählich ab. Bei 100 m betragen sie 3 ml/l, bei 150 m nur 2 ml/l. Das in diesen Tiefen für den offenen Ozean typische Sauerstoffminimum fehlte im Schelfbereich.

Die vertikale Verteilung der Primärproduktion entsprach der im Abschnitt 3b. Die höchste Produktion fand sich während der ersten Driftstationen im Chlorophyllmaximum in 40-45 m Tiefe mit  $14 \text{ mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ . Die integrierten Werte lagen zwischen  $0,3$  und  $0,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  und damit ähnlich wie die Chlorophyllmenge um 1/3 niedriger als im Abschnitt 3b. Während der ersten Dauerstation wurde davon über 50 % im Bereich des Chlorophyllpeaks gebildet. Durch die Produktion der fädigen Blaualgen im letzten Teil der Untersuchung kam es zu einem zweiten Produktionsmaximum im Oberflächenwasser (0-15 m), was die Gesamtproduktion auf  $0,6 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  an hob. Der relative Anteil des Tiefenphytoplanktons verringerte sich dadurch auf 30-40 % der Gesamtproduktion. Ein Großteil der Produktion wird auch in diesem Gebiet durch Organismen von  $< 2 \mu\text{m}$  gestellt. Ihr Anteil liegt bei 70-100 %. Eine Veränderung in der Größenzusammensetzung mit der Tiefe läßt sich nicht feststellen. Das Mikroplankton erreicht lediglich einen Anteil von 10-15 %, allerdings treten höhere Werte vereinzelt auf. Der Anteil des Nanoplanktons liegt in der gleichen Größenordnung.

Integrierte Raten der Primärproduktion (in  $\text{mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )

Station	Gesamte euphotische Zone	Chlorophyllmax.
522	320	110
522a	240	140
523	410	230
552	260	150
553	120	70
555	350	150
557	580	220
559	610	210
560	450	180
561	550	190

### *Mikrobiologische Messungen*

Die Probe, die für Gesamtbakterienzahl und -biomasse genommen wurden, können erst nach Beendigung der Reise ausgewertet werden. Anhand der bisher vorliegenden Daten der horizontalen Untersuchungen auf dem Grid konnte im Gegensatz zu den Phyto- und Zooplanktonmessungen ein deutlicher Küsteinfluß festgestellt werden. Ein direkter Bezug zur Indusmündung ergab sich jedoch nicht. Erhöhte bakterielle Aktivitäten, die zum Teil die Werte der Flachwasserbereiche übertreffen, traten wieder am äußeren Schelfrand auf.

Die exoenzymatische Aktivität war im Gegensatz zum offenen Ozean im gut meßbaren Bereich, d.h. ein oligo- oder polymerer Pool war hier in weit höherem Maße vorhanden. Da für diesen Abschnitt die Standards und Eichgeraden im Institut erstellt werden müssen, können noch keine quantitativen Aussagen gemacht werden.

Die Turnoverraten von Leucin und Glucose sowie  $V_{max}$  sind am Schelfrand am höchsten und nehmen zum offenen Ozean hin ab. Die höchsten Werte der Thymidinaufnahme treten dagegen in den küstenfernen Stationen auf. Die über die Wassersäule integrierten Werte dieses Parameters sind jedoch auch in der Schelfrandstation am höchsten. Der starke Anstieg aller Werte am Schelfrand hängt möglicherweise mit dem Auftreten von weniger salzhaltigem Oberflächenwasser auf diesen Stationen zusammen, dessen Herkunft noch nicht bekannt ist. Die Maximalwerte für Glucose-Turnoverraten betragen auf den einzelnen Stationen zwischen 20 und 80 %, während die korrespondierenden Leucin Werte zwischen 75 und 200 % liegen. Eine mögliche Erklärung ist, daß der bakterielle Bedarf an sinkstoffhaltigen Verbindungen groß und der natürliche Leucin Pool klein ist. Die Maximalwerte von  $V_{max}$  liefern ein ähnliches Bild wie die Turnoverraten und liegen zwischen  $8$  und  $11 \mu\text{g C } 10^{-3} \text{ l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Auch die vertikale Verteilung der Parameter ändert sich mit Entfernung von der Küste. Im flachen Schelfbereich zeigen sich Aktivitätsmaxima im Chlorophyllpeak und im Oberflächenbereich. Am Schelfrand liegen sie nur im Chlorophyllmaximum und im küstenferneren Bereich etwas unterhalb dieses Maximums und wieder in Oberflächennähe (für Leucinaufnahme und  $V_{max}$ ).

Die Saprophytenzahlen können, obwohl sie in keinem konstanten Verhältnis zur Gesamtbakterienzahl stehen müssen, gewisse Tendenzen aufzeigen. Die Zahlen sind auf allen Stationen an der Oberfläche am höchsten. Es läßt sich hier eine generelle Abnahme von den küstennahen Stationen (bis  $1200 \text{ Keime ml}^{-1}$ ) über den Schelfrand (um  $100 \text{ Keime ml}^{-1}$ ) bis zu den küstenfernen Gebieten mit  $35-45 \text{ Keimen ml}^{-1}$  feststellen.

### *Respiration*

Im Schelfbereich sind die vertikalen Unterschiede in der Respiration aller Fraktionen nicht so ausgeprägt wie im offenen Ozean. In der Oberflächenschicht und im Bereich des Chlorophyllpeaks treten ähnliche Werte auf, die maximal  $30-40 \text{ mg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$  erreichen. Der Anteil der Fraktion  $2-20 \mu\text{m}$  ist jedoch im Küstenbereich insgesamt höher. Die Organismen  $> 20 \mu\text{m}$  haben hier nur noch einen durchschnittlichen Anteil von 10 % am Sauerstoffverbrauch. Ein Grund hierfür ist im Fehlen der großen Ostracodenpopulation auf allen Stationen

dieses Abschnittes und im Ausbleiben der vertikal wandernden Copepodenarten zu sehen, die im offenen Ozean in der Nacht aus größeren Wassertiefen in die Oberflächennähe gelangen. Um ein Bild über die spezifische Atmung der einzelnen Größenklassen zu erhalten, müssen jedoch erst die Zählungen und die Kohlenstoffanalysen der fixierten Proben aus den Respirationsversuchen abgewartet werden. Das gleiche gilt für die Verknüpfung der Respirationsraten mit den tageszeitlich unterschiedlichen Konzentrationen der Zooplankter in verschiedenen Wasserschichten. Diese kann erst nach der Auszählung und Biomasseabschätzung der Multinetzproben durchgeführt werden.

Mittelwerte der Respiration (in  $\text{mg C m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ ) Tag/Nacht

a) Fraktion 2-20  $\mu\text{m}$

	20 m	40-50 m Chlor.-Max	100 m
1. Zentralstation	25/15	30/7	9/2
2. Zentralstation	43/-	21/19	16/-
3. Zentralstation	38/41	42/32	36/13

b) Fraktion > 20  $\mu\text{m}$

1. Zentralstation	4/3	6/2	0,6/0,8
2. Zentralstation	3/-	3/5	0,6/-
3. Zentralstation	3/3	3/4	0,8/0

### *Tankversuche*

Es wurden wieder Untersuchungen in vier 1000 l-Tanks durchgeführt. Dabei wurde in einem Experiment Wasser aus dem oberen Bereich des Chlorophyllmaximums, das nur geringe Stickstoffkonzentrationen enthielt, gleichzeitig Ammonium und Nitrat zugegeben. Hierdurch sollte bei in situ-Lichtbedingungen eine eventuelle Präferenz der Phytoplankter für Quellen "neuen" oder "regenerierten" Stickstoffs untersucht werden. Zur Interpretation der Nährsalzabnahme und Chlorophyllzunahme in den einzelnen Versuchstanks sind die mikroskopischen Zählungen abzuwarten. Erst damit kann geklärt werden, ob die gesamte Population oder nur einzelne, für die jeweiligen Systemtypen charakteristischen Arten auf die veränderten Bedingungen reagiert haben oder ob eine Verschiebung zwischen Autotrophen und mikroheterotrophen Organismen stattgefunden hat. In einem weiteren Versuch wurde Wasser aus dem unteren Bereich des Chlorophyllmaximums (unter 1 % Lichttiefe) einer Erhöhung des Lichtklimas auf ca. 20 % ausgesetzt. Es ergaben sich im Verlauf von 14 Tagen bei dieser Inkubation kaum erhöhte Produktions- und Chlorophyllwerte. Erste mikroskopische Beobachtungen an Bord deuten sogar auf das Verschwinden einiger Arten hin. Es scheint sich daher bei diesem Maximum eher um an geringe Lichtverhältnisse angepasste Organismen als um opportunistische Arten zu handeln, die durch Verfrachtung oder Sedimentation in den lichtarmen Bereich gelangt sind. Zur genauen Klärung müssen aber auch hier erst die Ergebnisse der mikroskopischen und chemischen Analysen abgewartet werden.

### *Sedimentation*

Auf dem Fahrtabschnitt wurden mehrere treibende Fallensysteme oberhalb und unterhalb des Tiefenchlorophyllpeaks eingesetzt. Die Konservierung der Proben mit  $\text{Hg Cl}_2$  ergab keine Probleme. Dagegen trat an Fallenmechanik und Elektronik der Multifallen, bedingt durch den dreimonatigen Einsatz unter extremen klimatischen Bedingungen, Korrosionsschäden auf, die zum Ausfall zweier Systeme führten. Es wurden daraufhin Einzelfallen und Doppeldrifter eingesetzt, die bei den geringen Einsatz Tiefen auf dem Schelf problemlos in täglichen Intervallen gewechselt werden konnten. Hier traten allerdings mechanische Beschädigungen der Seile und Auftriebskörper durch Angriffe von Haien ein, die zum Verlust einer Doppelfalle und einiger einfacher Auftriebskörper führten. Über den gesamten Zeitraum konnte jedoch ein lückenloser Datensatz aus Tiefen von 35 m bis 80 m bzw. 100 m gewonnen werden. Erste Analysen liegen bisher nur aus den photometrischen Chlorophyllmessungen vor. Im Gegensatz zum Abschnitt 3b traten höhere Sedimentationsraten in den tiefen Fallen auf. Der Grund dafür kann in dem verringerten Grazing durch vertikal wandernde herbivore Zooplanktonpopulationen und einer verstärkten Sedimentation von seneszenten Phytoplanktonzellen liegen. Hierüber können vor allem die Pigmentmessungen mit der HPLC und die mikroskopischen Analysen Aufschluß geben. Es können bei den geringen Wassertiefen auch vom Boden resuspendierte Partikel mitgefangen worden sein, was sich vermutlich in den weiteren chemischen Analysen nachweisen läßt. Die Sedimentationsraten von Chlorophyll in den Fallen, die über dem Tiefenmaximum liegen, sind, wie im offenen Ozean, um eine Größenordnung niedriger. Hier wird vor allem Zooplankton gefangen, das durch aktive vertikale Bewegungen in die Fallentrichter gelangt. Die mikroskopische Betrachtung zeigte hier weder größere Mengen von Phytoplankton noch tierisches Kotmaterial, wie in den unteren Fallen. Eine bilanzierende Betrachtung der Sedimentation im Zusammenhang mit Standing Stock und Produktion der einzelnen Wasserschichten ist erst nach der Auswertung der chemischen Elementanalysen (C, N, P, Si) möglich.

### *Zusammenfassung*

Die bisher vorliegenden Ergebnisse der planktologischen Messungen auf dem Schelfabschnitt zeigen einen bemerkenswert geringen Unterschied zu den Bedingungen im offenen Arabischen Meer. Während Phytoplanktonbiomasse und Primärproduktion auf den meisten Schelfstationen etwas niedriger lagen, war die Verteilung der Biomasse sowie der Produktions- und Abbauaktivitäten den Verhältnissen im offenen Ozean äußerst ähnlich.

Die im Vergleich höheren Biomassen an größeren Zooplanktern und Fischlarven lassen vermuten, daß hier kein zeitlich stabiles System vorlag, sondern daß sich durch einen Einschub ozeanischen Wassers mit dem Einsetzen der Monsunwinde auch die biologischen Eigenschaften von ozeanischem und küstennahem Wasser mischten.

In Bezug auf Biomasse sowie Umsatz- und Sedimentationsraten des Phytoplanktons deutete sich auch in diesem Abschnitt wieder eine Zweiteilung der Wassersäule in eine obere Schicht mit schnellem Turnover bei geringer Biomasse und geringem Export sowie einem unteren Bereich im Chlorophyllmaximum mit ebenfalls hohen Umsätzen aber auch einer höheren Exportrate an.

Die an Bord bereits ausgewerteten Daten unterstützen diese Vorstellungen, wenngleich sie als Beleg nicht völlig hinreichend sind. Die in beiden Tiefenbereichen unterschiedlichen Verhältnisse von Primärproduktion zu autotropher Biomasse (bezogen auf Chl.-a) weisen, wie auch die überschlagsmäßige Bilanzierung der Hauptumsatzraten (Produktion, Respiration, Sedimentation) deutlich in diese Richtung.

*Arbeiten zur Untersuchung von Tag/Nacht-Unterschieden in der vertikalen Verteilung planktologischer Parameter (M. Rabbani)*

Es wurden zwischen dem 30. Mai und 1. Juni am Tag und in der Nacht Proben für die Analysen biologischer, chemischer und physikalischer Parametern genommen. Insgesamt waren es 70, davon 12 für die Bestimmung von Nährsalz (Phosphat, Silikat, Nitrat, Nitrit und Ammoniak), 12 für die Bestimmung von Pigmenten (Chl.-a, -b, -c und Carotinoide), 12 Utermöhlproben für die Bestimmung der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons, 10 Multi-netzproben für die Bestimmung der Artenzusammensetzung des Zooplanktons, 2 Neuston-netzproben für eine Abschätzung der Zusammensetzung der oberflächennahen Fauna; 18 Moccusproben für die Arten- und Mengenbestimmung an Fischlarven sowie 2 Jungfischnetzproben.

Pigmente und Nährsalze wurden am Bord von METEOR analysiert, Netzfänge in 4 %igem Formalin für spätere Analysen im Labor der N.I.O. fixiert.

*Verteilung der Phytoplanktonbiomasse in der oberen Wasserschicht*

Ziel der Untersuchung war, die zeitliche und räumliche Variation in der Phytoplanktonbiomasse zu registrieren.

Der Chlorophyllgehalt diente als Maß für die gesamte in den Wasserproben vorhandene Menge an Phytoplankton. Chlorophyll sowie Karotinoide wurden als Indikatoren für verschiedene Phytoplanktongruppen betrachtet.

Zur Bestimmung des Pigmentgehaltes wurde Wasser aus 2 m Tiefe mit Hilfe einer im Schiff eingebauten Pumpe gewonnen. Um die Messungen der horizontalen Chlorophyllverteilung mit anderen Parametern vergleichen zu können, wurden Nährsalze und Utermöhlproben aus den gleichen Wasserproben genommen. Gleichzeitig wurden Temperatur, Salzgehalt, Wassertiefe, Lichtstärke sowie Windrichtung und -stärke mit Hilfe von Schiffsgeräten registriert.

Die Pigmentanalyse erfolgte nach der folgenden Methode:

1. Probennahme (nach UNESCO, 1966)
2. Aufbewahrung der Glasfaserfilter, Whatman GF/F, 25 mm Ø (nach UNESCO, 1966)
3. Extraktion (nach UNESCO, 1966)
4. Die Extinktion der dekantierten Lösung wurde im Spektralphotometer (Zeiss) in 5 cm Küvetten gemessen. Die Messungen erfolgten bei Wellenlänge von 750 nm für

- Trübung, bei 665 nm für Chl.-a, bei 645 nm für Chl.-b, bei 630 nm für Chl.-c und bei 510 und 90 nm für Karotinoide gegen eine Vergleichsküvette mit 90 %igem Aceton.
5. Trübungskorrekturen: Die bei 750 nm gemessenen Extinktionswerte wurden von den Extinktionswerten bei 665, 645, 630, 510 und 480 nm subtrahiert.
  6. Die Umrechnung der Pigmentkonzentration auf  $\mu\text{g/l}$  erfolgten
    - a) Chl.-a, -b und -c nach JEFFREY und HUMPHREY (1975)
    - b) Karotinoide nach PARSONS und STRICKLAND (1966)

Die Messungen der Nährsalzkonzentrationen erfolgte mit Hilfe eines Autoanalysers (nach Graßhoff).

### *Erste Ergebnisse*

Die oberflächennahen Chlorophyllgehalte im ersten Grid lagen zwischen 0,06 und 0,21  $\mu\text{g/l}$ , im zweiten Grid zwischen 0,10 und 0,22  $\mu\text{g/l}$ . Eine höhere Biomasse an Phytoplankton war noch zu beobachten. Erhöhte Werte für den Chl.-a Gehalt fanden sich im nordwestlichen Bereich des Stationsgrids, wobei die Unterschiede in dem ersten Grid ausgeprägter waren (Abb. 31). Ähnliches zeigten die Ammoniak Werte (Abb. 32). Dagegen war Nitrat nur auf den südwestlichen Stationen des ersten Grids und auf den nordwestlichen Stationen des zweiten Grids in geringen Mengen meßbar (Abb. 33). Nitrit war nicht festzustellen, während Phosphat eine Homogenität in der Verteilung auf dem ersten Grid und eine Abnahme auf den südöstlichen Stationen des zweiten Grids zeigte (Abb. 34). Abb. 35 zeigt, daß die Werte von Silikat in nordöstlicher Richtung auf Grid I, in südöstlicher Richtung auf Grid II abnehmen.

Die Oberflächentemperatur lag insgesamt zwischen 28,9 und 29,7°C, der Salzgehalt zwischen 36,86 und 37,33 ‰.

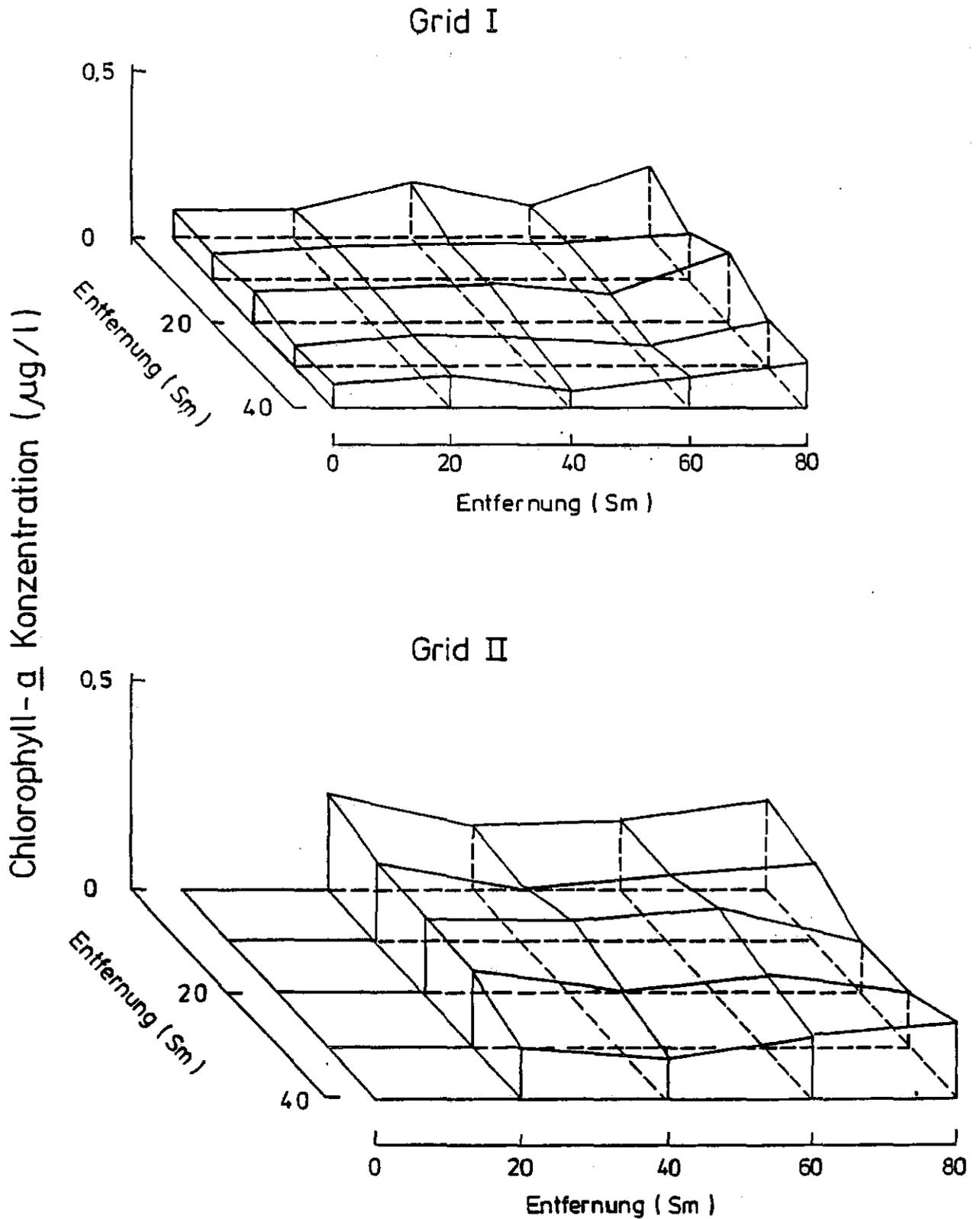
Während des ersten Grids waren schwache und zeitweise wechselnde SW und NW-Winde vorherrschend. Während des zweiten Grids wehten dagegen SW-Winde mit einer maximalen Stärke von 6 bis 11 kn.

Die Ergebnisse lassen eindeutig eine Zunahme des Monsuneffektes auf die Hydrographie des Arabischen Meeres während der Beobachtungszeit erkennen.

### **5.3.3.3 Ichthyoplankton** (A. Röpke, J. Baquer, A. Jarre, D. Jarosch, R. Nellen, W. Nellen, J. Zhao, A. Rehmann, A. Sieg)

#### *Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System (Mocness)*

Am 22./23. Mai wurden auf der Position 23°25 N / 66°40 E drei Probetests (Station 523-524) durchgeführt, um die Funktionstüchtigkeit des alten und neuen Mocness-Systems (MC1 und MC) zu überprüfen. Die Geräte dienten als Standardgeräte und erlauben 9 diskrete Fänge während eines Einsatzes. Während des Einsatzes erfolgt über Sonden eine kontinuierliche Messung der Einsatztiefe, der in das Netz einströmenden Wassergeschwindigkeit, des Anstellwinkels des Netzes gegen die Schlepprichtung, des Salzgehaltes und der



**Abb. 31:** Oberflächennahe Chlorophyllverteilung während der zwei in einem zeitlichen Abstand von 7 Tagen erfolgten Bearbeitungen des Stationsnetzes.

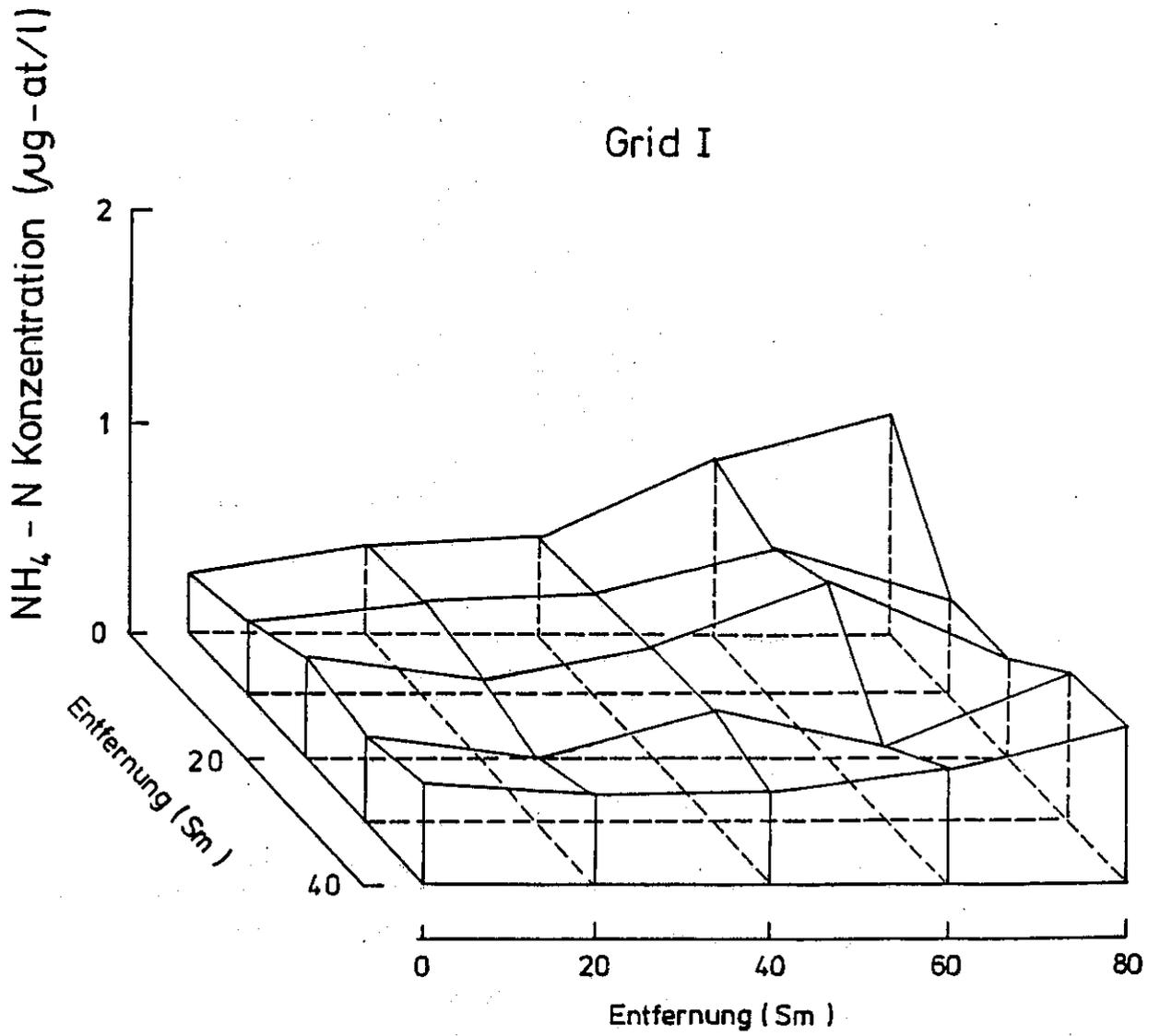
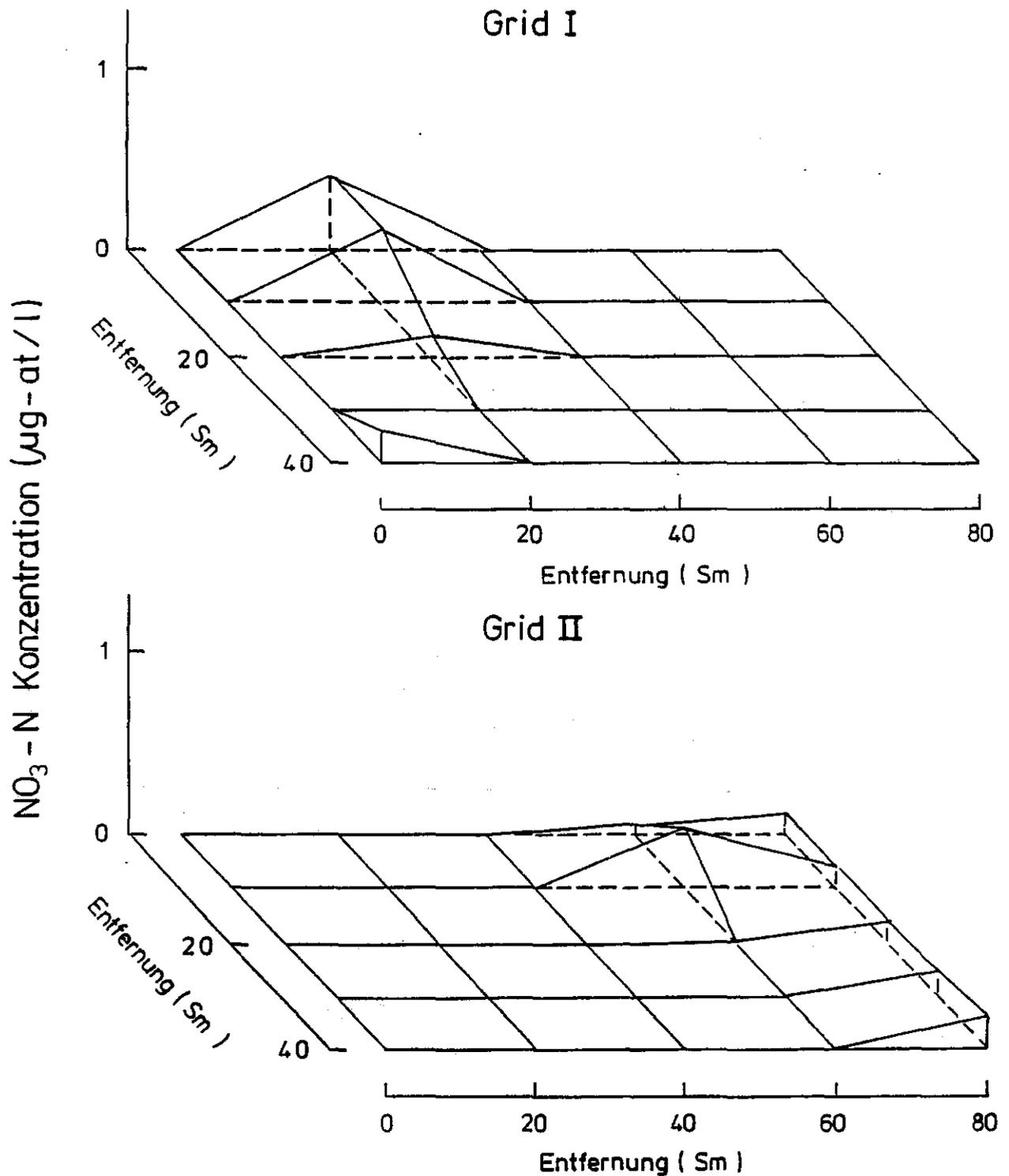


Abb. 32: Oberflächennahe  $\text{NH}_4\text{-N}$  Konzentrationen



**Abb. 33:** Oberflächennahe  $\text{NO}_3\text{-N}$  Konzentrationen während der zwei in einem zeitlichen Abstand von 7 Tagen erfolgten Bearbeitungen des Stationsnetzes.

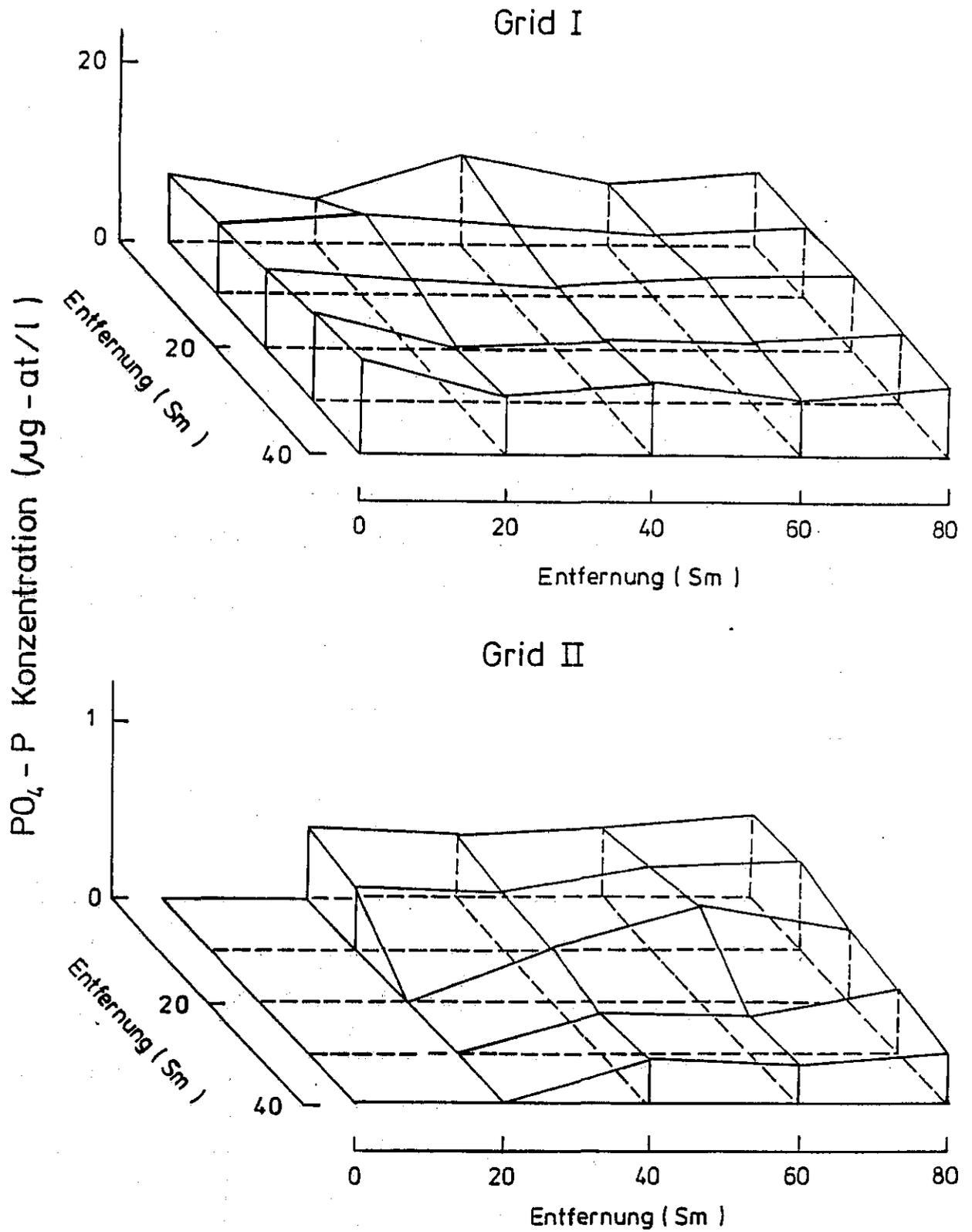


Abb. 34: Oberflächennahe Phosphatkonzentrationen während der zwei in einem zeitlichen Abstand von 7 Tagen erfolgten Bearbeitungen des Stationsnetzes.

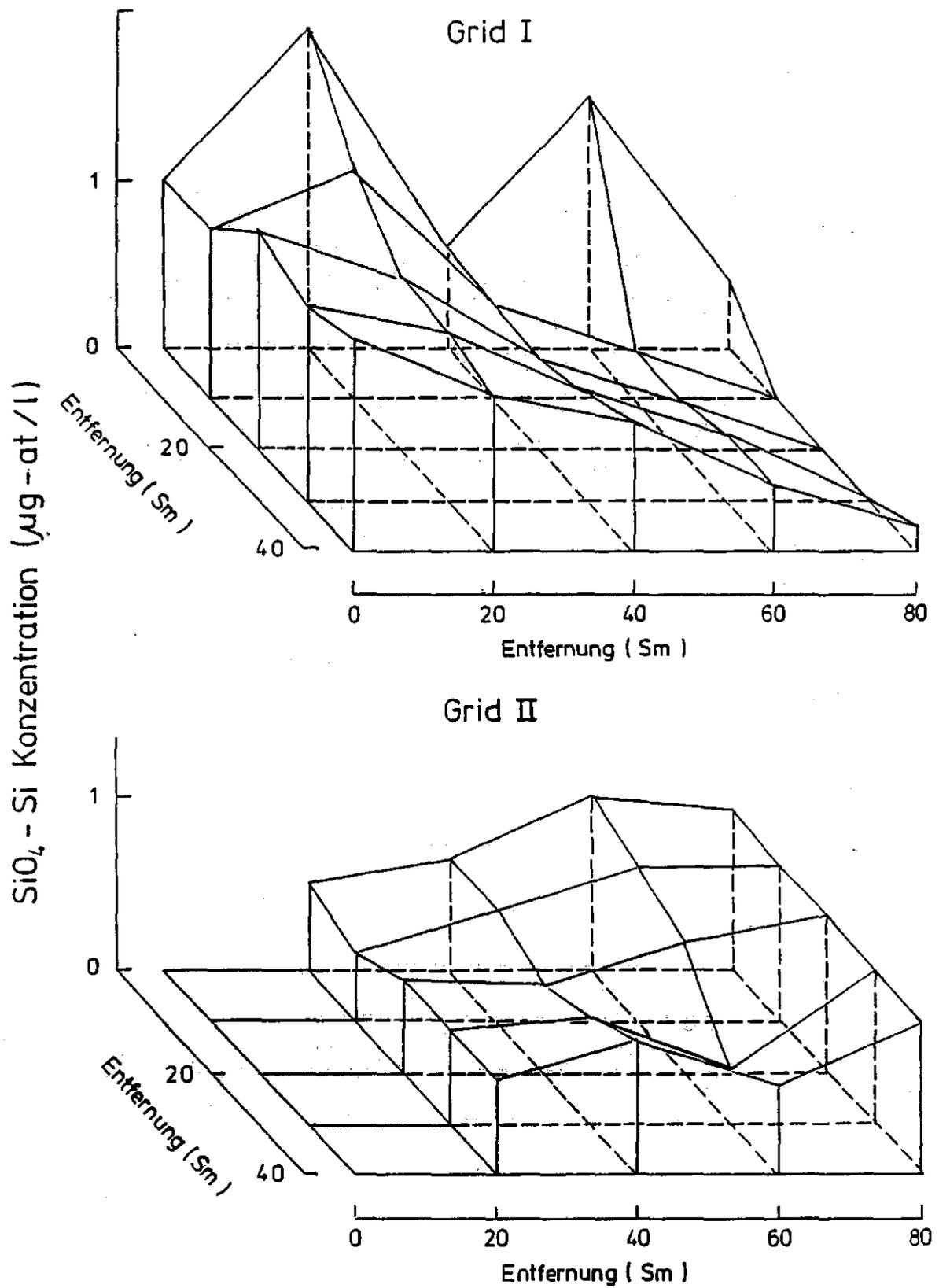


Abb. 35: Oberflächennahe Silikatkonzentrationen während der zwei in einem zeitlichen Abstand von 7 Tagen erfolgten Bearbeitungen des Stationsnetzes.

Wassertemperatur. Diese Daten werden über Einleiterkabel im Bordlabor mit Hilfe eines Rechners registriert und abgespeichert. Die Anfertigung einer entsprechenden Software erlaubte die sofortige Berechnung der von jedem Netz filtrierten Wassermenge und die Anfertigung von Profillinien für den Weg des Netzes durch das Wasser über die Tiefe beim Fieren und Hieven sowie für die Temperatur- und die Salzgehaltsverteilung auf dem Netzweg (Abb. 36). Die Salzgehaltsregistrierung war während der Untersuchungszeit allerdings fehlerhaft, da die entsprechende Sonde defekt war. Mit Bordmitteln konnte sie nicht repariert werden.

Das neue System unterscheidet sich von dem alten dadurch, daß der Schleppkörper (Netzträger) kompakter gebaut ist und somit eine hohe Stabilität aufweist (Abb. 37). Der Anstellwinkel der Netze gegenüber der Schlepprichtung beträgt deshalb fast konstant  $90^\circ$  und die Netzöffnung genau  $1 \text{ m}^2$ . Die Netzlänge ist 6 m, die verwendete Maschenweite  $300 \mu\text{m}$ . Die gegenüber dem ursprünglichen Mocness abgewandelte Konstruktion beruht auf den Erfahrungen, die von uns mit dem herkömmlichen Typ auf vorangegangenen Reisen gesammelt worden waren. Der Bau des neuen Schleppkörpers erfolgte daraufhin nach den Vorstellungen und Ideen von Dipl. Biol. H.-W. Halbeisen und Dipl. Ing. M. Dainat durch die Firma ALU-BAU GmbH, in Kropp. Im Bericht des Fahrtleiters von Abschnitt 3b ist das modifizierte Mocness als BIOMOC bezeichnet.

Für das Standardprogramm zur Untersuchung der zeitlich und örtlich kleinskaligen Verteilung des Ichthyoplanktons wurde das neue System verwendet, das während der drei Unterabschnitte des Fahrtabschnittes 3 ausnahmslos über den Heckrahmen achterlich ausgesetzt wurde. Das schloß eine ungestörte Befischung der obersten Wasserschicht allerdings aus. Um über das Ausmaß der Störung ein Bild zu bekommen, wurde das neue System parallel zu dem alten, das steuerbords seitlich vom Schiff ausgebracht werden konnte, oberflächennah eingesetzt. Dabei stellte sich heraus, daß die Auflösung der Netze kaum gewährleistet ist, wenn das Gerät den turbulenten Bedingungen im Heckwasser ausgesetzt ist. Das alte Mocness diente in erster Linie dem Fang von Fischlarven für biochemische und histologische Analysen.

#### *Stationsarbeiten auf dem Grid*

Vom 23. bis zum 26. Mai wurden die 25 Stationen (Stn 526-550) das erste Mal abgefahren. Relativ ruhiges Wetter ließ einen zügigen Ablauf zu. Mit dem ersten Netz wurde jeweils die gesamte Wassersäule bis auf 150 m Wassertiefe durchfischt (Fiergeschwindigkeit  $0,5 \text{ m/s}$ ). Während des Hievens wurden standardmäßig die folgenden Horizonte in diskreten Schräghols befishcht (Hievgeschwindigkeit  $0,2 \text{ m/s}$ ):

Station : 451 Position: 19.01N, 69.30E

Netz	1	Dauer	5:52 Minuten	Volumen =	664 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	0		18.66	35.50	
mit.	74		24.29	36.43	
max.	152		28.52	36.77	
Netz	2	Dauer	3:40 Minuten	Volumen =	570 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	100		18.66	35.63	
mit.	126		20.39	36.00	
max.	152		22.72	36.35	
Netz	3	Dauer	1:56 Minuten	Volumen =	349 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	74		22.72	35.81	
mit.	87		23.46	36.33	
max.	100		24.12	36.53	
Netz	4	Dauer	1:24 Minuten	Volumen =	238 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	59		24.12	36.32	
mit.	66		24.54	36.49	
max.	75		25.18	36.56	
Netz	5	Dauer	1:08 Minuten	Volumen =	208 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	48		25.16	35.66	
mit.	53		26.11	36.50	
max.	59		27.06	36.64	
Netz	6	Dauer	1:12 Minuten	Volumen =	238 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	38		27.01	35.79	
mit.	42		27.76	36.53	
max.	48		28.29	36.69	
Netz	7	Dauer	0:48 Minuten	Volumen =	167 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	29		28.27	36.23	
mit.	34		28.29	36.56	
max.	39		28.31	36.65	
Netz	8	Dauer	1:04 Minuten	Volumen =	196 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	18		28.29	36.58	
mit.	24		28.32	36.64	
max.	30		28.35	36.66	
Netz	9	Dauer	1:08 Minuten	Volumen =	230 cbm
		Druck (dbar)	Temperatur	Salzgehalt	
min.	4		28.35	36.57	
mit.	13		28.41	36.63	
max.	20		28.49	36.64	

Gesamt-Dauer 18:12 Minuten Gesamt-Volumen = 2859 cbm

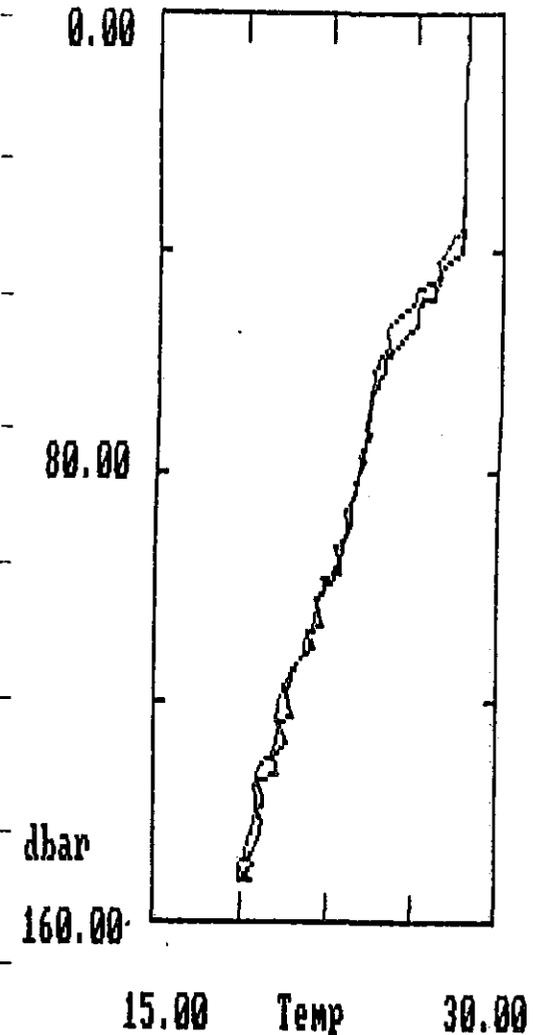
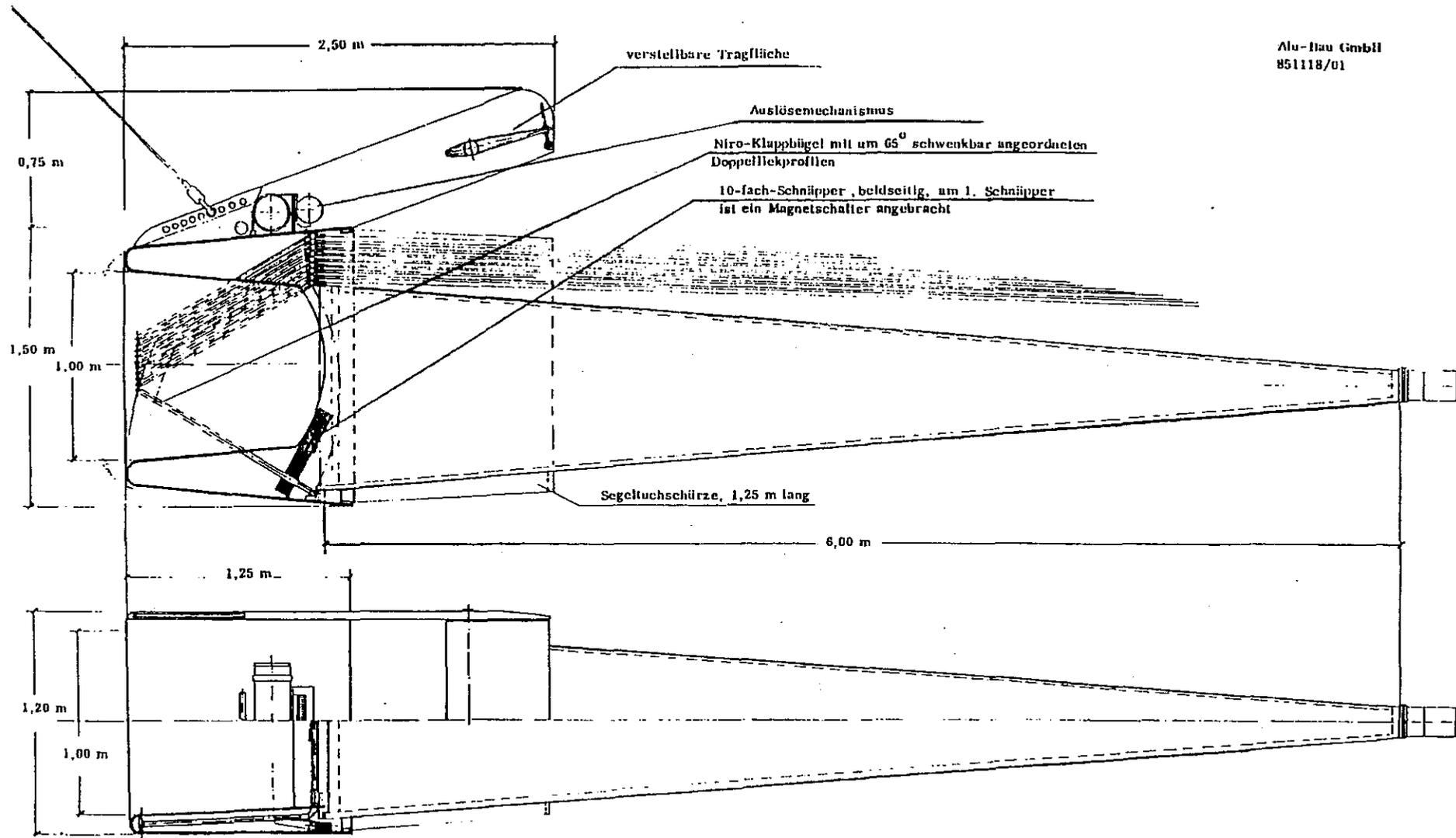


Abb. 36: Beispiel eines Datenausdrucks für einen Einsatz des Multiple Opening Closing Net/Environmental Sensing System (Mocness).



Gehäuse aus seewasserbeständigem Aluminium.  
Gewicht: ca. 360 kg

1 m<sup>2</sup> - Mehrfachschließnetz

Abb. 37: Konstruktionszeichnung des modifizierten Mocness

Im Falle, daß die Wassertiefe > 155 m betrug:

Netz 2:	150	-	100 m
Netz 3:	100	-	75 m
Netz 4:	75	-	60 m
Netz 5:	60	-	50 m
Netz 6:	50	-	40 m
Netz 7:	40	-	30 m
Netz 8:	30	-	20 m
Netz 9:	20	-	0 m

Wenn die Wassertiefen < 155 m betrug, wurde das Gerät bis auf 5 m an den Meeresboden abgefiert. Während des Hievens befischte Netz 2 dann den Horizont bis zur nächst erreichbaren Standardtiefe. Die folgenden Netze befischten die restlichen Standardtiefen wie oben angegeben.

Vom 2. bis zum 14. Juni wurde das Routinegrid zum zweiten Mal abgefahren (Stn 562-579, 581). Die Einsatzweise des Mocness war dieselbe wie auf dem ersten Grid. Es wurden 19 Stationen mit 19 Hols, die 147 von 171 möglichen Proben erbrachten, befischt.

Die Einsatzdauer pro Hol betrug im Durchschnitt etwa 25 Minuten. Insgesamt wurden auf diesem Grid jedoch nur 25 Hols durchgeführt, da die Probleme mit der Netzauslösemechanik bestanden. Infolgedessen wurden von 219 möglichen Proben auch nur 188 gewonnen.

#### *Fänge auf der Driftstation*

Mit den Arbeiten auf der 6tägigen Driftstation (Stn 551-561) wurde am 26.5. begonnen, sie endeten am 2.6. Während dieses Zeitraumes wurde eine driftende Sedimentfalle der Planktologen verfolgt. Der Drifter bewegte sich langsam in nördliche Richtung und veränderte seine Position nur wenig. Die Sedimentfalle wurde einmal in flaches Wasser versetzt.

Täglich erfolgten 8 vertikal engauflösende Hols mit dem Mocness zu folgenden Uhrzeiten:

09:00 und 10:00 Uhr, 13:00 und 14:00 Uhr, 21:00 und 22:00 Uhr, 01:30 und 02:30 Uhr

Bei den zwei zeitlich dicht aufeinanderfolgenden Hols wurde die gleiche Strecke jeweils in entgegengesetzter Richtung gefischt.

Auf der Driftstation wurden folgende Einsatztiefen für die Netze gewählt.

Netz 1:	0	-	100 m
Netz 2:	100	-	75 m
Netz 3:	75	-	60 m
Netz 4:	60	-	50 m
Netz 5:	50	-	40 m
Netz 6:	40	-	35 m
Netz 7:	35	-	30 m
Netz 8:	30	-	20 m
Netz 9:	20	-	0 m

Insgesamt konnten 53 Hols durchgeführt werden, die eine Einsatzdauer von je 20 Minuten erforderten. Von 477 theoretisch angestrebten Proben wurden 455 gewonnen, die 22 fehlenden gehen auf Störungen in der Elektronik des Systems zurück.

Zusätzlich wurden kleinskalig auflösende Horizontalhols in verschiedenen Tiefen und mit verschiedenen Streckenlängen durchgeführt. Insgesamt waren es 32, die theoretisch 288 diskrete Proben hätten ergeben sollen, von denen aufgrund zeitweilig auftretender technischer Schwierigkeiten 217 erhalten wurden.

#### *Neustonschlitten*

Parallel zu den Arbeiten mit dem Mocness wurden auf der Driftstation und auf dem 2. Routinegrid nachts Fänge mit dem Neustonschlitten gemacht (Maschenweite 300  $\mu\text{m}$ ). Die Einsatzzeit betrug jeweils etwa 25 Minuten. Jeder Einsatz ergab 2 Proben aus 0-10 cm und 12-27 cm Wassertiefe. Insgesamt wurden 50 Proben gewonnen.

#### *Jungfischnetz*

Um einen Überblick über die Art und Menge von Mikronekton- bzw. Makroplanktonorganismen im Untersuchungsgebiet zu erhalten, wurden auf den Gridstationen und während des Driftexperimentes mit einem sog. "Jungfischtrawl", das speziell für diese Expedition konstruiert worden war, Schräghols bis in 50 m bzw. 100 m Wassertiefe durchgeführt. Insgesamt ergaben sich für den Abschnitt 3c 70 Proben. Das Gerät hat eine Öffnungsweite von 4 m<sup>2</sup> und eine Maschenweite von 4 x 4 mm im Steert. Die Gesamtlänge des Netzes beträgt 4,5 m. Der Netzträger zeichnet sich durch eine Fairing-Profilierung aus. Von dem dadurch gegebenen geringen Schleppwiderstand wird eine herabgesetzte Schleuchwirkung auf schnell schwimmende Mikronektonorganismen erwartet (Abb. 38).

#### *Erste Beobachtungen über die Planktonzusammensetzung in den erhaltenen Proben*

Detailliertere Analysen der Fänge konnten an Bord noch nicht erfolgen. Aus wenigen Mocness Proben wurden die Fischlarven herausortiert, um eine artenunspezifische Vertikalverteilung darzustellen (Abb. 39). Es kann aber gesagt werden, daß auf diesem Fahrtabschnitt die vorgefundenen Zooplanktonbiomassen wesentlich geringer waren als zuvor im ozeanischen Bereich. Gleichzeitig war die Fischlarvenfauna jedoch sowohl arten- als auch individuenreicher. Ähnlich wie im ozeanischen Bereich hielten sich die Fischlarven hauptsächlich zwischen 30 m und 70 m auf, wo auch das Fluoreszenzmaximum festgestellt wurde. Die Gattung *Benthosema* zeigte den größten Individuenreichtum.

Die auf diesem Fahrtabschnitt durchgeführte kleinskalige Auflösung der horizontalen Planktonverteilung ließ eine nur geringe Variabilität zwischen den Netzen erkennen, was für eine arme Planktonsituation ohne deutliche Aggregationen spricht.

Im Neustal wurde wesentlich weniger Zooplankton angetroffen als auf dem ozeanischen Fahrtabschnitt 3b. Dies ist vor allem auf die verminderte Anzahl an Ostracoden zurückzuführen. Die Häufigkeit von Fischen und Fischlarven stieg dagegen deutlich an. Das Jungfischnetz fing größere Fischlarven, Jungfische und adulte Fische als das Mocness. Die

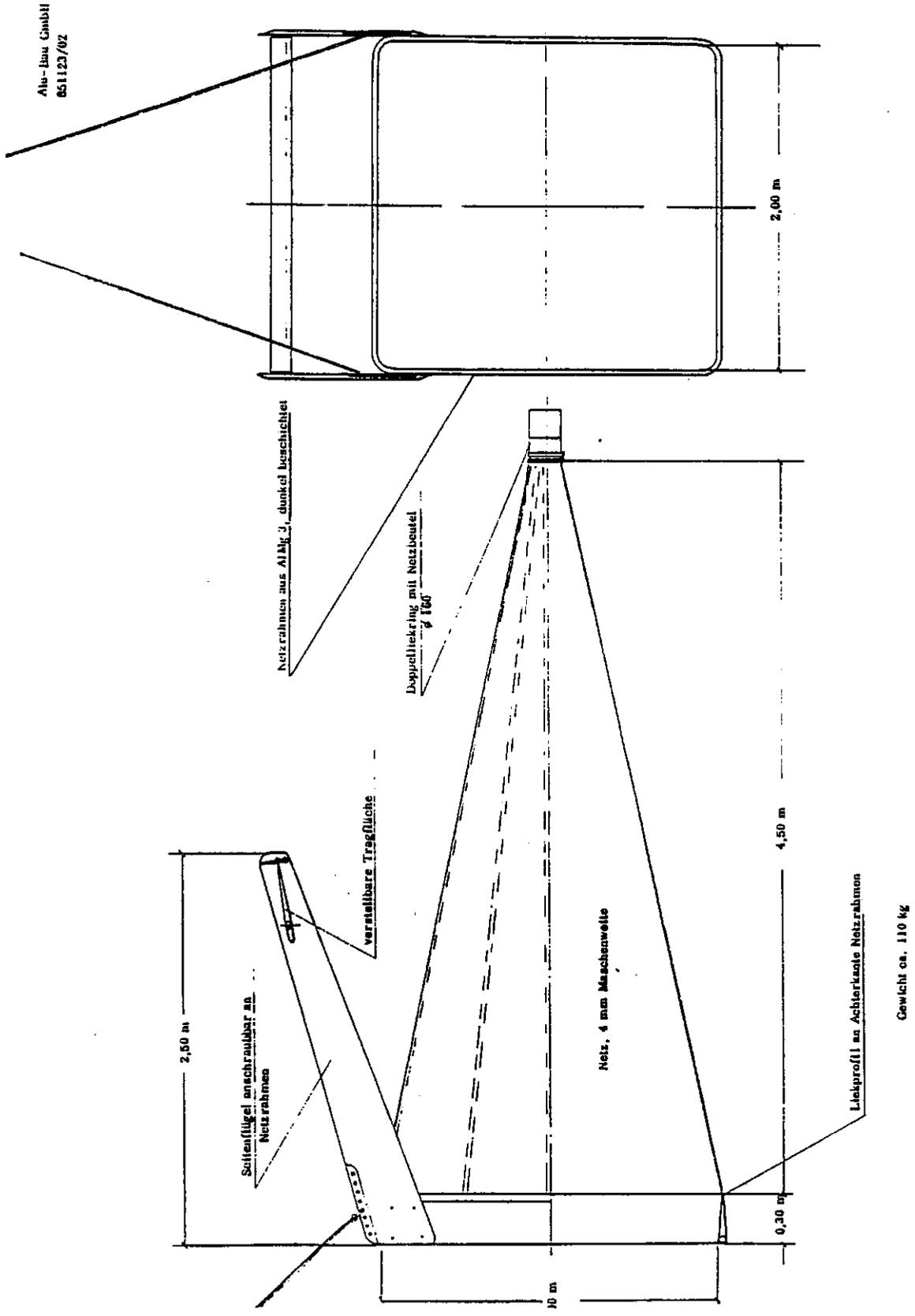
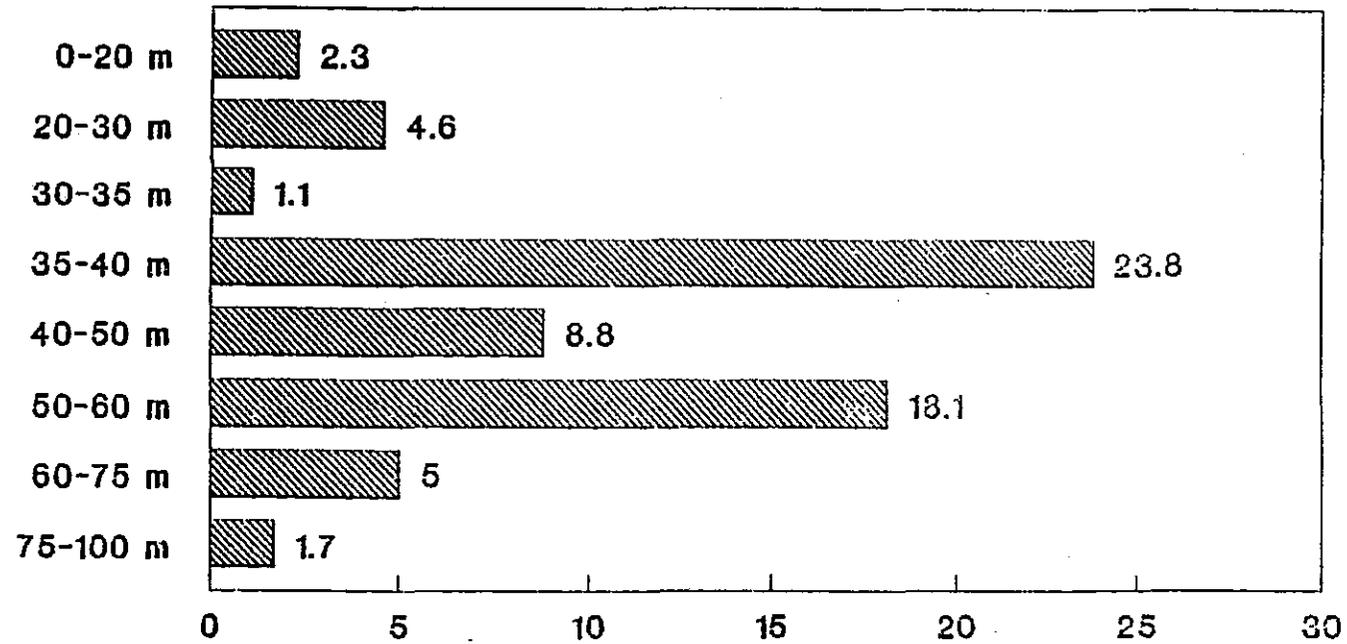


Abb. 38: Konstruktionszeichnung des „Jungfischtrawl“

Depth (m)



Absolute Abundance/100 cubicmeter

M 5/3c, 27.05.87  
07:30 H, LT

Abb. 39: Vertikale Verteilung der Fischlarvenkonzentration auf Station 552 E

Frage, ob die Fänge quantitativ sind, muß geprüft werden. Bestimmte Organismengruppen, wie z.B. Euphausiaceen, zeigten dabei eine sehr fleckenhafte Verteilung.

*Ernährungszustand und Histologie von Fischlarven* (C. Clemmensen, B. Ueberschär, A. Sieg) Vergleichende biochemische (Verdauungsenzyme, RNA/DNA-Gehalte) und histologisch-morphologische Untersuchungen an Fischlarven verschiedener systematischer Gruppen in ökologisch unterschiedlichen Lebensräumen sollen der Charakterisierung des Ernährungszustandes einzelner Individuen dienen.

Zur Materialbeschaffung für die histologisch-morphologischen und biochemischen Untersuchungen wurden auf den Routinegrids und der Driftstation auf verschiedenen Tiefenstufen Fänge durchgeführt. In die Mocness Netze waren kleine Netze (Öffnungsfläche  $20 \text{ cm}^2$ , Länge 1,5 m) mit  $50 \mu\text{m}$  Maschenweite eingenäht worden, die das gleichzeitige Erfassen potentiellen Futterplanktons ermöglichen sollten. Es wurde nur nachts gefischt, da der Fangerfolg in den Nachtstunden weitaus größer war als am Tage, und die Freßaktivität von Fischlarven dann am größten ist. Insgesamt wurden 20 Hols auf dem Stationsnetz und auf der Driftstation durchgeführt. Um die Fischlarven unbeschädigt zu erhalten, erfolgten nur kurze Hols von ca. 15 min. Dauer mit 5 Netzen in den Tiefenstufen 0-75 m, 75-50 m, 50-37 m, 37-15 m und 15-0 m. Die Fiergeschwindigkeit betrug  $0,5 \text{ m/s}$ , die Hievgeschwindigkeit  $0,2 \text{ m/s}$ . Die Planktonproben wurden an Deck sofort mit Eis gekühlt, um Fraßbeschädigungen durch Ostracoden zu stoppen und enzymatische Abbauvorgänge zu verhindern. Ostracoden traten im neristischen Bereich des Abschnittes 3c allerdings in weitaus geringerer Menge auf als auf den ozeanischen Stationen des Abschnittes 3b. Der Fang eines jeden Hols wurde unter den Mitgliedern der Arbeitsgruppe so aufgeteilt, daß die Individuen einer Spezies für möglichst alle drei Untersuchungsmethoden zur Verfügung standen, um so später einen Vergleich der Analyseergebnisse durchführen zu können.

Regelmäßig ließen sich etwa 16 verschiedene Arten von Larven finden, die zunächst mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet wurden. Dominant in Anzahl und Häufigkeit des Auftretens waren die Angehörigen der Gattung *Vinciguerria* (möglicherweise *Vinciguerria nimbaria*) und die Gattung *Benthosema*. *Bregmaceros spec.* und *Leptocephalus* Larven traten zwar regelmäßig, aber in nur geringen Individuenzahl auf. Die verbleibenden Arten wurden vereinzelt in den Proben gefunden und werden zu einem späteren Zeitpunkt bestimmt werden.

Für die morphologisch-histologischen Untersuchungen wurden die aussortierten Larven ohne Verzögerung in Glutaraldehyd (4 %) überführt und 6-8 Stunden lang fixiert. Anschließend wurden sie in Phosphatpuffer gewaschen und in zwei Unterproben für lichtmikroskopische und elektronenmikroskopische Analysen geteilt. Die für die Lichtmikroskopie vorgesehenen Individuen wurden in Formol (6 % neutralisiert mit Borax) für die weitere Bearbeitung im Heimatinstitut konserviert. Für die elektronenmikroskopische Beurteilung der Ultrastruktur der übrigen Fischlarven bedurfte es weiterer Fixierungsmaßnahmen: Nach dem Auswaschen des Glutaraldehyds mit Phosphatpuffer ( $0,2 \text{ mol}$ ) erfolgte die Lipidfixierung mit Osmiumtetroxyd und erneutes Auswaschen mit Phosphatpuffer. Anschließend wurde das Material in

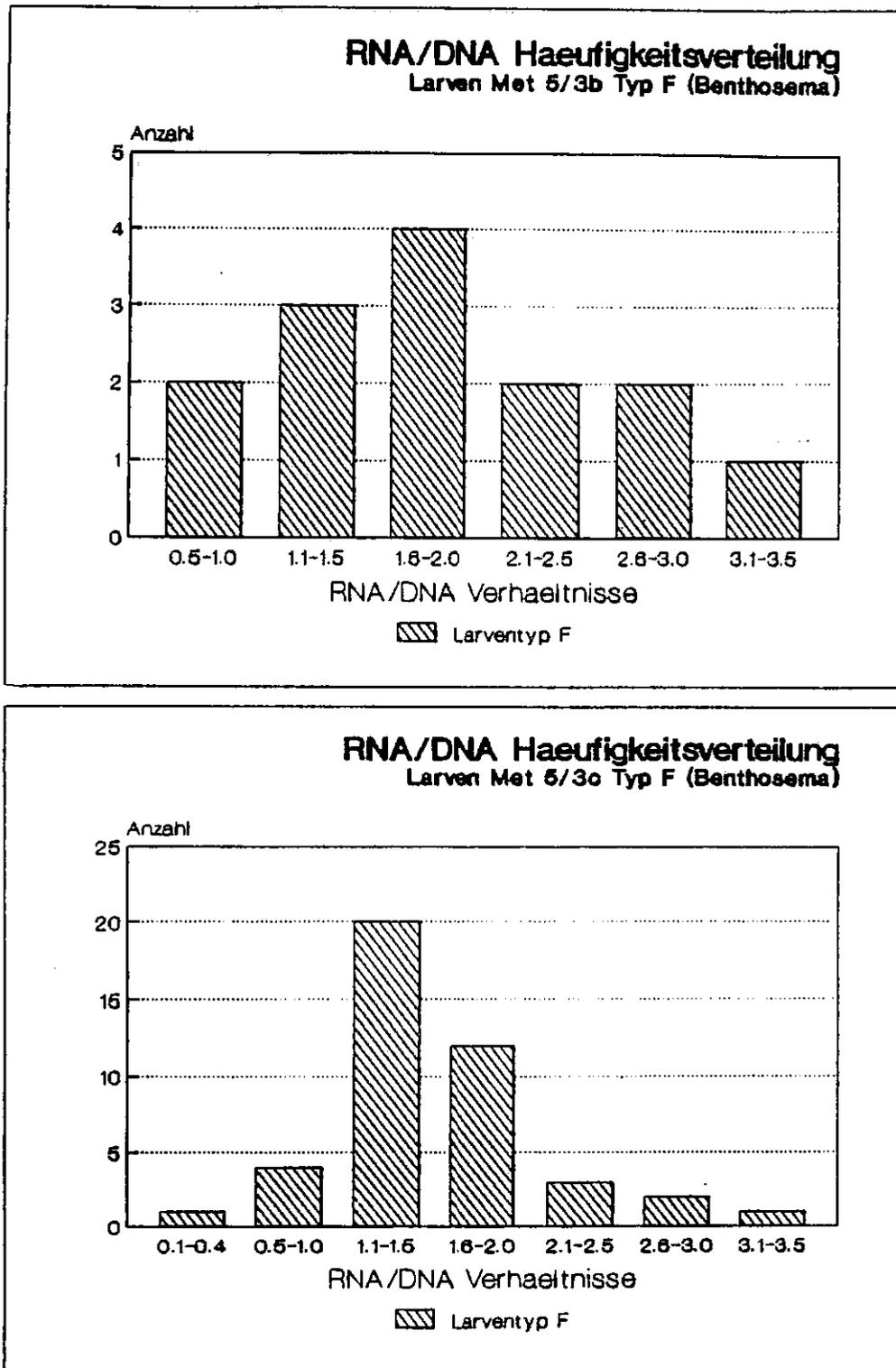
einer Isopropanolreihe mit steigenden Konzentrationen entwässert und in 70 % Isopropanol konserviert.

Für die Nukleinsäureuntersuchungen wurden die Larven sofort nach dem Fang auf den eisgekühlten Proben aussortiert und bei  $-20^{\circ}\text{C}$  bis zur Bearbeitung gelagert. Vor dem Nukleinsäureaufschluß erfolgte die Zuordnung in alphabetisch codierten Gruppen und eine Längenmessung der Individuen. Zur Bestimmung der RNA- und DNA-Gehalte wurden die Larven der Längen 5-20 mm homogenisiert und einem speziell entwickeltem Reinigungsverfahren (Proteinase K, Phenol-, Chloroformbehandlung) unterzogen. Die Nukleinsäuregehalte wurden fluoreszenzphotometrisch ermittelt. Das RNA/DNA Verhältnis dient als Index für die Beurteilung des Ernährungszustandes, da Hungerzustände zu einer Abnahme des RNA-Gehaltes führen.

Erste Untersuchungsergebnisse an ca. 200 Fischlarven des Abschnittes 3c ergaben, daß die RNA/DNA Quotienten der bearbeiteten Larvengruppen bis auf einige Ausnahmen ein ähnliches Verteilungsmuster aufweisen und der Häufigkeitspeak im Bereich von 1-2,5 zu finden ist. Die RNA/DNA Gehalte der Larven der Gruppe G (*Bregmaceros spec.*) wichen stark von denen anderer Gruppen ab und erreichten Werte bis zu 10. Ein Vergleich der Ergebnisse der Abschnitte 3b und 3c für zwei ausgewählte Arten zeigte, daß die RNA/DNA Quotienten sehr ähnliche Verteilungsmuster aufweisen. Anhand der RNA/DNA Verhältnisse lassen sich bisher keine deutlichen Unterschiede zwischen dem ozeanischen und dem neristischen Gebiet feststellen. Vergleichende Messungen an *Benthosema spec.* deuten sogar an, daß der Ernährungszustand der Larven, die auf dem Schelf gefangen wurden, schlechter ist als im ozeanischen Gebiet (Abb. 40). Die RNA/DNA Gehalte von den Larven aus gemäßigten Zonen (Makrelenlarven der Keltischen See) weitaus niedriger und würden für letzteres Gebiet als hungernd zu bezeichnen sein. Vermutlich weisen Larven des tropischen Gebietes ein anderes Stoffwechsellmuster auf. Aufgabe der weiteren Bearbeitung wird sein, dieser Frage eingehender nachzugehen.

Belegexemplare für eine spätere genauere Artenanalyse wurden in Formaldehyd (4 % mit Borax gepuffert) konserviert. Für eine genaue Gewichtsanalyse wurden Vertreter der verschiedenen Längenklassen gefrieretrocknet.

Für die Analyse der Enzymaktivität erfolgte eine schnelle Sortierung der Larven nach dem Fang in Typenklassen. Danach wurde das Larvenmaterial bei  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren. Nach Möglichkeit wurden die enzymatischen Analysen am nächsten Tag durchgeführt, nach einem Verfahren, das für die Bestimmung des Ernährungszustandes geeignet ist. Vor der Aufbereitung wurden die Gesamtfänge der Fischlarven unter dem Binokular gemessen, sie wurden auf Beschädigung hin geprüft und einer der alphabetisch codierten Gruppe zugeordnet. In einem fluoreszenzphotometrischen Verfahren konnten ca. 200 Fischlarven auf ihre Trypsinaktivitäten hin untersucht werden. Erste Ergebnisse der Messungen deuten darauf hin, daß sich Larven des neristischen Bereiches in einem etwas schlechteren Ernährungszustand befinden als die entsprechenden ozeanischen Formen. Im neristischen Bereich wurden geringere Enzymaktivitäten ermittelt als im ozeanischen Untersuchungsgebiet. Beleg-



**Abb. 40:** Darstellung der RNA/DNA Häufigkeitsverteilungen der Larven von *Benthosema spec.* für den ozeanischen (3b) und den neritischen Bereich (3c).

exemplare zur späteren genaueren Artenbestimmung wurden in Formaldehyd konserviert und Vertreter der verschiedenen Längenklassen für die Gewichtsbestimmung gefriergetrocknet.

Auch während des Abschnittes 3b gesammeltes Probenmaterial wurde während des Abschnittes 3c auf RNA/DNA Gehalte und Enzymaktivitäten untersucht. Das Material mußte an Bord bearbeitet werden, da eine Lagerung der Proben bei  $-20^{\circ}\text{C}$  zum Zwecke späterer biochemischer Analysen nur kurzzeitig erfolgen kann. Die für längere Aufbewahrungszeiträume nötige Lagerungstemperatur von  $-80^{\circ}\text{C}$  war nicht gegeben. Insgesamt wurden von jedem Arbeitsgruppenmitglied ca. 600 Fischlarven auf ihre RNA/DNA Verhältnisse und Enzymaktivitäten untersucht.

#### 5.3.3.4 Mikronekton (J. Kinzer, J. Tiefenbacher, U. Waller)

Es wurden die Verbreitung mesopelagischer Fische und Garnelen (Natantia) im nordöstlichen Arabischen Meer unter Einfluß extrem sauerstoffarmen Tiefenwassers untersucht sowie der Gasstoffwechsel von ozeanischen Fischen gemessen.

##### *Verbreitung mesopelagischer Arten*

In Fortsetzung der Untersuchung von Fahrtabschnitt 3b über die Verbreitung mesopelagischer Fische und Garnelen (Natantia) wurde in der Zeit vom 5. Mai bis 9. Juni ein Süd-Nord-Schnitt bis in das Oman Becken nördlich des Murray Rückens gelegt, auf dem mit dem Isaac-Kidd-Midwatertrawl (IKMT) insgesamt 23 Fänge von je 4 Stunden Dauer bis maximal 1000 m Tiefe durchgeführt wurden. Die Verteilung des Sauerstoffs wurde auf 3 Stationen bis 1000 m Tiefe gemessen. Die  $\text{O}_2$ -Profile zeigten zwischen ca. 100 m bis 1000 m Tiefe ähnlich geringe Werte wie auf dem Schnitt 3b mit Werten von 0,4 bis 0,1 ml  $\text{O}_2/\text{l}$  (Abb. 41). Somit stammen alle bei Tage mit dem IKMT erbeuteten Tiere aus einem extrem  $\text{O}_2$ -armen Milieu. Bei Nacht wandern einige Myctophiden Arten in das  $\text{O}_2$ -reiche Oberflächenwasser ein. Eine Artenanalyse der adulten Myctophiden Arten der Deckschicht soll anhand der Stufenfänge mit dem Moccus erfolgen.

Auf dem Schnitt nordwärts in das Oman Becken hinein war eine Artenreduktion weiterhin deutlich. Nur wenige *Benthosema pteratum* und *B. fibulatum* sowie einige *Diaphus* Arten, u.a. *D. arabicus* und *D. thiollierei*. *Vinciguerria attenuata*, die auf den südlich gelegenen Stationen des Abschnittes 3b einen Massenfisch darstellte, wurde nur noch vereinzelt gefangen. Der Schnepfenaal *Nemichthys spec.* und der Viperzahnfisch *Chauliodus solani* trat ebenfalls nur in einzelnen Exemplaren auf. Eine weitere Artenanalyse an Bord war nicht möglich, da die IKMT-Stationen erst unmittelbar vor Abschluß des Fahrtabschnittes 3c beendet wurden.

Die bei einer Frequenz von 33 kHz gemessene echogebende Schicht lag auf diesem Fahrtabschnitt am Tage wieder in 320-400 m Tiefe. Das deutet darauf hin, daß die Fische, vorwiegend Myctophiden, von durchschnittlich 50 mm Länge in nur 45 Minuten aus ca. 100 m bis 400 m Tiefe zur Oberfläche wandern, d.h. eine Vertikalgeschwindigkeit von ca.

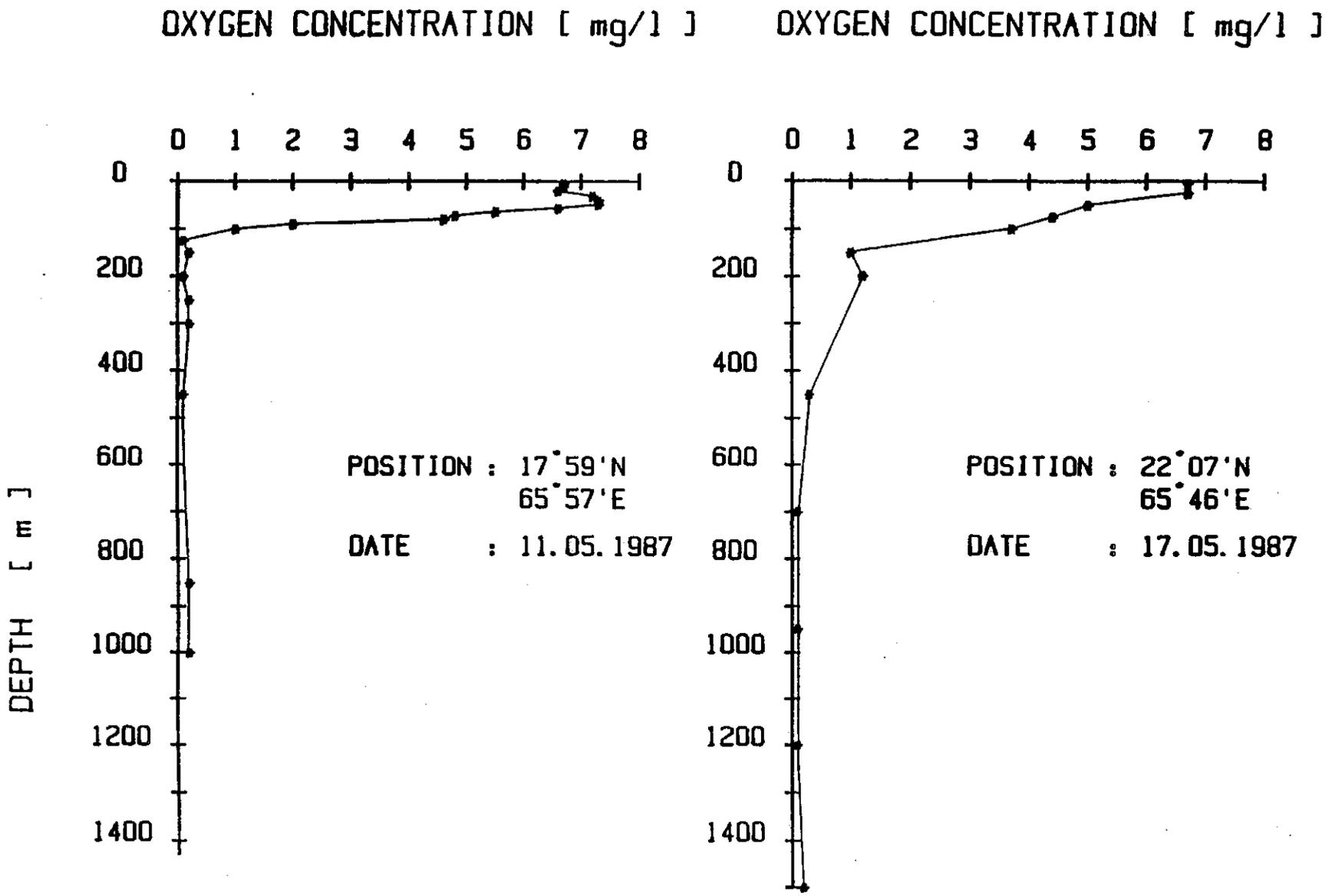


Abb. 41: Sauerstoffprofil auf 2 Stationen im nördlichen Arabischen Meer

10 cm/s erzielen. Dies erscheint als ein enormer Energieaufwand angesichts des großen Sauerstoffdefizits, der in der Tiefe herrscht, in der sich die Tiere tagsüber aufhalten.

Die Natantia waren in der überwiegenden Anzahl der Fänge in noch geringeren Mengen vertreten als auf den nördlichen Stationen des Fahrtabschnittes 3b. Einzig in den oberen 200 m scheint die gleiche Dichte und Artenzusammensetzung gegeben zu sein. Die Fänge aus den tieferen Stufen enthalten weniger Arten als auf dem südlichen Schnitt, soweit sich dies bei einem nur flüchtigen ersten Eindruck feststellen ließ.

Auch die Caridea waren offensichtlich prozentual geringer vertreten als auf dem südlichen Schnitt. Bei den Penaeidea dominierten wieder die Gattungen *Gennadas* und *Sergestes*, letztere nur in den oberen 200 m. Die Gattung *Gnathophausia* als Vertreterin der Mysidaceen fiel wieder auf, doch schien auch sie in diesem Gebiet in geringerer Dichte vorzukommen.

#### *Respirationsmessungen an ozeanischen Fischen* (U. Waller)

Während des Fahrtabschnittes wurden bei gestopptem Schiff von einem außenbords befestigten Arbeitskorb aus Fische von der Oberfläche gekeschert. Diese Arbeiten beschränkten sich auf die Nachtstunden, da dann Fische in einer unter Wasser befestigten Lampe gelockt werden konnten. Es wurden Exemplare der Gattung *Coryphaena* und einer an Bord nicht bestimmaren Art gefangen. Respirationsmessungen erfolgten bei 50-98 % Sauerstoffsättigung. Zusätzlich wurden, wie schon während des Fahrtabschnittes 3b, Fische der Gattung *Psenes* in den Sedimentfallen gefangen. An ihnen konnte die Respiration im Bereich von 10 bis 90 % Sauerstoffsättigung gemessen werden.

Die vorläufige Auswertung der Experimente ergab, daß die Gattung *Psenes* besonders tolerant gegenüber niedrigen Sauerstoffgehalten im Wasser ist. Bei Sauerstoffsättigungen von 20 bis 90 % war die Respirationsrate der Tiere annähernd konstant. Erst ab einer O<sub>2</sub>-Sättigung von 10 % nahm die Respirationsrate drastisch ab, und ein Teil der Versuchstiere verendete. Im Gegensatz dazu war die Gattung *Coryphaena* gegenüber sinkenden Sauerstoffsättigungen extrem empfindlich. Schon bei einer Abnahme der Sauerstoffsättigung von 98 auf 95,5 % verdreifachte sich die Respirationsrate, sie erreichte ein Maximum bei 90 %. Sank der O<sub>2</sub>-Partialdruck weiter ab, nahm die Respirationsrate wieder ab.

### **5.3.3.5 Erprobung Hydrosweep und anderer Systeme**

(B. Aecker, P. Block, M. Braun, B. Freking, W. Neu, R. Schreiber)

#### *Hydrosweep*

Ziel war, folgende Funktionen zu erproben bzw. zu verbessern:

- neue Sende-Empfangsbetriebsarten zur Verbesserung der Anlagefunktion,
- Erprobung und Verbesserung der automatischen Schallgeschwindigkeitskompensation und
- Magnetbandaufzeichnungen der Hydrosweepanlage.

Aus bekannten Gründen (Luft unter dem Schiff und Monsunzeit) arbeitete die Anlage ca. 80 % der Zeit nicht einwandfrei und während des verbleibenden Zeitraums war ein vollständiges Erprobungsprogramm aus Termingründen nicht mehr möglich.

Erprobt wurde ein neues Sendeschema mit 3 RDT-Beams sowie neue Empfangsbetriebsarten mit "Speed Up" Verstärkung für als Deep-Sea Betriebsarten. Deep-Sea Betriebsarten: für Tiefen größer als ca. 1500 m.

#### *Andere Systeme*

Die Eichstrecke arbeitete fehlerhaft und lieferte keine Meßwerte an die Hydrosweeplanlage. Nach Reparatur war die Funktion der Anlage sichergestellt. Die Funktionsbeeinträchtigungen durch Luft unter dem Schiff blieben jedoch erhalten. Beim Bahnregler wurde neue Software eingebaut und erprobt. Ferner erfolgte eine ausführliche Einweisung in das System. Die HMS-Konsole für das Postprocessing ließ sich nicht mit Bordmitteln reparieren.

## **5.4 Report on the Training Course on Bathymetric Charting**

### *Summary*

The Training Course on Bathymetric Charting in the Western Indian ocean region was organized, with the assistance of the Government of the Federal Republic of Germany, at the Centre National de Recherches Oceanographiques (CNRO) in Nosy Be (Madagascar) and on board METEOR from June 10 to July 2, 1987, with 16 participants from 12 IOC member states of the Indian ocean region and 3 instructors from the Federal Republic of Germany.

The objectives of the course programme were to provide training in the execution of port and nearshore surveys by means of simple equipment. Field training was supported by lectures on positioning and chart production.

The first two days were devoted to lectures on principles of bathymetric surveying, covering various possibilities of positioning with terrestrial methods, principles of echo sounding, depth correction for different sound velocities and tides, basic components of tides, preparations for a coastal survey, basic knowledge of plotting sheets, and basic training in the principles and handling of geodetic instruments such as sextant, theodolite, levelling instruments, as well as position finder.

A coastal survey using a small research vessel belonging to CNRO in the channel between Nosy Be and Nosy Komba was then carried out by participants. During the survey, participants were trained in depth sounding with a portable echo sounder and on positioning with a laser range finder. Practical on-the-job training was given particularly on fixing the ship's position considering resection with sextants, running a predefined course (cruise tracks) and rangings, and combined angle distance measurements. Reading from a tide gauge on the jetty of CNRO were used for correction of tidal effect on soundings made during the survey.

Training in open-ocean surveying was carried out on board of METEOR starting from Nosy Be on June 22, and finishing at Mombasa (Kenya) on July 1, 1987. Continuous survey was made during this period and each participant stood watch in groups of two, for echo sounding measurements using ship board equipment, such as the deep-sea echo sounder, subbottom profiler and multi-beam side scanner. During this period a detailed survey was made over an adjacent part of the Leven Bank covering an area of 40 x 36 n.m. along sounding tracks of one nautical mile spacing.

All participants were engaged in keeping survey records, plotting ship's position and taking sound readings. Analysis of survey data and preliminary charting were carried out by participants during the cruise.

Participants not standing on watch analysed data obtained during the coastal survey in the channel between Nosy Be and Nosy Komba in the first half of the course. Analysis and preliminary charting included construction on work charts, evaluation of echograms, tracing of tidal curves, depth correction, plotting of corrected depth on the fairsheet and drawing contour lines.

Prof. Dr. W. Nellen of the Institute of Hydrobiology and Fishery Sciences, University of Hamburg embarked at the same time on board of METEOR, gave a lecture during the cruise on plankton and research on spawning, as well as on the research aims of his group and what the group had carried out during the cruise.

All survey data and the related analysis carried out during the course have been corrected and finalized at the German Hydrographic Institute, Hamburg (FRG). During the training course the participants have been supplied with the book "Low Cost Harbour Surveying".

The training course ended when METEOR moored at the port of Mombasa on July 2, 1987.

#### *Execution of the course*

The course was planned and conducted to improve the understanding of surveying and bathymetric charting in connection with the considered International Bathymetric Chart of the Western Indian ocean (IBCWIO). The desire for an introduction to hydrographic surveying and bathymetric charting arose during an expert mission of Prof. Dr. Bettac to the region in July/August 1985 in order to ascertain an interest in the project proposed.

The course programme consisted of:

- Theoretical lecture,
- field work,
- deep-sea survey on board METEOR

#### *Theoretical part*

The introductory lectures covered the execution of port and nearshore surveys with simple equipment.

They dealt with:

- Principles of bathymetric surveying. Interaction of echo sounding and tides and basic problems concerning hydrographic surveys were explained.
- Different possibilities of positioning with terrestrial methods. Different procedures were introduced with regard to applicability, expenditure, and accuracy. Although only feasible in exceptional cases, as for example in harbour basins, the use of surveying marks on opposite jetty-walls and fixing along a marked wire stretched between the marks is considered to be the easiest procedure. The following procedures were also taken into account:  
Sailing in a leading line with distance determination by sextant, theodolite, or laser range finder. Sailing on predetermined course lines, which were controlled from ashore by theodolite. Sailing on graduated circles and on predetermined sounding lines with fixing by horizontal sextant angles. In addition to sextants a portable laser range finder was considered for range finding.
- Principles of echo sounding were demonstrated by means of schematic drafts, the influence of temperature and salinity were explained as well as procedures for calibration of echo sounders.
- Basic terms of tides were explained and it was shown by means of tide tables, how tides are defined. The reduction of sounding with regard to tides was demonstrated. Reestablishment of tide gauges and tide poles was explained.
- Contents and construction of boatsheet was taught. Since the boatsheet was needed for the field work to come it was produced during the lecture. The coordinates of given land marks were graphically taken from the chart. The land marks additionally determined later in the course by the means of the theodolite were coordinated by graphical resection using a station pointer.
- The possibility to use wire sweep with Otter-board or with stabile traverses was mentioned.

#### *Introduction of equipment handling*

The participants of the course were divided into several rotating groups to learn how to handle the instruments to be used in field work ashore and on board of survey launches:

- Sextant,
- theodolite,
- levelling instrument,
- echo sounder,
- laser range finder.

#### *Practical nearshore survey*

The participants surveyed a coastal area, the channel between two islands Nosy Be and Nosy Komba. Thus they had the opportunity to practise in almost all fields of coastal survey with terrestrial positioning as lectured in the theoretical part of the course. In detail the following procedures were used:

- Running on a transit line and determining the intersection by horizontal sextant angle and to the extremities of a constant bas line or by measurement of the azimuth to the vessel using a theodolite ashore.
- Running on a line determined by an azimuth given by a theodolite ashore and taking the distance by a sextant angle or by laser range finder.
- Running on a line and controlling the position by resection measured by sextant on board of the survey launch "Mahaloky".

The survey was started on board of the launch of the RV BONITO operated by the Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit, which was in Nosy Be for other tasks. This launch was very suitable for such a survey. At the beginning of the second day, however, there was a damage at the clutch, which made it impossible for the boat to move on its own. The CNRO immediately rendered help by offering the trawler TELONIFY and the launch JOLIGNY. This launch could only take some participants. Moreover, it was only partly suitable for the intended work.

Since the situation was rather unsatisfactory another solution was found: The launch of the GTZ was towed by the launch of the CNRO. The following days we worked in this manner. The working conditions were ideal, apart from the bad manoeuvring capability which nevertheless had to be accepted.

Owing to the unsatisfactory handiness of the towed launches it was not possible to steer exact courses. Thus the results of the training purposes they are quite sufficient.

Since the landmarks available as lighthouses and beacons were not satisfactory for the execution of surveys, additional fixed points were located ashore by angular measurements by theodolite.

#### *Training on board METEOR*

The second part of the course started on June 22, 1987 on board METEOR. Aim of this part of the course for the participants was to get an insight into the highly sophisticated methods for ocean deep-sea survey in contrast to the simpler procedures for nearshore surveys used in the first part of the course. Parallel thereto the results of the survey of the first part were analysed and clarified by some lectures.

On the passage from Nosy Be to Mombasa 2 participants at a time had to be on watch day and night for four hours to control and regulate the recordings of the three echo sounding installations working simultaneously

- Atlas DESO 25,
- Atlas Parasound
- Atlas Hydrosweep

The guard duty started on June 22, at 18:00 p.m. and ended on June 29, 1987 at noon.

The soundings started on position

$\phi$  = 13°25'S

$\lambda$  = 48°11'E

till the arrival at Mombasa on July 1, on position

$\phi$  = 4°04.4'S

$\lambda$  = 39°44.2'E.

On the journey to Mombasa the participants surveyed an area of 40 n.m. x 36 n.m. defined by the lines connecting the positions

$\phi$  = 12°50'S                       $\lambda$  = 47°39.6'E

$\phi$  = 12°57'S                       $\lambda$  = 48°20.0'E

$\phi$  = 12°13.8'S                     $\lambda$  = 47°46.6'E

$\phi$  = 12°21.2'S                     $\lambda$  = 48°26.6'E

with a spacing of sounding lines of 1 n.m. each. In addition an area on position  $\phi = 12^{\circ}22.7'S$ ;  $\lambda = 47^{\circ}37.3'E$  was searched for a shallow spot named "Baron Cawdor" reported in 1911 with a depth of three fathoms and the entry "position doubtful". On the passage the participants plotted the course.

The positions were obtained by satellite and dead reckoning between the satellite fixes. Thus the participants got a useful insight into the execution of modern deep-sea surveys. By use of different types of echo sounding equipment the comparison between a normal vertical echo sounder and a very modern high sophisticated shelf calibrating multi beam sounder was possible.

The participants not on watch analysed and compiled the survey conducted during the first section of the course. This work comprised

- evaluation of the list of tides recorded in Nosy Be during survey work and tracing of tidal curves,
- evaluation of the echograms including tide reduction of selected soundings,
- preparation of the fairsheet:  
Construction of the grid, inking in of the fixed points, plotting of selected soundings by station-pointer or protractor depending on the methods used for a survey,
- construction of colour lines.

Apart from the practical work given on the passage to Mombasa to complete the training programme an introduction to electronic positioning like Decca and Loran and satellite positioning was given. After lectures and compilation treated the compilation and production of the nautical charts.

## 5.5 Fünfter Fahrtabschnitt

### 5.5.1 Pelagos und Umwelt (H. Weikert)

#### *Fragestellung*

Der Einfluß peripherer Austauschprozesse auf Primärproduktion und Struktur des Pelagos während des SW-Monsuns.

Hauptziel der biologischen, chemischen und strömungsphysikalischen Untersuchungen meiner Arbeitsgruppe war es, die produktionsbiologischen und bestandskundlichen Grundlagen des Roten Meeres für die Zeit des SW-Monsuns (Hochsommer) erstmalig quantitativ zu erforschen und in ihrer Abhängigkeit von peripheren Austauschprozessen zu analysieren. Dabei spielten direkte Strömungsmessungen in der Straße von Bab-el-Mandeb zur Ermittlung von Transportraten eine bedeutende Rolle. Nach dem heutigen Kenntnisstand werden die Zusammensetzung der pelagischen Flora und Fauna des Roten Meeres, die Bestandsgrößen ihrer taxonomischen Komponenten sowie die Höhe der Produktion organischen Materials entscheidend von den Austauschprozessen zwischen dem Golf von Aden und dem Roten Meer geprägt: Offenbar wird das Pelagos des Roten Meeres in hohem Maße durch den Eintrag von Organismen und Nährstoffen aus dem Golf von Aden in genetischer, populationsbiologischer und energetischer Hinsicht alimentiert.

Gleichlaufende Arbeiten in der Straße von Tiran zur Untersuchung ökosystem-übergreifender Prozesse zwischen dem Roten Meer und dem Golf von Aquaba scheiterten an den nicht erteilten Forschungsgenehmigungen.

Vielfältige ökosystem-übergreifende Prozesse innerhalb des Rotmeer Beckens sind zwischen dem Freiwasser- und dem Riffsystem zu erwarten, das die Küste nahezu lückenlos umsäumt. Für eine orientierende Studie zur Nährstoff- und Planktonverteilung in den riffnahen und ozeanischen Gewässern des Nordsudan lieferte die Vermessung eines geostrophischen Wirbels durch die Arbeitsgruppe "Physikalische Ozeanographie" (5.5.3) die notwendige hydrodynamische Grundlage. In die Analyse einer etwaigen Larvendrift von Rifforganismen ist auch die Arbeitsgruppe "Planktonische Foraminiferen und Gastropoden" (5.5.2) eingebunden. Sie besitzt auf dem kaum bearbeiteten Feld der Planktonlarven benthischer Schnecken des Roten Meeres spezifische Kenntnisse (5.5.2.2).

Messungen physiologischer Raten im Plankton des Roten Meeres und Golfs von Aden nahmen im Sommer, im Gegensatz zum Fahrtabschnitt 2, der auf den relativ gut bekannten Planktonstrukturen der Wintersaison (NO-Monsun) aufbauen konnte, einen vergleichsweise geringen Raum ein. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Ermittlung von Assimilations- und Wachstumsraten des Phytoplanktons unter Einbeziehung der Zehrung durch mikroheterotrophes Zooplankton. Sie zielten auf eine Beurteilung des allgemeinen Produktionsstatus beider Vergleichsregionen sowie auf die Gewinnung von Umsatzraten des Stoffwechsels im Plankton.

Erstmalig wurden für ausgewählte Taxa der größeren Evertebratenfauna Respirations- und Exkretionsraten sowie die biochemische Zusammensetzung untersucht, um die Anpassung des Stoffwechsels an die hohen Temperaturen des Roten Meeres, die auch in der Tiefsee 21.6°C nicht unterschreiten, auszuleuchten. In Ergänzung zu taxonomischen Studien dienten die Experimente der Suche nach möglichen physiologischen Typen interozeanisch verbreiteter Arten. Die Befunde sollen zur kausalen Interpretation der besonderen biogeographischen und bathymetrischen Besiedlungsstruktur im Pelagial des Roten Meeres beitragen.

Die für ein weitgefaßtes Organismen- und Größenspektrum gesammelten Daten über bestandskundliche Parameter und selektiv gewählte Umsatzraten kleiner taxonomischer Einheiten ergänzen und erweitern die im Winter während des Fahrtabschnittes 2 von Herrn Prof. Lenz und seiner Arbeitsgruppe durchgeführten Untersuchungen, die vorwiegend Größengesellschaften bzw. ökologische Gruppen im Plankton summarisch und unterhalb der Ebene der Tertiärkonsumenten behandelten. Damit wird eine beide Hauptjahreszeiten umfassende Gesamtsicht der Planktongemeinschaft, ihrer Struktur und Dynamik, möglich. Sie erlaubt eine Bewertung des Stofftransportes im Pelagial des Roten Meeres und der Stabilität seines ozeanischen Ökosystems.

#### **5.5.1.1 Metazoenplankton und Mikronekton (H. Weikert)**

##### *Fragestellung*

Biogeographie, Häufigkeit und bathymetrische Verteilung des Metazoenplanktons und Mikronektons in Habitaten der Hoch- und Tiefsee des Roten Meeres während des SW-Monsuns unter besonderer Berücksichtigung ökosystem-übergreifender Prozesse.

Folgende Fragen standen im Vordergrund:

- Weicht die bathymetrische Verteilung des Zooplanktons und Mikronektons im Roten Meer von derjenigen im Weltmeer ab; gibt es in der quantitativen Verteilung einen grundsätzlichen Unterschied zwischen dem zentralen und südlichen Teil des Beckens?
- Wie stellt sich die artmäßige Besiedlung des Bathypelagials im Roten Meer gegenüber dem Golf von Aden als Teil des Indischen Ozeans dar; fehlen tatsächlich echte Tiefseearten im Zooplankton und Mikronekton des Roten Meeres?
- Welche Rolle spielen die cyclopiden Copepoden des Mikrozooplanktons einerseits und das Makrozooplankton und Mikronekton andererseits als Karnivore im Pelagos, und wie tief reichen die tagesperiodischen Vertikalwanderungen von Arten?
- Gibt es die für das Rote Meer behauptete Sommersubmergenz von Arten?
- Wie stark werden die autochthonen Bestände durch den Eintrag von arteigenen Individuen aus dem Golf von Aden alimentiert, und wie hoch ist der Anteil allochthoner Arten im Roten Meer?

Die Arbeiten ergänzen und erweitern eigene, zu anderen Jahreszeiten im Roten Meer durchgeführte Forschungen unter Verwendung identischer Methoden und Geräte. Sie stehen ferner in Bezug zu laufenden Untersuchungen im Ostatlantik und dem östlichen Mittelmeer

und sollen die Frage beantworten, ob das Rote Meer als Ökosystem eine einzigartige Stellung innerhalb der "warmen" Ozeane innehat. Über den regionalen Aspekt hinaus sollen sie die allgemeine Kenntnis über die Lebensgemeinschaften des Großraumes "Tiefsee" und die Prinzipien des vertikalen Stofftransportes erweitern.

#### *Material und Methoden*

Vier verschiedene Fangnetze mit unterschiedlichen Maschenweiten wurden mit dem Ziel eingesetzt, ein breites Organismenspektrum der pelagischen Faunengesellschaft quantitativ und mit einer gleichzeitig möglichst hohen bathymetrischen Auflösung der Wassersäule zu sammeln. Drei der Netzträger wurden elektronisch über Einleiterkabel gesteuert. Ihre Spezifikation:

Multinetz (WEIKERT und JOHN, 1981): Öffnungsweite 0,25 m<sup>2</sup>, fünf 55 µm Netzbeutel. Es war mit einer fernmeldenden Drucksonde bestückt und wurde steuerbords zum Fang von Mikrozooplankton, speziell cyclopoider Copepoden, vertikal mit 0,25 m/s gehievt. 48 von 49 Hols aus maximal 1050 m Tiefe waren erfolgreich (Kapitel 7.4.2). Ein zweites Gerät war zum Fang von Mesozooplankton mit 300 µm Netzbeuteln ausgerüstet. Es wurde mit 0,50 m/s aus maximal 2050 m Tiefe gehievt (Kapitel 7.4.3). Von 143 Hols schlugen zwei fehl.

Mocness-System (WIEBE et al., 1985): Eingesetzt wurden ein Gerät mit einer Fangöffnung von 1 m<sup>2</sup> und neun 333 µm Netzbeuteln sowie ein Gerät mit einer Öffnungsweite von 10 m<sup>2</sup> und fünf 1600 µm Netzbeuteln. Die Netze wurden für Schräghols zum Fang von Mesozooplankton, Makrozooplankton und Mikronekton achtern über den A-Galgen bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 2,2 bis 2,5 kn geschleppt. Zusätzlich zum filtrierten Wasservolumen wurden über einen Bordrechner die Druckmesser- und Wasserdurchflußwerte unmittelbar mit der verstrichenen Zeit verrechnet, so daß stets die aktuellen Angaben über die Sink- und Horizontalgeschwindigkeit des Fanggerätes auf einem Bildgerät und ausgedruckt vorlagen. Damit konnte einmal durch Korrekturen u.a. der Hievgeschwindigkeit ein möglichst gleichmäßiges Befischen aller Wassertiefen erreicht werden. Zum zweiten war es bei zeitweiligen Blockierungen des Flowmeters möglich, das Wasservolumen über die Einbeziehung der gesteckten Trossenlänge und der Schiffsgeschwindigkeit mit gleichbleibender Genauigkeit zu berechnen.

Schiffszeit, Wassertiefe und die Konzeption der Meßprogramme der Gesamtheit der Arbeitsgruppen machten es erforderlich, die zeitaufwendigen Mocnessfänge auf bestimmte Regionen innerhalb des Roten Meeres und des Golfs von Aden zu beschränken. Fänge mit 300 µm Maschenweite fehlen in den nördlichen Gewässern des Sudans, da die hydrographische Vermessung des geostrophischen Wirbels quasisynoptisch erfolgen mußte. Ein einzelnes Mocness Profil konnte auf der Rückreise im August für den 300-1150 m-Bereich aufgenommen werden. In den Gewässern des Nordjemens wurden die Fänge südlich 12°N, d.h. bei Wassertiefen von weniger als 500 m, eingestellt. Von den 39 sämtlich erfolgreich durchgeführten Hols (Kapitel 7.4.4) entfallen auf die Gewässer des Sudans 22, Nordjemens 7 und Djiboutis (Golf von Aden, ohne Golf von Tadjoura) 10.

Das große Mocness wurde aus Zeitgründen nur insgesamt viermal, doch ebenfalls erfolgreich, im Atlantis-II-Tief eingesetzt (Kapitel 7.4.5). Beim Hieven spulten Friktionswinde und Speicherwinde das 18 mm-Kabel nicht sauber auf.

Die großen Fangbereiche für Multinetz und Mocness betragen 0-450 m, 450-1050 m und 1050-2250 m. Sie sind für den überregionalen Vergleich mit Fängen aus dem Ostatlantik, dem Arabischen Meer (Multinetz) sowie dem östlichen Mittelmeer ausgelegt. Die Fangbereiche wurden in der vorgegebenen Tiefenfolge durch nachstehende Intervalle unterteilt: 50 m, 150 m, 200 m. Der Oberflächenbereich wurde für die 55  $\mu\text{m}$  und 300  $\mu\text{m}$  Fänge des Multinetzes zusätzlich in fünf 20 m bzw. 25 m Stufen aufgelöst.

Die Vertikalfänge endeten 50 m über dem Boden. Der Sicherheitsabstand für die Mocness-Geräte betrug in der Regel 150 m. Besonders in den Tiefs war der Ausfall von Hydrosweep von Nachteil; die Schräghols mußten dort über dem Kurs eines vorher erstellten Parasound-Profiles bei teilweise kräftiger Querströmung gefahren werden. Die seitliche Drift des Fangnetzes wurde grob über die Tiefe extrapoliert und versucht, durch eine Kursversetzung auszugleichen. Mehrere Bodenprofile existierten für das intensiver untersuchte Atlantis-II-Tief, für dessen östlichsten Bereich auch eine auf dem Fahrtabschnitt 2 erstellte Hydrosweep Aufnahme vorlag. Es gelang, beide Mocness-Geräte bis auf 50 m an die Übergangszone zur Sole heranzuführen.

Viertes Fanggerät war ein Neustonkatamaran (HEMPEL und WEIKERT, 1972): Er wurde an der Meeresoberfläche parallel zum Mocness System bzw. beim An- und Ablufen von festen Stationen geschleppt. Die Fangöffnung der beiden übereinander befestigten unverschließbaren 300  $\mu\text{m}$  Netze war 30 cm x 15 cm, von denen das obere die Wasseroberfläche schnitt und eine Schichttiefe von 0-13 cm befischte. Die 121 Neustonhols verteilen sich regional wie folgt: Zentrales Rotes Meer 80, südliches Rotes Meer und Bab-el-Mandeb 18, Golf von Aden 22 (Kapitel 7.4.6).

#### *Erste Ergebnisse*

Die überschlägige Durchsicht der 300  $\mu\text{m}$  und 1600  $\mu\text{m}$  Fänge mit den Mocnessnetzen ergab für das Mesoplankton, Makroplankton und Mikronekton im Hochseebereich des Sudans, dem zentralen Roten Meer, relativ geringe Organismenkonzentrationen. In etwa 1000-1200 m Wassertiefe, dem oberen Bathyal, sank die Organismendichte abrupt ab, wie bereits aus anderen Jahreszeiten bekannt (WEIKERT, 1987). Die eigentliche Tiefsee des Roten Meeres ist offenbar ganzjährig in weiten Teilen des Beckens "unterbevölkert", und eine exponentielle Abnahme der Organismenhäufigkeit mit zunehmender Tiefe wie im Weltmeer scheint nicht gegeben.

Im Mesopelagial stellten die Gattungen *Pleuromamma*, *Haloptilus* und *Lucicutia* das Gros der calanoiden Copepoden, die im mittelgroßen Zooplankton dominierten. Unter den holoplanktischen Mollusken war der euthecosomate Pteropode *Limacina inflata* bestimmend. Chaetognathen beherrschten des Makrozooplankton, in dem auch Euphausiaceen der Gattung *Euphausia* und caride Decapoden der Familie Pasiphaeidae zahlenmäßig auffielen.

In südlichen Roten Meer waren die Abundanz und Biomasse beider Größenfraktionen sowie die Artenvielfalt gegenüber dem Zentralteil deutlich erhöht. Neben dem reichen Meroplankton fiel besonders die Zunahme der Gattung *Eucalanus* (Copepoda, Calanoida) auf. Sie wird unbestritten durch den Wassereinstrom aus dem Golf von Aden verursacht.

Im Golf stellte die Gattung zusammen mit *Rhincalanus*-Arten die Hauptmasse des Mesozooplanktons in großen Tiefen. Im Epipelagial des Golfs war im August der calanoide Copepode *Calanoides carinatus* charakteristisch. Sein dem Juli gegenüber häufigeres Auftreten zeigt eine Zunahme bzw. Verstärkung von Auftriebsprozessen an.

#### 5.5.1.2 Metabolismus und Biochemische Zusammensetzung von Zooplankton (A. Plaga)

##### *Fragestellung*

Die Einflußnahme ökologischer Faktoren auf die biochemische Zusammensetzung und physiologische Aktivität von Arten des größeren Zooplanktons und Mikronektons des Roten Meeres und Golfs von Aden.

##### *Material und Methode*

Versuchstiere wurden integrierten Hols mit 300 µm Maschenweite entnommen, die mit dem Multischließnetz und dem 1 m<sup>2</sup>-MOCNESS durchgeführt wurden. Die Lokationen sind in Kapitel 7.4.7 angegeben. Ein für den Organismenfang vorgesehener verschließbarer Fangbecher für die Entnahme von Tieren aus definierten Tiefen mit dem sie umgebenden Wasser erwies sich als nicht ausreichend dicht, so daß ein völliger Abschluß der Organismen vor Umweltveränderungen nicht gewährleistet war. Auf den Gebrauch des Fangbechers wurde daher verzichtet, zumal sich der Fang mit den oben genannten Netzen als recht schonend erwies.

##### Messung der Respirationsrate:

Die aus dem Gesamtfang aussortierten Tiere wurden zunächst in belüftetem, unfiltriertem Seewasser bei in situ nahen Temperaturen im Aquarienraum des Schiffes bzw. im Brutschrank in 4 l Glasrundkolben zwischengehältert. Die Tiere wurden maximal 36 Stunden nach Hälterungsbeginn für die Messung verwendet.

Das Wasser für die Versuche wurde aus der Seewasserversorgungsanlage des Schiffes entnommen und über 0,3 µm Membranfilter gefiltert, um Phytoplankton und Bakterien zu entfernen. Der Salzgehalt wurde bei Versuchsbeginn bestimmt.

Meßgerät zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs war eine von der Firma ME Meerestechnik-Elektronik hergestellte Anlage mit vier Sensoren, die pro Versuch vier Parallelmessungen in Glasrundkolben von 50 bis 250 ml erlaubte. Die Sensoren wurden vor jedem Versuch neu geeicht; die Aufzeichnung der Meßwerte erfolgte durch einen Mehrkanalschreiber und einen Computer mit angeschlossenen Drucker. Maximal zwei Kolben

blieben für die Blindwertmessung unbesetzt.

Inkubiert wurde bei Temperaturen zwischen 22°C und 30°C, bis der Sauerstoffpartialdruck in den mit Tieren versehenen Kolben bis auf ca. 60 % abgesunken war. Dies war nach sechs bis dreizehn Stunden der Fall. Nach Beendigung des Versuches wurden die Organismen abfiltriert und zur späteren Bestimmung des Proteingehaltes bei -28°C in Aluminiumfolie tiefgefroren.

Insgesamt wurden 27 Versuche an 15 verschiedenen Arten zur Bestimmung der Respirations- und Exkretionsrate durchgeführt, dazu zwei ohne Organismen, um die Meßgenauigkeit der Sensoren festzustellen.

Messung der Exkretionsrate:

Sie wurde aus der Differenz der Ammoniumwerte zu Beginn und am Ende der Respirationsversuche ermittelt. Dazu wurden zweimal je 10 ml des verwendeten Wassers abpipettiert und mit Methylenchlorid fixiert. Die Bestimmung des Ammoniumgehaltes erfolgte nach der Methode von GRASHOFF (1976, s. Arbeitsbericht Chemie).

Messung der Elektronen-Transport-System-Aktivität (ETS):

Diese Messungen mußten entfallen, da während des Transportes bzw. der Lagerung in Kenia die Chemikalien verdorben waren.

Biochemische Untersuchungen:

Zur Bestimmung des Protein- und Lipidgehaltes wurde je nach Art bzw. Organismengröße eine unterschiedliche Anzahl von Tieren aus einem Fang aussortiert, kurz auf Filtrierpapier trockengetupft und bei -28°C in Aluminiumfolie tiefgefroren.

Für Untersuchungen der Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnisse wurden die Tiere in Petrischalen im Exsikkator über Trockenperlen getrocknet und gelagert. Insgesamt wurden je Parameter 168 Organismenproben für die spätere Bearbeitung an Land konserviert.

### *Erste Ergebnisse*

In der Hälterung erwiesen sich Mysidaceen, Megalopa Larven und Copepoden der Gattung *Pleuromamma* als die robustesten. Mysidaceen und Megalopa Larven konnten bei täglichem Wasserwechsel problemlos über mehrere Tage am Leben erhalten werden. Euphausiaceen reagierten am empfindlichsten; sie überlebten nur in wenigen Fällen länger als 24 Stunden.

Ein technischer Defekt in der Elektronik des Anzeigerates der Sauerstoffmeßanlage kurz nach der Inbetriebnahme konnte durch einen Bordelektroniker behoben werden. Weitere Funktionsstörungen traten danach nicht mehr auf. Bereits die ersten Versuche zeigten die Notwendigkeit einer Eichung der Sensoren vor jedem einzelnen Versuch auf. Eine erste Betrachtung der Meßergebnisse deutet auf eine erhöhte physiologische Aktivität der Organismen hin. Die Ergebnisse sind jedoch nicht vertrauenswürdig, da weitere Untersuchungen zur Meßgenauigkeit der Sensoren erfolgen müssen.

### 5.5.1.3 Detritus- und Planktondokumentation (S. Wellershaus)

#### *Fragestellung*

Die photographische Analyse der Strukturen von Mitgliedern der Detritus- und Planktongesellschaften zur Herkunftsbestimmung von Wasserkörpern und der artspezifischen Zuordnung von Planktonorganismen, insbesondere des Meroplanktons.

#### *Material und Methode*

Wasserproben wurden auf ihren quantitativen und qualitativen Gehalt an Detritus untersucht und die Partikel photographiert (A). Ferner wurden Lebendphotos des Holo- und Meroplanktons (B), insbesondere von Brachyurenlarven (C), angefertigt.

#### A. Detritus:

Insgesamt wurden 82 Proben von 22 Stationen (Tab. 21) im umgekehrten Mikroskop photographiert. Mindestens 10 Photos pro Probe, bezogen auf 1 l Wassermenge, wurden erhalten.

Die Detritusphotos werden an Land in einer Partikelzähleinrichtung qualitativ und nach Größenklassen ausgezählt. Schon während der Expedition ließen sich qualitative Unterschiede zwischen Gebieten und Tiefen erkennen. Besonders Korallen- und Wüstenstaubreife waren offensichtlich. In den oberen 100 m spielte auch Phytoplankton eine Rolle, in manchen Proben eine überragende.

**Tab. 21:** Detritus Stationen

Stat. Nr.	Datum	Koordinaten		Tiefen (m)	Proben Anzahl
		N	E		
626	09. 07.	12°42'	48°27'		2
628	10. 07.	11°55'	43°45'	1, 100	2
642	14. 07.	18°40'	39°21'	1, 10, 40, 50	4
643	15. 07.	22°25'	37°00'	0, 6, 60, 80, 140	5
647	16. 07.	23°08'	37°01'	50, 100	2
649	16. 07.	23°08'	36°43'	10, 300, 800	3
650	16. 07.	23°01'	36°34'	10	1
651	16. 07.	22°54'	36°26'	10, 700	2
652	17. 07.	22°47'	36°20'	10, 150	2
657	18. 07.	23°20'	37°02'	10, 1400, 750	3
660	18. 07.	23°39'	36°37'	10, 200, 300, 400, 1000, 1410	6
662	19. 07.	23°07'	37°15'	10, 150, 200, 300, 500, 750	6
670	21. 07.	21°00'	38°07'	10, 150, 300, 500	4
672	22. 07.	19°44'	37°31'	10, 50	2
675	23. 07.	19°43'	37°29'	10, 140, 300, 500, 1500	5
684	26. 07.	21°24'	38°02'	10, 40, 50, 80, 175, 200, 250, 300, 350, 400	10
695	29. 07.	19°40'	38°41'	0, 10, 50, 80, 140, 140, 140	7
699	30. 07.	19°00'	39°13'	10, 50, 200	3
702	03. 08.	15°51'	41°43'	10, 40, 70, 300	4
706	05. 08.	14°38'	42°11'	10, 80, 300, 400	4
708	05. 08.	13°39'	42°37'	70, 150	2
714	06. 08.	12°41'	43°16'	10, 100, 200	3

### B. Plankton-Lebendphotographie:

Proben des Multischließnetzes und Moccus wurden einzelne Tiere und Pflanzen lebend entnommen und mit Blitz unter dem Mikroskop bei unterschiedlichen Vergrößerungen fotografiert (Objektive 1 x, 2.5 x, 10 x und Optovar-Faktoren 1 x, 1.25 x, 1.6 x; 2 x). Besonderer Wert wurde dabei auf meroplanktische Larven, auf Copepoden und auf solche Arten gelegt, die auf der Reise ökologisch untersucht wurden. Tiere, die noch nicht einer Art zugeordnet werden konnten, wurden zur späteren Bestimmung an Land in Probenfläschchen aufbewahrt.

Insgesamt wurde Mikro- und Mesozooplankton auf 45 Filmen festgehalten. Einige Aufnahmen von größeren Tieren, die im Photoaquarium hergestellt wurden, ergänzen die Dokumentation. Vier Filme wurden zur Prüfung des Aufnahmeverfahrens an Bord entwickelt.

Die Gesamtentwicklung der Filme nach der Reise zeigte eine sehr hohe und qualitativ gute Ausbeute. Eine Auswahl der Lebendaufnahmen, die ein großes Spektrum der Planktontiere umfassen, wurde bereits in einer Ausstellung im AWI vorgestellt. Die Bilddokumentation wird beim Bearbeiter für die wissenschaftliche Nutzung und Auswertung aufbewahrt.

### C. Brachyuren Larven:

Die Brachyuren Larven sollen quantitativ bestimmt werden. Um die taxonomische Zuordnung anhand morphologischer Merkmale zu ergänzen bzw. zu erleichtern, wurde die Färbung, insbesondere auch die Anordnung der Chromatophoren, durch Lebendphotographie festgehalten.

Brachyuren Larven (Zoeen und Megalopen) wurden besonders häufig im Golf von Tadjoura in nächtlichen Oberflächenproben gefunden. Eine Art, wahrscheinlich eine Schwimmkrabbe (Portunidae?), war dort überaus zahlreich.

#### 5.5.1.4 Primärproduktion und Mikroheterotrophes Zooplankton (A. Moigis)

##### *Fragestellung*

Die Beweidung des Phytoplanktons durch heterotrophes Mikrozooplankton und sein Einfluß auf Primärproduktion und Phytoplanktonbestand.

Die Versuche verfolgten die nachstehenden zugeordneten Zielsetzungen, wobei die Picofraktion des Phytoplanktons besonders berücksichtigt wurde:

- die großräumige Aufnahme der Bestände des Phytoplanktons (gemessen als Chlorophyll) und des Mikrozooplanktons,
- die Vertikalverteilung von Chlorophyll-a (Chl.- a) und seiner Abbauprodukte in Beziehung zum mikroheterotrophen Zooplankton,
- die in situ-Kohlenstoffassimilation des Phytoplanktons (ohne und mit Einschluß des Grazings),
- Beziehungen zwischen Phytoplanktonwachstum und mikroheterotropher Zehrung,

- ein Vergleich der C14-Aufnahmerate mit Phytoplanktonwachstum und Zooplankton-Grazing zur Gütebewertung der C14-Methode.

Die Untersuchungen erfolgten auf dem Hintergrund eines sich mit der geographischen Breite verändernden Umweltklimas, wie Temperatur, Salzgehalt und Nährstoffangebot, das besonders im südlichen Roten Meer durch den Einstrom von Wasser aus dem Golf von Aden bestimmt wird.

#### *Material und Methode*

Wasser für die einzelnen Variablen wurde auf insgesamt 31 Stationen mit einer großen selbstgesteuerten Rosette gesammelt, die von Herrn Prof. Lenz, IfM Kiel, überlassen wurde. Sie war mit sechs 30 l Niskin Schöpfern besetzt.

Die Standardtiefen zwischen 0-100 m betragen 10 m. Sie verteilten sich auf zwei aufeinanderfolgende Profile von 0-50 m und 60-140 m. Gelegentlich wurde auch Wasser aus 150 m und 200 m Tiefe aus den 5 l Niskin Schöpfern der Kombination CTD-Sonde/Rosette verwendet. Diese wurde unmittelbar vor oder nach der großen Rosette gefahren.

Am 17. Juli wurde während der Überflugzeit von TIROS 7 mit der Pütz alle drei Minuten Wasser über eine Strecke von etwa einer Seemeile genommen (Tab. 22). Die Zielsetzung, anhand von Satellitenaufnahmen die Variabilität des Chlorophylls und der Partikulärschubstanz großskalig zu ermitteln, konnte jedoch wegen zeitgebundener Messungen des Hauptprogramms nicht weiterverfolgt werden.

**Tab. 22:** Blualgen Survey

Pütz-Nr.	UTC	Position	
		Breite °N	Länge °E
1	12. 18	23°22. 9	36°37. 2
2	12. 22	23°23. 0	36°37. 1
3	12. 25	23°23. 058	36°37. 002
4	12. 28	23°23. 200	36°36. 962
5	12. 31	23°23. 304	36°36. 935
6	12. 34	23°23. 468	36°36. 888
7	12. 37	23°23. 606	36°36. 850
8	12. 40	23°23. 735	36°36. 815
9	12. 43	23°23. 868	36°36. 780
10	12. 46	23°23. 996	36°36. 741
11	12. 49	23°24. 126	36°36. 703
12	12. 52	23°24. 272	36°36. 663

Schiffsgeschwindigkeit ca. 2.1 kn; Kurs 320°

Chlorophyll-a und Phäopigmente wurden mit einem Turner Fluorometer, Modell 111, gemessen. Die Eichung des Gerätes mit 90 % Acetonextrakt aus reinem Chl.-a der Fa. Sigma sowie die Berechnung der Konzentrationen erfolgte nach PARSON et al. (1984).

Die Picofraktion des Phytoplanktons ( $< 2 \mu\text{m}$ ) wurde auf 25 Stationen durch Filtration von 1 l Wasser über 2-3  $\mu\text{m}$  Gaze gewonnen. Für die spätere HPLC-Analyse der chloroplastischen Komponenten wurden über GFF-Filter 2 l Wasser filtriert. Für die spätere taxonomische Analyse des Mikrozooplanktons an Land wurden 250 ml Wasser mit 3 ml gepuffertem Formalin konserviert.

Die Primärproduktion wurde in situ aus jeweils einer Dunkelflasche und zwei hellen Flaschen bestimmt. Die 250 ml-Flaschen wurden an einer Driftkette befestigt und in den Chl.-a Entnahmetiefen exponiert. Nach der Inkubation wurde allen Flaschen je eine 75 ml Teilprobe zur Produktionsbestimmung der Zellfraktionen  $< 2 \mu\text{m}$ , 2-20  $\mu\text{m}$  und  $> 20 \mu\text{m}$  entnommen. Zusätzlich zur Secchi-Tiefe wurde mit einem Licor-Quantameter die Lichtintensität alle 5 m bis in 60 m Tiefe gemessen. Der Einsatz eines Turbulenzinkubators zur Bestimmung der etwaigen Lichthemmung der Kohlenstoffassimilation an der Meeresoberfläche mußte nach zwei erfolglosen Versuchen wegen eines irreparablen technischen Defektes aufgegeben werden.

Der Weideeinfluß des heterotrophen Mikrozooplanktons wurde nach der Methode von LANDRY und HASSET (1982) ermittelt. Dabei wird die Wachstumsrate des Phytoplanktons (absolute Wachstumsrate minus Beweidung) gegen feststehende Verdünnungen der Originalprobe mit gefiltertem Wasser bestimmt. Die Versuche erfolgten in einem durchströmten Wasserbad im Schiffsschatten an Deck. Versuche im östlichen Mittelmeer (Fahrabschnitt 1) hatten gezeigt, daß direkte Sonneneinstrahlung Photoinhibition verursacht.

Dieselbe Methode wurde auch angewendet, um die absolute Wachstumsrate des Phytoplanktons zu bestimmen. Die Ergebnisse dieser Versuche erlauben es, die mit der C14 Methode erhaltenen Assimilationsraten auf ihre ökologische Relevanz zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurden 100 ml, später 250 ml C14-Inkubationsflaschen zusammen mit den Flaschen der Grazing Versuche im Wasserbad plaziert.

Die mit den einzelnen Experimenten belegten Stationen sind in Kapitel 7.4.8 aufgelistet.

#### *Erste Ergebnisse*

Primärproduktion und Chlorophyllbestand zeigten den erwarteten Nord-Süd-Anstieg. Moderate oligotrophe Bedingungen wurden in sudanesischen Gewässern gemessen. Im südlichen Roten Meer und im Golf von Aden lag die Produktion bei 500 mg C/m<sup>2</sup>d und in der Straße von Bab-el-Mandeb deutlich darüber. Der Phytoplanktonbestand in der Straße war mit 40 mg Chl.-a m<sup>2</sup> etwa doppelt so groß wie in den anderen Gebieten. Der Anteil des Picoplanktons ( $< 2 \mu\text{m}$ ) war für beide Variablen gleichermaßen praktisch gegenläufig. Die niedrigsten relativen Werte wurden im Golf von Aden (73 % der Gesamtkohlenstoffixierung) und in Bab-el-Mandeb (50 % des Gesamtchlorophylls) gemessen.

Die mittlere Kompensationstiefe nahm von 70 m im zentralen Roten Meer auf 40 m und weniger im südlichen Teil und Bab-el-Mandeb ab. Diesen Tiefen entsprach in etwa auch die Lage des Chlorophyllmaximums, dem in der Regel das Phäophytinmaximum benachbart war.

Die Wachstumsrate des Phytoplanktons (0,45/Stunde) befand sich mit der Weiderate des Mikrozooplanktons (0,43/Stunde) im Gleichgewicht. Beide Raten erscheinen im Vergleich zu solchen aus anderen Meeren deutlich erhöht und können auf die hohen Wassertemperaturen von 29°-34°C zurückgeführt werden.

### 5.5.1.5 Chlorophyll-a Gehalt und Bioaktivität von Phytoplankton (G. Pätzold, R. Sachse)

#### *Fragestellung*

Chlorophyllgehaltsbestimmung und Vitalitätsmessung mit einem Impulslichtfluorometer eigener Konstruktion.

#### *Material und Methoden*

Durch die Absorption von Quanten roter (680 nm) oder blauer (440 nm) Strahlung gehen Chlorophyll-a Moleküle vom Grundzustand in einen angeregten Zustand über. Den Chlorophyll-a Molekülen eines funktionstüchtigen Photosyntheseapparates stehen dann über Deexcitationsprozesse folgende drei Hauptenergiepfade offen:

- 1 die absorbierte Energie wird zum Treiben der Elektronen-Transportkette benutzt und führt somit in die Photosynthesereaktion,
- 2 die aufgenommene Energie wird als rotes (682 nm) Fluoreszenzlicht emittiert,
- 3 die Energie wird über sogenannte strahlungslose Übergänge in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben.

Die drei Vorgänge stehen miteinander in Konkurrenz. Wird ein photosynthetisch aktiver Organismus, z.B. Phytoplankton, direkt nach der Probenahme mit den wirksamen Lichtqualitäten bestrahlt, so ist ein relativ niedriger Fluoreszenzwert meßbar. Er ist ein Maß für die tatsächliche Photosyntheseleistung in Kombination mit der Chlorophyll-a Konzentration. Darüber hinaus gilt seine Größe als ein Parameter, der den physiologischen Zustand, wie Alter, Ernährungsbedingungen, Streß etc. der beprobten Phytoplanktonpopulation beschreibt.

Wird die Photosynthesereaktion hingegen durch geeignete Inhibitoren, wie z.B. das Herbizid CMU, blockiert, so erhöht sich die Übergangswahrscheinlichkeit für die Fluoreszenzemission und die thermische Deexcitation. Die daraus resultierende Fluoreszenz ist zeitlich konstant und kann nicht weiter gesteigert werden. Sie ist vom physiologischen Zustand des Phytoplanktons nahezu unabhängig und direkt proportional zur Chlorophyll-a Konzentration.

Daraus folgt:

- durch die Herbizid-Intoxikation sind nach entsprechender Eichung Fluoreszenzwerte

ermittelbar, die mit der angeregten Chlorophyll-a Konzentration in der Probe korrelieren;

- die relative Differenz zwischen der Fluoreszenz vor und nach CMU-Intoxikation (Vergiftungseffekt) liefert Daten, die mit der potentiellen Photosyntheseleistung korreliert sind (Bioaktivität).

Die Messungen erfolgten an 33 Stationen, die sich vom nördlichen Sudan bis zur äthiopischen Grenze und weiter durch die Gewässer des Nordjemen und die Straße von Bab-el-Mandeb bis in den Golf von Aden verteilen (Kapitel 7.4.9). Die Tiefenauflösung bis 100 m erfolgte in 10 m-Stufen. Eine weitere Meßtiefe lag in 140 m Tiefe, die vereinzelt durch eine solche in 200 m Tiefe ergänzt wurde. Sowohl die Chlorophyll-a Konzentration als auch die Bioaktivität wurden gemessen. Ihre Bestimmung resultierte aus den Fluoreszenzmittelwerten einer Serie von 10 Excitationsimpulsen, die jeweils vor als auch nach CMU-Intoxication gezündet wurden. Zwecks statistischer Überprüfung wurden alle impulsfluorometrischen Messungen mit Parallelproben durchgeführt. An fast jeder Station wurden die Secchitiefe und mit einem Quantameter die Strahlungsmenge in Abhängigkeit von der Tiefe gemessen.

Ferner wurden vergleichende Impuls-Fluoreszenzmessungen zur etablierten Turner-Fluorometermessung an acetonischen Chlorophyllextrakten durchgeführt.

Eichversuche mit dem extrem empfindlichen Impulsfluorometer, das Messungen bis in die Größenordnungen von  $10^{-4}$  µg Chl.-a pro 50 ml Probe in vivo erlaubte, führten zu einem Filter/Fraktionierungsexperiment: Seewasser des Chlorophyllmaximums wurde nacheinander durch Filter von ca. 0,8µm, 0,45 µm und 0,2 µm Porengröße gesogen. Die Filter wurden acetonisch extrahiert und die Extrakte impulsfluorometrisch ausgewertet. Die Filtrate der einzelnen Fraktionen wurden ebenfalls impulsfluorometrisch, sowohl vor als auch nach CMU-Intoxikation, gemessen.

In einem weiteren Experiment wurde Oberflächenwasser aus ca. 3,5 m Tiefe des Suez Kanals an 19 Stationen, ausgehend von Suez über Port Said bis in das östliche Mittelmeer, mit dem bordeigenen Pumpsystem entnommen und impulsfluorometrisch untersucht (Kapitel 7.4.10).

#### *Erste Ergebnisse*

Die an Bord verfügbaren Spektralphotometer ergaben bei der Bestimmung einer Chlorophyll-a Eichlösung keine reproduzierbaren Werte. Endgültige quantitative Ergebnisse sind daher erst nach gründlicher Überprüfung der Chlorophyll-Standardlösung an Land und der anschließenden Auswertung möglich.

Die höchsten Chl.-a Konzentrationen wurden in der Straße von Bab-el-Mandeb gefunden. Der Chl.-a Gehalt betrug, bei einem Maximum in einer Tiefe von 10-20 m, bis zu 0,6 µg Chl.-a/l.

In den angrenzenden Gewässern des Nordjemen sank das Chl.-a Maximum nach Norden zunehmend in Tiefen von 30-70 m ab. Die Konzentrationen waren dort, im südlichen Roten Meer, insgesamt niedriger und lagen um 0,2 µg Chl.-a/l.

In sudanesischen Gewässern, dem zentralen Roten Meer, lag das Chl.-a Maximum zwischen 70 und 80 m Tiefe. Mit 0,1-0,2 µg Chl.-a/l wurden die geringsten Konzentrationen gemessen.

Die Fluoreszenzmessungen im gut durchmischten Suez Kanal-Wasser (13. Schiff im Konvoi) ergaben kontinuierlich zunehmende Chl.-a Gehalte in nördlicher Richtung. Der Anfangswert bei Suez war um etwa den Faktor 5 kleiner als Werte in der Gegend von Port Said. Der Übergang ins östliche Mittelmeer erfolgte abrupt: Innerhalb kürzester Distanz wurden Fluoreszenzwerte ermittelt, die denen im Roten Meer entsprechen oder sogar noch darunter liegen.

Erste Abschätzungen scheinen zu belegen, daß die Impulsfluorometrie Chl.-a Konzentrationen in vivo bestimmen kann. Die Meßwerte liegen mindestens in der gleichen Größenordnung, wie die mit der Turner-Fluorometermethode ermittelten Werte nach Anreicherung und acetonischer Extraktion.

Der Fraktionierungsversuch läßt die Annahme zu, daß nach Filtration mit den üblicherweise benutzten Filtern (Glasfaser: Watman GF/F, Porengröße ca. 0,8 µm, Membranfilter: Sartorius, Porengr. 0,45 µm und Nucleopor: Porengröße 0,2 µm) selbst im Filtrat der feinsten Fraktion Chl.-a Konzentrationen ermittelbar sind. Auch in diesem Filtrat scheint demnach ein Vergiftungseffekt (Bioaktivität) vorhanden zu sein.

#### 5.5.1.6 Nährstoffchemie (S. Luck, T. Eggert, K. Stoob)

##### *Fragestellung*

Die Nährstoffverteilung im Roten Meer und nördlichen Golf von Aden unter besonderer Berücksichtigung des Strömungsgeschehens in den oberen 200 m.

Folgende Aspekte wurden untersucht:

- 1 Die Vertikalverteilung der Nährstoffe in der Wassersäule unter besonderer Berücksichtigung der euphotischen Zone,
- 2 großräumige Konzentrationsunterschiede im Roten Meer und ihre Beziehung zum Wasseraustausch mit dem Golf von Aden,
- 3 feinskalige Verteilungsunterschiede im Bereich eines vermuteten antizyklonalen Wirbels vor dem Nordsudan.

##### *Material und Methoden*

Nährstoffanalysen wurden auf insgesamt 32 Stationen durchgeführt. Sie erfolgten in der Regel an Zwillingsproben des Wassers, das für die Bestimmung der Primärproduktion und des Chlorophyllgehaltes gesammelt wurde.

Beprobt wurden drei Radialschnitte vor dem Nordsudan während der physikalischen Vermessung des geostrophischen Wirbels. Der Längsschnitt über dem Axialgraben zur Untersuchung großräumiger Unterschiede entfällt auf die Gebiete des Sudan und Nordjemen,

einschließlich der Straße von Bab-el-Mandeb. Die Probennahmen im Golf von Aden fanden jeweils am Anfang und Ende der Reise statt.

Wasser wurde in jeweils zwei Serien mit einem Kranzwasserschöpfer, der mit sechs 30 l Niskin Schöpfern bestückt war, in 10 m-Stufen von 0-100 m und in 140 m Tiefe gesammelt. Ergänzende Entnahmen mit 5 l Niskin Schöpfern erfolgten mit der Rosette der CTD-Sonde aus größeren, allerdings wechselnden Tiefen. Aus diesen Proben wurde zusätzlich der Sauerstoffgehalt als Serviceleistung für die Arbeitsgruppe "Physikalische Ozeanographie" bestimmt.

Als Nährstoffe wurden Ammonium, Nitrit, Nitrat, Silikat, Ortho-Phosphat, organisch gelöstes und partikuläres Phosphat gemessen. Die Analysen basieren auf den Methoden von GRASSHOFF (1976). Sie wurden manuell durchgeführt.

Das Prinzip sämtlicher Bestimmungen ist die Bildung von Farbkomplexen, die photometrisch als Extinktionen mit einem Spektralphotometer der Firma Perkin Elmer gemessen wurden. Je nach Nährstoffkonzentration wurden Küvetten von 5 cm bzw. 2 cm Schichttiefe verwendet.

Sämtliche Proben, die für die Phosphatanalysen bestimmt waren, wurden über GF/C Filter filtriert, um die gelösten organischen Substanzen von den partikulären Phosphatbestandteilen zu trennen. Die Filter wurden für die Analyse im Institut tiefgefroren.

Für die Parameter Ammonium und Silikat ist noch eine Salzkorrektur notwendig, da das natürliche Seewasser durch seine Pufferkapazität die Farbkomplexbildung beeinträchtigt. Die Darstellung der vorläufigen Befunde beschränkt sich deshalb auf die Parameter Ortho-Phosphat, Nitrat und Nitrit.

Meßstationen, Nr.: 626, 628, 631, 634, 641 - 43, 648, 650, 652,  
653, 658, 661, 663, 668, 672, 673, 675, 678,  
681, 684, 691, 693, 695, 699, 702, 704, 707,  
708, 715, 718, 719.

### *Erste Ergebnisse*

Die Vertikalverteilung der Nährstoffkonzentration innerhalb der euphotischen Zone: Oberhalb und in der Sprungschicht, die je nach geographischer Position bei 50-80 m Tiefe lag, konnte für die Nährstoffe Nitrat und Ortho-Phosphat eine starke Zehrung festgestellt werden. Die Konzentration lag für Nitrat bei 0,6  $\mu\text{mol/l}$ ; für Phosphat lag sie bei 0,06  $\mu\text{mol/l}$  und damit an der Genauigkeitsgrenze des Photometers.

Dicht unterhalb der Temperatursprungschicht nahm die Konzentration beider Nährstoffe langsam zu. In 140 m Tiefe wurden für Nitrat Werte bis zu 8  $\mu\text{mol/l}$ , für Ortho-Phosphat von 0,4  $\mu\text{mol/l}$  gemessen.

Nitrit zeigte bei ebenfalls sehr geringen Konzentrationen in der Regel direkt unterhalb der Sprungschicht ein Maximum mit Werten bis zu  $0,3 \mu\text{mol/l}$ .

**Gesamtiefenprofile:**

Der unterhalb der euphotischen Zone beobachtete Nährstoffanstieg setzte sich bis in ca. 300 m Wassertiefe fort. Dort erreichte er sein Maximum, wobei sich die Konzentrationen in Größenordnungen von  $> 20 \mu\text{mol/l}$  für Nitrat und  $> 1 \mu\text{mol/l}$  für Ortho-Phosphat bewegten.

**Geographische Unterschiede entlang des Axialschnittes:**

Der Längsschnitt im Verlauf des Axialgrabens zeigt von Norden nach Süden eine Zunahme der Nährstoffkonzentration. Innerhalb der nordjemenitischen Gewässer ist der Anstieg in der Deckschicht signifikant und auf den Einstrom des Golf-von-Aden-Wassers zurückzuführen. Das damit verbundene Zwischenmaximum der Nährstoffkonzentrationen in 30-60 m Tiefe fehlt auf allen Stationen, die im Gebiet des Sudan liegen.

Die Stationen im Golf von Aden weisen im Vergleich zum Roten Meer über die gesamte Wassersäule höhere Nährstoffkonzentrationen auf.

**Das Gebiet des mesoskaligen Wirbels vor dem Nordsudan:**

Im Gegensatz zu den gemessenen physikalischen Parametern konnte für die Nährstoffe bisher keine Submergenz der Linien gleicher Konzentration in Richtung zum Zentrum des geostrophischen Wirbels festgestellt werden. Die in der euphotischen Zone insgesamt sehr geringen Konzentrationen waren jedoch in Riffnähe leicht erhöht.

### **5.5.1.7 Strömungsmessungen (H. Giese)**

#### *Fragestellung*

Strömungsmessungen zur Untersuchung des Wasseraustausches zwischen dem Roten Meer und Golf von Aden.

#### *Material und Methoden*

Im Hoheitsgebiet von Djibouti wurden am 12.07.87 auf den in Tabelle 23 angegebenen Positionen 3 Verankerungen mit insgesamt 11 Geräten ausgelegt. Gemessen wurden neben Richtung und Geschwindigkeit (V) die Temperatur (T), der Druck (P) sowie die Leitfähigkeit (L). Die Temperatursensoren erhielten einen erweiterten Meßbereich ( $10^{\circ}\text{C}$  bis  $36^{\circ}\text{C}$ ).

Am 06.08.87 wurden alle Verankerungen ohne Schwierigkeiten geborgen. Im Rahmen einer vorläufigen Auswertung der Daten an Bord mit Hilfe eines PCs wurden Stunden-, Tages- und Gesamtmittelwerte der Strömungsrichtung und -geschwindigkeit sowie Häufigkeitsverteilungen berechnet. Alle Geräte hatten einwandfrei gearbeitet.

Die geplanten Langzeitmessungen in der Straße von Tiran mit Verankerungen vom Februar bis August mußten wegen der von Ägypten und Saudi Arabien nicht erteilten Forschungsge-

Tab. 23: Strommesserauslegungen

Stat. Nr.	Position	Wassertiefe (m)	Meßtiefe (m)	Geräte Nr.	Parameter
638	12°31.50' N 43°24.10' E	410	40	7264	VTPL
			140	6857	VTPL
			221	6835	VT
			273	6823	VT
			329	6119	VTPL
639	12°40.48' N 43°15.55' E	245	40	3954	VTP
			145	7247	VTPL
			205	7246	VT
			237	996	VTP
640	12°42.10' N 43°13.10' E	74	28	4746	VTPL
			68	4731	VT

nehmigungen entfallen.

#### *Erste Ergebnisse*

Genauere Angaben über Einstrom/Ausstrom, Gezeitenstrom und Eigenschwingungen sind erst nach einer eingehenden Analyse und Beurteilung der Meßzeitreihen möglich.

Nach vorläufigen Angaben von Herrn Dr. Mittelstaedt, DHI, deuten sich eine nordwestliche Einstromlage in der etwa 50 m mächtigen Deckschicht und ein nach Süden gerichteter Ausstrom in größeren Tiefen an. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß die Innertropische Konvergenz (ITC) vom 12. Juli bis zum 4. August nach Norden verschoben zwischen 13° und 20°N lag und im südlichsten Teil des Roten Meeres und in Bab-el-Mandeb Südostwinde von 2-4, teilweise 5-6 Bft. wehten. Erst nach dem 5. August lag die ITC auf einer südlicheren Position, zwischen 11°N und 15°N, und nordöstliche Winde traten auf (vgl. Kapitel 6.5).

Die stärksten Strömungsgeschwindigkeiten (Tagesmittelwerte) wurden bei den Verankerungen L 1 und L 2 mit 50-70 cm/s in Tiefen von 200 m gemessen. Die Stundenmittel in der Tiefe erreichten 70-110 cm/s. Die bei der flachen Verankerung K 1 gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten scheinen niedriger zu sein, ebenso wie die Stabilität der Strömungsrichtung (Tagesmittelwerte). Eigenbewegungen bzw. Neigungen der Verankerungen während der relativ starken Strömungsphasen sind bei diesen Angaben allerdings noch nicht berücksichtigt.

#### 5.5.2 Planktonische Foraminiferen und Gastropoden (C. Hemleben)

##### *Fragestellung*

Das Rote Meer weist als Extrembiotop eine kalkige Planktonfauna auf, die sich von Süden nach Norden drastisch ändert. Die planktonische Foraminiferenfauna wird etwa ab 18°N

durch spinose, carnivore Arten dominiert. Ein Grund hierfür mag ein sich qualitativ änderndes Nahrungsangebot sein. Aber auch das sich im Jahreszyklus umstellende Strömungssystem kann, zumindest im südlichen Roten Meer, eine Ursache für das Vorhandensein einer "normalen" Fauna sein, indem spinose und non-spinose Arten aus dem Golf von Aden nach Norden verdriftet werden.

Auf dem Reiseabschnitt METEOR 5/5, der in der Zielsetzung der Arbeitsgruppe als Fortsetzung des zweiten Fahrtabschnittes zu sehen ist, wurden weiterhin das Zusammenspiel von Strömung, Nahrung, Temperatur und Salinität in Beziehung zur Verbreitung des kalkigen Plankton untersucht.

Der Ausgangsplan der Arbeitsgruppe umfaßte folgende Themen:

- I Die vertikale Verbreitung planktonischer Foraminiferen und Hochseegastropoden.
  - 1 Tägliche Migration
  - 2 Mondabhängige Reproduktion bei planktonischen Foraminiferen
  
- II Die horizontale Verbreitung planktonischer Foraminiferen
  - 1 Faunenverteilung vom Golf von Aden bis ins nördliche Rote Meer
  - 2 Verteilung planktonischer Foraminiferen in der Straße von Bab-el-Mandeb und dem südlichen Roten Meer im saisonalen Wechsel des Zirkulationssystems
  
- III Kulturversuche mit *Globigerina bulloides* aus dem Auftriebsgebiet vom Golf von Aden und Bab-el-Mandeb
  
- IV Kulturversuche und Beobachtungen an planktonischen Gastropoden zur Ontogenie (Eier, schlüpfende Jungveliger und Metamorphose zu adulten Organismen) und dem Schwimmverhalten von Stadien
  
- V Fixierung von ontogenetischen Stadien planktonischer Foraminiferen für transmissions-elektronenmikroskopisch (TEM) Untersuchungen

#### 5.5.2.1 Planktonische Foraminiferen (A. Auras, J. Bijma)

##### *Material und Methoden*

Insgesamt wurden 62 Vertikalhols mit einem Multischließnetz genommen (Kapitel 7.4.11), das von der Arbeitsgruppe Dr. Weikert gestellt wurde. Auf das Rote Meer entfallen 40 Hols. Die ersten fünf der 22 Hols im Golf von Aden sind nur eingeschränkt verwertbar, da die Tiefenordnung der Einzelnetze nicht sicher ist. Die Auslösewelle des Gerätes, das seit dem Fahrtabschnitt 2 (Februar) anderen Arbeitsgruppen zur Verfügung stand, war verzogen, so daß mindestens ein Netz nicht öffnete. Bemerkenswert war die teilweise erhebliche Kontamination im letzten Netzbeutel, der in jedem Fall geschlossen blieb.

57 der 62 Hols wurden mit 100 µm Netzen gefahren. Zur Erfassung der kleinen Arten (*Globigerina quinqueloba*, sowie 2- und 3zeilige planktonische Foraminiferen) wurden zusätzlich vier 55 µm Fänge genommen. Als Fangtiefen wurden gewählt: 500-200-100-50-25-0 m bzw. 100-80-60-40-20-0 m. Ein 55 µm Netz wurde aus 700 m, ein 100 µm Netz aus 450 m hochgezogen.

Überwiegend auf den Dampfstrecken wurden zusätzliche Proben mit einer Feuerlöschpumpe (Kreiselpumpe) genommen. Vergleichsproben aus der Membranpumpe des Schiffes zeigten, daß vor allem die großen Arten durch die Kreiselpumpe zerschlagen wurden.

Direkt nach der Probennahme wurde ein Großteil der Foraminiferen aus der Probe abgeseigert und die Probe beschrieben. Es wurde dabei vor allem auf die artliche Zusammensetzung der Foraminiferen Fauna und die ontogenetischen Stadien der einzelnen Arten (auch terminale Stadien wie z.B. Sac-Kammern bei *Globigerinoides sacculifer*), sowie auf den Zustand des Cytoplasmas geachtet.

Insgesamt wurden von 15 Arten TEM-Fixierungen durchgeführt. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung verschiedener ontogenetischer Stadien gelegt, um einerseits die Nahrung während der Ontogenese genauer zu erfassen, andererseits um die Entwicklungsschritte während der Gametogenese besser zu verstehen.

### Erste Ergebnisse

Folgende Arten wurden festgestellt:

	Nördl. Rotes	Mittl. Meer	Südl.	Golf von Aden
<u>spinose Arten</u>				
<i>Globigerinoides sacculifer</i>	X	X	X	X
<i>G. ruber</i>	X	X	X	
<i>G. tenellus</i>	X	X	X	
<i>Globigerina rubescens</i>	X	X	X	X
<i>G. quinqueloba</i>	X	X	X	X
<i>G. calida</i>	X	X	X	X
<i>G. bulloides</i>	-	-	-	X
<i>Orbulina universa</i>	-	-	X	X
<u>nicht-spinose Arten</u>				
<i>Globorotalia menardii</i>	vereinzelt	vereinzelt	X	X
<i>G. scitula</i>	-	-	-	X
<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	-	-	X	X
<i>P. obliquiloculata</i>	-	-	-	X
<i>Globigerinita glutinata</i>	X	X	X	X
<i>Gümbelitrea vivans</i>	-	-	X	-
3 verschiedene Arten				
2-zeiliger Foraminiferen				
1. rot glatt	-	-	X	-
2. grün glatt	-	X	-	-
3. rot skulptiert	-	-	X	-

#### Tägliche Migration:

Die in der Literatur verbreiteten Daten über tagesperiodische Vertikalwanderungen planktonischer Foraminiferen sind z.T. sehr widersprüchlich. Daher sollte die Gelegenheit genutzt werden, entsprechende Fänge im Roten Meer zu erhalten. Neue Kenntnisse sind von großer Bedeutung bei der Interpretation der Zusammensetzung der stabilen Isotope in den Gehäusen.

Mit Blick auf die Fragestellung wurden die Netzfänge zeitlich so gewählt, daß sie die im zweiten Fahrtabschnitt (M 5/2) genommenen Proben derart vervollständigten, daß nunmehr "rund um die Uhr"-Fänge vorliegen. Bei Durchsicht der Proben herrschte der Eindruck vor, daß die planktonischen Foraminiferen, im Gegensatz zu vielen anderen Organismen, wie z.B. Copepoden, keine täglichen Vertikalwanderungen durchführten. Dies würde den Ergebnissen aus anderen ozeanischen Bereichen z.T. entsprechen.

#### Mondabhängige Reproduktion:

Aus früheren Oberflächenfängen, die von der Gruppe an den Meeresstationen auf Eilat, Barbados und Bermuda genommen wurden, ging hervor, daß *Hastigerina pelagica*, *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *Globigerinella aequilateralis* und *Orbulina universa* einen von der Mondphase abhängigen Reproduktionszyklus haben. Dabei nimmt die adulte Fraktion bis zum Vollmond relativ zu, verschwindet dann aber schlagartig aus dem Oberflächenwasser. Nach einigen Tagen findet sich in der oberen Wasserschicht ein Maximum an Juvenilen. Bis zum nächsten Vollmond wächst die neue Generation heran. *G. ruber* und *G. aequilateralis* zeigen ein weiteres Reproduktionsmaximum bei Neumond, was auf einen semilunaren Reproduktionszyklus hindeutet.

Die auf dem Fahrtabschnitt 5 genommenen vertikalen Hols haben die Ergebnisse des vorhergegangenen zweiten Abschnittes vervollständigt. Damit liegen nunmehr Proben über mindestens einen gesamten Mondzyklus vor. Die artspezifischen Ergebnisse waren bei der ersten Durchsicht teilweise sehr überraschend:

#### *Globigerinoides ruber*

Diese Art reproduziert sich bei Vollmond und bei Neumond, nicht tiefer als 40 Meter. Die ganze Population hat innerhalb von 3-4 Tagen die Gesamtontogenese durchlaufen.

#### *Globigerinoides sacculifer*

Kurz nach Vollmond wird diese Art in der Wassersäule zwischen 20 und 200 m Tiefe gefunden. Oberhalb 20 m treten innerhalb weniger Tage die ersten juvenilen Exemplare auf. Unterhalb von 200 m fanden sich nur leere Schalen oder adulte Individuen mit sehr blassem Plasma (TEM-Fixierungen sollen helfen, diese Stationen näher zu beschreiben). Die Masse der Reproduktionspopulation befindet sich zwischen 40 und 80 m Tiefe. Sie zeigt eine bemerkenswerte Zweiteilung. Zwischen 40 und 60 m befinden sich nur adulte und präadulte Individuen ohne aberrante Terminalstadien. Zwischen 60 und 80 m hat der größte Teil der Population (bis zu 90 %) eine sogenannte Sac-Kammer gebildet. Dieses Phänomen konnte nicht, wie bisher angenommen, mit der Lage der Thermokline oder Halokline korreliert

werden. Auch das Chlorophyllmaximum oder die Nährstoffverteilung scheinen unwichtig für diese 60 m Grenze.

Die Reproduktionstiefe liegt wahrscheinlich um die 100 m. Das wohl überraschendste Ergebnis war, daß die Reproduktion sich nicht schlagartig, wie bei *G. ruber*, vollzieht, sondern sich über 14 Tage hinzieht.

#### *Globigerinella aequilateralis*

Die Hauptreproduktionsperiode von *G. aequilateralis* fällt zwischen Neumond und Vollmond. Die Reproduktionstiefe liegt bei ca. 60 m. Schon zwei Tage nach Neumond erscheinen die ersten Juvenilen. Bis vier Tage vor Vollmond reproduziert sich der größte Teil der Population. Ein kleinerer Teil vollzieht die Gametogenese bis Vollmond. Ab Vollmond wird wieder verstärkt reproduziert, diesmal aber in tieferen Wasserschichten (zwischen 100 und 200 m).

Horizontale Faunenverteilung vom Golf von Aden bis in das zentrale Rote Meer:

Gemäß früheren Untersuchungen ist die Faunen Diversität im Golf von Aden am größten (s. auch Artenliste). Sowohl spinose, vorwiegend carnivore Arten, als auch nicht-spinose, vorwiegend herbivore Arten, sind vorhanden.

In der Straße von Bab-el-Mandeb ist die Fauna bereits stark reduziert. Die großen non-spinosen Arten wie *Globorotalia menardii*, *G. scitula*, *N. dutertrei* und *P. obliquiloculata* treten, wenn überhaupt, nur noch als Einzelexemplare auf. Insgesamt sind die Proben aus diesem Bereich die ärmsten überhaupt. *G. vivans* kommt in Sedimentproben im gesamten Roten Meer vor, wurde in den Netzen aber nur in der Straße von Bab-el-Mandeb gefunden. In der großen Fraktion ( $> 300 \mu\text{m}$ ) ist eine auffällige Änderung der Fauna von Süden nach Norden festzustellen. Im südlichen Roten Meer ist *G. aequilateralis* dominant, *G. ruber* ist mäßig bis häufig vorhanden. Im mittleren Roten Meer dagegen ist *G. sacculifer* eindeutig dominant; einige Proben bestehen zu 80 % aus *G. sacculifer*. In der kleineren Fraktion ( $< 300 \mu\text{m}$ ) wurde bei der semiquantitativen Bearbeitung kein auffälliges Verteilungsmuster beobachtet.

Verteilung planktonischer Foraminiferen in der Straße von Bab-el-Mandeb und im südlichen Roten Meer im saisonalen Wechsel des Zirkulationssystems:

Sowohl im Winter (mit dem Oberflächenwasser) als auch im Sommer (mit dem Zwischenwasser) können Faunenelemente aus dem Golf von Aden in das Rote Meer eingeführt werden. Uns interessiert insbesondere die Verteilung der nicht-spinosen Arten *Globorotalia menardii*, *N. dutertrei* und *P. obliquiloculata*. Diese Arten sind in Sedimentproben aus dem Golf von Aden häufig und in Proben aus dem südlichen bis mittleren Roten Meer vereinzelt anzutreffen. Eine Arbeitshypothese geht von der Möglichkeit aus, daß diese Arten aus dem Golf von Aden in das Rote Meer eingeführt werden und dort als expatrierte Fauna eine Zeitlang überleben. Eine andere Hypothese besagt, daß zumindest *G. menardii* im Roten Meer lebt, aber durch ein Nahrungsdefizit limitiert wird.

Bei der ersten Durchsicht der Proben des Abschnittes M 5/2 (Winter) wurde keine dieser Arten in der Straße von Bab-el-Mandeb und im südlichen Roten Meer gefunden. In den

Proben des Abschnittes 5 jedoch traten vorwiegend juvenile *G. menardii* in der Straße von Bab-el-Mandeb und im südlichen Roten Meer auf. Eine einzelne kleine *G. menardii* wurde in einer Probe von Station 674 (19°39'N), eine weitere sogar auf Station 653 (23°23'N) gefunden. Da nach Literaturangaben das Zwischenwasser generell nicht so weit nach Norden vordringen soll und nach diesen Quellen außerdem das Sommerströmungsmuster wahrscheinlich erst seit einem Monat bestand, können zumindest diese beiden Tiere nicht mit dem diesjährigen Zwischenwasser eingewandert sein. So bleibt weiterhin die Frage offen, ob diese Tiere im Winter mit dem Oberflächenwasser aus dem Golf gekommen sind, oder ob doch eine sehr reduzierte Population im Roten Meer lebt.

Kulturversuche mit *Globigerina bulloides*:

*G. bulloides* kommt in gemäßigten und subpolaren Bereichen vor. Aufgrund ihres generell opportunistischen Verhaltens wird sie auch in tropischen Auftriebsgewässern angetroffen. Sie ist damit eine Indikatorart für Auftriebswasser. Leider hatte der Auftrieb im Golf von Aden Anfang Juli noch nicht das Ausmaß erreicht, das wir erhofft hatten. Die Folge war, daß nur 20 Tiere kultiviert werden konnten.

Fixierungen:

Sowohl bei *G. ruber* als auch bei *G. sacculifer*, *G. aequilateralis* und *G. glutinata* konnte die gametogenetische Kalzifikation deutlich beobachtet werden. Besonders eindrucksvoll sind die Veränderungen der Plasmafärbung bei *G. aequilateralis*. Die präadulten Exemplare haben in der Regel grünliches Plasma, bedingt durch Symbionten, adulte Tiere hingegen zeigen durch eine orange-rote Färbung des Plasmas die bevorstehende Gametogenese an.

### 5.5.2.2 Planktonisch lebende Gastropoden (K. Bandel)

#### *Material und Methoden*

Untersuchungsmaterial lieferten die integrierten Fänge des Mocness (333 µm), der 100 µm und 300 µm Mehrfachschlieβnetze sowie die Fänge mit dem Neustonschlitten (300 µm). Sie wurden sämtlich von der Gruppe Dr. Weikert bereitgestellt.

#### *Erste Ergebnisse*

Die Beobachtungen lebender planktonischer Gastropoden hatten zum Ziel, die Ontogenie der verschiedenen Arten zu erhellen, um die während der Ontogenie auftretenden verschiedenartigen Gehäusetypen den entsprechenden Arten zuordnen zu können. Mit Hilfe dieser Ergebnisse sind die vorliegenden Planktonfänge aus definierten Tiefen quantitativ erfaßbar und die im Sediment vorhandenen Artenassoziationen besser zu interpretieren. Insgesamt konnten 80 Arten beobachtet und in ihren verschiedenen ontogenetischen Stadien photographiert werden.

Bei gänzlich planktonisch lebenden Schnecken konnte der Lebenszyklus vom Ei bis zum Adultus für die Gattungen *Ianthina*, *Cavolinia*, *Lima-cina*, *Creseis*, *Diacria*, *Peraclis*, *Clio*, *Atlanta* sowie zwei noch nicht näher bestimmte Gymnosomata Gattungen erfaßt werden.

Fragen der Abhängigkeit von Eigröße zu Schlüpfmodus bei Pteropoden konnten erklärt werden. Der Umbau des kleinen und schmalen Jugendgehäuses von *Cavolinia* zum bauchigen großen Adultgehäuse wurde beobachtet und damit die Problematik der von Van der Spoel beschriebenen "skinny"- und "minute"-Stadien gelöst. Die Embryonalentwicklung von *Limacina inflata* im Schutz des Adultgehäuses konnte geklärt werden.

Bei Schneckenarten, deren Veligerlarven über längere Zeit im Plankton verweilen und sich dort vom Phytoplankton ernähren, während die Erwachsenenstadien im Benthos besonders der Riffe und Rifflagunen leben, wurden einige funktionelle Fragen der Schalenbildung und Veligermorphologie gelöst sowie weitere Daten zur Bestimmung der Larven zusammengetragen. Es ergaben sich Formengruppen, die bestimmten systematischen Einheiten zuzuordnen sind. Von besonderem Wert ist, daß nunmehr Veliger der Arten mit planktotrophen Laven der nachfolgenden Überfamilien deutlich voneinander zu unterscheiden sind und quantitativ abgegrenzt werden können: Cerithiaceen, Neritaceen; Cypraeaceen; Tonnaceen, Tectibranchia/Pyramidellaceen, Architectonicaceen, Epitoniaceen, Eulimaceen, Strombaceen, Muriaceen und Conaceen. Unterschiede ergaben sich besonders für die Organisation des Weichkörpers, Velums, Fußes und Mantelsaumes. Ähnliche Differenzierungen werden eventuell für die Calyptraeaceen, Vitrinelliden, Littorinaceen und Rissoaceen anhand der Skizzen am fixierten Material erarbeitbar sein. Sobald diese Daten mit SCAN-Bildern des Gehäuses belegt sind, werden sie sich auf die quantitativen Proben der Planktonfänge dieser METEOR-Reise anwenden lassen.

Der Bau spezieller Larvengehäuse wie der Echinospira-Scaphoconcha von Lamellariiden, Triviiden und Trichotropiden/Capuliden sowie der Leichtbauschale mit Außenüberkleidung durch Periostracum von Tonnaceen wurde beobachtet und erklärt. Ein besonderer Einsatz von Mantelhüllen konnten bei Veligern der Arten der Cypaeiden, Ovuliden, Ficiden und Aplysiiden festgestellt werden.

### 5.5.3 **Physikalische Ozeanographie** (D. Quadfasel, K. Schulze, N. Verch)

#### *Fragestellung*

Im Auftrag von Herrn Dr. Quadfasel, der an der Reise nicht teilnahm, wurden zwei Zielsetzungen verfolgt:

- die hydrographische Vermessung des Tiefenwassers, um im Vergleich zur Aufnahme in Fahrabschnitt 2 Aussagen über dessen Erneuerung machen zu können und
- die detaillierte Vermessung des stationären Wirbels bei 23°N.

Nicht untersucht werden konnte die Ausbreitung des Rotmeerwassers im Golf von Aden, da der Südjemen keine Forschungserlaubnis erteilt hatte.

#### *Material und Methode*

Insgesamt wurden 57 CTD-Stationen auf 5 Schnitten gefahren; zwei Zentralachsenschnitte im Bereich vor Nordjemen und Sudan sowie drei Radialschnitte, ausgehend vom Zentrum des

Wirbels bei 23°N.

Zur kontinuierlichen Erfassung der Meßdaten diente eine ME-Multisonde kombiniert mit einer Rosette, die zwölf 5 l Niskin Wasserschöpfer faßte. Nach Wassereinbruch in die zentrale Auslöseeinheit für die Wasserschöpfer mußten einige Stecker abgedichtet werden, so daß etwa ab Mitte der Reise nur noch 7 Schöpfer zur Verfügung standen. Die Wasserproben dienten zur Sauerstoffbestimmung (Winkler-Methode) sowie Kalibrierung der CTD-Sonde. Dazu waren 5 Schöpfer mit je 2 geschützten und einem ungeschützten Kippthermometer ausgestattet.

Insgesamt wurden über 200 Vergleichsmessungen zur Eichung der Temperatur- und Drucksensoren durchgeführt. Für die Salzanalyse mit dem Salinometer wurden ca. 400 Proben gewonnen. Wegen eines Defektes am Salinometer konnten diese jedoch nicht an Bord analysiert werden.

Die CTD-Daten wurden auf Magnetband mit einer Frequenz von 8 Hz gespeichert, sowie auf einem Kontron Rechner (0,5 Hz) für Erstausswertungen (Profilplots).

#### 5.5.4 Activities of the I.O., Port Sudan (H. Dirar Nasr)

##### *Purpose of participation*

- The Institute of Oceanography at Port Sudan (I.O.) intends to participate in research activities in the Red Sea.
- The Sudanese Ministry of Foreign Affairs wishes to have a Sudanese scientist on board of all research vessels conducting research in Sudanese waters.
- I have personal interest in a similar but very modest programme on coastal waters, so I was able to achieve the following aboard METEOR:

##### *Activities*

- (1) I contacted various scientists on board and learned
  - a new quick method of determining chlorophyll content by impulsfluorometry (see chapter 5.5.1.5),
  - to stain, photograph and analyze suspended particles (see 5.5.1.3),
  - from Dr. Weikert's Group to identify some copepods brought from I.O., which were used in thermal pollution experiments, as well as
  - to collect some important literature for the identification of Red Sea zooplankton species.
- (2) I observed the operation of various devices and instruments.
- (3) My most important achievement was to collect zooplankton samples with a neuston sledge (horizontal hauls) and a multiple opening/closing net (vertical hauls) at various depths.

My colleague, Dr. Dafalla, collected phytoplankton samples along a transect from the Central Red Sea to Sudanese coastal waters during the winter of 1987. We are now planning to make a comparative study of our coastal plankton fauna, which we are collecting as part of an institute project.

I would like to thank Dr. Weikert and his scientific staff for their help and cooperation, and I appreciate the friendly cooperation of all the scientists and crew on board the METEOR.

## **5.6 Sechster Fahrtabschnitt**

### **5.6.1 Tracer Ozeanographie**

(G. Bader, G. Fraas, M. Hausmann, H.G. Junghans, E. Plep, I. Rau, W. Roether, R. Schlitzer)

Aufgabe der Gruppe war es, in Zusammenarbeit mit der CTD-Gruppe des OGS Triest die hydrographischen, Nährstoff- und Tracerprobennahmen sowie die Salzgehalts- und Freonmessungen durchzuführen. Als zentrale Geräte standen hierfür eine neu erworbene 24 x 10 l-Wasserschöpferrosette und ein Autosal Salinometer zur Verfügung (Kapitel 5.6.2). In Heraklion stellten wir fest, daß die vorgesehene Ersatzrosette des IfM Kiel als defekt nach Kiel zurückgeschickt worden war; das vorgesehene Ersatzsalinometer (Meereskunde Hamburg) war uns bereits einige Wochen vor Fahrtbeginn als defekt gemeldet worden. Wenige Stunden nach Auslaufen von Heraklion wurde eine Teststation mit Rosette und CTD gefahren, die zu unserer großen Erleichterung fehlerfrei verlief. Kurz danach begannen dann schon die Stationsarbeiten. Hierfür wurden zwei Wachen eingeteilt (0-12 und 12-24 Uhr). Da die Teilnehmer sich weitgehend erst einarbeiten mußten, und da die Stationen anfangs besonders dicht lagen, verliefen die ersten Tage recht hektisch. Die Tatsache, daß Rosette und CTD problemlos arbeiteten, führte dann aber bald zu größerer Ruhe.

Die Stationsarbeiten beinhalteten den Einsatz der Rosette, die auch mit einigen Thermometern zur Kontrolle der CTD-Ergebnisse versehen wurde sowie an kritischen Stationen mit Pinger, die Wasserprobennahme für Freone, <sup>3</sup>He, Sauerstoff, Nährstoffe, Salzgehalt und Tritium und die Protokollierung. Die bei der Probenentnahme angegebene Reihenfolge folgt aus der relativen Gefahr einer Probenverfälschung im Schöpfer. Zu allen Schöpferauslösungen wurden die zugehörigen CTD-Werte sofort notiert (mit voller Ausgabegenauigkeit außer für die ersten Stationen). Über die zulässige Fiergeschwindigkeit für die Rosette bestanden zunächst Meinungsverschiedenheiten mit dem Schiff. Es wurden dann Messungen der Restlast beim Fieren durchgeführt, woraus sich ergab, daß unsere mit ca. 80 kg Zusatzgewicht versehene Rosette problemlos mit 0,7 bis 0,8 m/s gefiert werden konnte.

Größere Probleme gab es mit der Freon- und der Salzgehaltsmessung. Die erstere hatte über die ersten Tage sehr mit Kontaminationsproblemen zu kämpfen, was zur Folge hatte, daß über eine Reihe von Stationen zunächst keine und dann nur wenige Freonmessungen erhalten

werden konnten. Diese Kontamination ist vermutlich auf Freon 11 aus für den Gerätetransport verwendeten Schaumstoffmaterial zurückzuführen. Erst umfangreiche systematische Tests und gezielte Dekontamination brachte Abhilfe. Danach wurden aber gute Meßdaten erhalten. Die Freondaten waren danach eine gute Hilfe für die Detailplanung der Probenahmen (Kapitel 5.6.2).

Unser (vor der Reise generalüberholtes) Autosal zeigte sofort bei Inbetriebnahme eine ganze Reihe von Problemen, die Eingriffe in das Gerät bzw. rechnerische Korrekturen erforderten. Es blieb eine erhebliche Drift, die die Arbeit stark behinderte. Nach wenigen Betriebstagen wurde es durch einen internen Schwelbrand gänzlich stillgelegt. Wir mußten daraufhin auf das vorhandene zweite Autosal ausweichen, das aber ebenfalls Tricks zum Betrieb erforderte. Es gelang durch Tests und umfangreiche Vergleiche mit den CTD-Daten dann doch noch, gute Salzgehaltsmessungen zu erhalten. Für den Erfolg des Programms war dies eine wichtige Voraussetzung. Das Verfahren bestand im wesentlichen darin, Autosal Werte mit aus den CTD-Daten berechneten Salzgehalten zu korrelieren. Damit ließen sich Ausreißer der Autosalmessung eliminieren und die CTD-Drift kalibrieren. Mit dem Verfahren wurde durch gezielte Probennahmen auch eine Druckabhängigkeit der CTD-Leitfähigkeiten von ca. 6 ppm/1000 dbar festgestellt, die sich allerdings als zeitlich etwas variabel zeigte. Ein solcher Effekt war für das östliche Mittelmeer mit seinen extrem kleinen Salzgehalts-Vertikalgradienten im Tiefenwasser unbedingt zu berücksichtigen. Die Fehlerabschätzung ergab insgesamt eine Genauigkeit der letztendlich erhaltenen Salzgehaltsdaten von ca.  $\pm 2$  ppm.

Das Stationsprogramm war im Prinzip vor der Reise abgesprochen worden. Ziel war dabei eine möglichst vollständige Überdeckung des östlichen Mittelmeeres. Um die zur Verfügung stehende Zeit möglichst zu nutzen, wurde der Verlauf im einzelnen von Tag zu Tag nach dem Fortgang der Arbeiten abgesprochen. Darüber hinaus wurde bis zuletzt die Option offengehalten, doch noch in der ägyptischen Wirtschaftszone zu arbeiten, was dann aber doch unterbleiben mußte. Der für die Stationen angesetzte Zeitbedarf wurde wegen des Ausbleibens technischer Probleme und des guten Wetters durchgehend unterschritten. Deshalb konnte das Streckennetz sowohl für die XBT-Schnitte als auch, insbesondere im Ionischen Becken, für die hydrographischen Stationen gegenüber dem Plan erweitert werden; hierbei ergab sich vor allem ein weiterer Vorstoß nach Süden. Im ganzen wurde zumindest der nördliche Teil des Levantinischen Beckens flächig und das Ionische Becken in mehreren Schnitten erfaßt. Für die Stationsplanung standen die CTD-Daten (Profile, Schnitte, T-S-Plots) und Freondaten zur Verfügung.

Die Datenauswertung wurde sofort an Bord in Angriff genommen. Alle Rosettendaten (hydrographische, Nährstoff- und Freondaten) wurden in ein Datensystem aufgenommen, und es wurden die üblichen abgeleiteten Größen (potentielle Temperatur und Dichte, Tiefe etc.) nach den international üblichen Algorithmen berechnet. Hierbei wurden auch die Salzgehalte nach dem oben angedeuteten Verfahren optimiert. Bis zum Einlaufen in Hamburg konnte ein komplette vorläufige Datenliste erstellt werden.

Nach Palermo wurden noch einige wenige weitere Stationen gefahren. Da kein CTD mehr zur Verfügung stand, wurde auf einen Teil der ursprünglich vorgesehenen Arbeiten verzichtet, insbesondere auf einen Schnitt im Alboranmeer, der von amerikanischen Kollegen gewünscht worden war. Die Salzgehaltsmessungen wurden zum Abschluß gebracht und Freon-Testmessungen durchgeführt. Im Atlantik wurde dann noch eine Rosettenstation bis ca. 3000 m Tiefe gefahren, um die kritischen Nullwerte der Freonmessungen weiter zu untersuchen. Die letzten Tage wurden dann mit Packen und mit dem Fertigstellen der Datenliste ausgefüllt. Bis auf die anfänglichen Probleme mit den Freonmessungen kann das Programm als sehr erfolgreich angesehen werden.

### **5.6.2 Bericht zur Freonmessung**

Auf der Forschungsfahrt mit METEOR im östlichen Mittelmeer, wurden an insgesamt 49 Positionen die Konzentrationen der Freone F11 und F12 in 700 Wasserproben bestimmt.

Zur Bestimmung diente eine von Harald Oster am Institut für Umweltphysik Heidelberg gebaute Apparatur. Für die Messung der Freonkonzentration wurden den Wasserproben mit Hilfe der Apparatur die Freone entzogen und die Freonmenge mit einem Gaschromatographen bestimmt.

Die verwendete Apparatur lieferte trotz großer Probleme mit Kontaminationen und verwendetem Rechner gute Ergebnisse. Der Fehler der reinen Konzentrationsmessung war kleiner 5 %. Es wurden Konzentrationen im Bereich von 0,05 pmol/l bis 4 pmol/l gefunden. Die Auflösung in mittleren und tiefen Wassertiefen, d.h. bei niedrigen Freonkonzentrationen muß durch eine erhöhte Meßgenauigkeit verbessert werden.

#### *Probennahme und Lagerung*

Das Wasser wurde mit einer Schöpferrosette in bestimmten Wassertiefen gefaßt. Zur Überführung des Wassers in die Freonapparatur wurde das Wasser mit Glasspritzen aus den Schöpfnern entnommen. Verwendung fanden 200 ml Vollglasspritzen mit einem einfachen Nylonventil am Ansatz. Die Technik der Probennahme wurde durch das Problem bestimmt, Kontaminationen zu vermeiden. Zu diesem Zweck wurde der Rest der alten in der Spritze zurückgelassenen Probe gegen den aus dem Schöpfer austretenden leichten Wasserstrahl entleert und durch den Wassersäulendruck des Schöpfers wieder gefüllt. Auf diese Weise wurde die Spritze zur Spülung erst dreimal gefüllt, bis schließlich die vierte Füllung eingehalten wurde. Kriterium für die Kontaminationsfreiheit bei der Entnahme war einwandfrei umspülte Ansatz der Spritze an den Schöpferhahn sowie die Vermeidung auch kleinster Blasen.

Die Lagerung der Spritze erfolgte in einem mit freonarmen Tiefenwasser gefülltem Stahlbehälter. Zur Vermeidung von Diffusionskontamination während der Lagerung wurden die Spritzenkolben mit Gummibändern unter Druck gehalten. Durch den Wasserfluß von 30 ml - 50 ml pro Tag aus der Spritze heraus, wurde eine Rückdiffusion verhindert.

### *Injektion in die Apparatur und Entgasung*

Zur Vermeidung von Einlaßkontamination wurden die Spritzen gegen einen austretenden Trägergasstrom beim Abschließen der Spritzenhahnsplüfung (20 ml Spritzenwasser) angesetzt. Bei der nachfolgenden Strippersplüfung mit Trägergas herrschte an allen "undichten" Stellen durch den Druck im Stripper tendenziell ein leichter Gasaustritt nach außen, der Diffusionskontamination verhinderte. Der Hahn am Stripper blieb dabei geöffnet. Zur Injektion wurde nur der Hahn an der Spritze geöffnet und wieder geschlossen. Der weitere Meßvorgang erfolgte rechnerkontrolliert.

### *Spezielle Probleme auf dieser Fahrt*

Einige Probleme ergaben sich durch Kontaminationen, ungenügende Rechner- und Softwarefunktionen sowie mit der Bewältigung der anfallenden Probenmenge. Eine besondere Problematik stellte die Vielzahl von Kontaminationsmöglichkeiten dar. Die Kontamination bei der Probenbehandlung konnte wie oben beschrieben behandelt werden. Die Schiffslaborluft hatte die 150fache Konzentration und die Schiffsdecksluft die 100fache Konzentration an Freonen der Oberflächenwasserkonzentration.

Aus unbekanntem Gründen waren während des Transportes des Apparates in einem Überseecontainer einige apparative Teile aus Kunststoff (Teflon, Nylon) und Gummi (O-Ringe) sowie ölbehaftete Teile sehr stark kontaminiert worden. Dazu gehörten Einlaßventil und Schlauch am Stripper, Teile der Druckminderer und die einzelnen Schöpfer selbst.

Auf Grund dieser Erfahrungen sollten folgende Punkte Beachtung finden:

- eine möglichst freonfreie Laboratmosphäre,
- die Fettfreiheit aller Teile an Schöpfer, Spritze und Apparatur (Freone lösen sehr gut in Fette und Öle),
- Lagerung und Transport der apparativen Teile unter kontrollierten Bedingungen; die Apparatur sollte unter hohem Innendruck transportiert werden,
- möglichst viele Teile, mit welchem das Probenwasser in Berührung kommt sollten aus Metall bestehen.

Weiterhin ergaben sich spezielle Probleme mit dem Rechner (HP 85), so daß die Betriebsbedingungen (Druck und Fluß am GC) an die Software angepaßt werden mußten. Der Rechner war mit der Aufgabenstellung völlig überlastet.

Ein zusätzliches Problem stellte die Peltier-Kühlung. Durch Anfriern von Luftfeuchtigkeit und ständigem Temperaturwechsel wurden die Peltierelemente mechanisch zerstört. Die Peltierkühlung mußte durch einen Umlaufkühler statt entlastet werden.

Die Konzeption der Apparatur erlaubte einen Probendurchsatz von vier Messungen pro Stunde, so daß auch bei "rund um die Uhr Betrieb" eine hohe Anzahl von Probenverarbeitung nicht möglich war.

### 5.6.3 Preliminary Report on CTD Measurement (A. Michelato, F. Franzutti, R. Jungwirth, P. Scarrazzato)

The CTD measurements (temperature and conductivity versus pressure) were carried out by a group of the OGS (Observatorio Geofisico Sperimentale, Trieste, Italy).

The instrument employed was a CTD microprofiler Neil Brown MK III B, equipped with a Beckman polar graphic oxygen sensor. The temperature signal was obtained by summing the output of a platinum thermometer with that of the fast response termistor. The conductivity was measured with a 3 cm cell and the pressure transducer was provided with a temperature compensation collar. The deck unit (data terminal) was interfaced to a computer Hewlett-Packard 310, supplied with 22 MB hard disk, 700 kB double floppy disk, line printer, video terminal and plotter.

The data was collected only during the downcast, at a sampling frequency on 33 Hz. The instrument was lowered through the water at a rate that varied from 0.5 to 0.8 m/s. The downcast data was also recorded, in analog format, on magnetic cassettes by means of a good-quality recorder, in order to prevent the loss of data in the case of computer failure.

A total of 64 CTD-stations were occupied during the cruise. The spatial distribution of the stations is shown in Fig. 42. The network of stations covers the entire Eastern Mediterranean with a medium degree of resolution. At each station, standard meteorological observations (air temperature, atmospheric pressure, wind speed and direction, etc) as well as sea state observations were systematically collected. The position of the vessel on station was determined by satellite navigation.

After the end of the downcast the data was averaged over 1 dbar pressure intervals and then subjected to standard form of processing (plots of the vertical profiles of temperature, potential temperature, salinity and density, T-S diagrams, etc., see Fig. 43, 44). The CTD temperature, conductivity and pressure sensors were calibrated at OGS laboratories prior to the cruise and will be calibrated again after the cruise.

Furthermore, water samples were collected on each CTD-station using a 24-bottle General Oceanic Rosette sample mounted 1 m above the CTD sensors. The CTD/rosette unit was stopped at sampling depths during the upcast and once more bottles were closed at each level.

The salinity samples were analysed on a Guildline Autosol salinometer, while oxygen samples were analysed using standard titration techniques. Multiple regression procedures will be used to determine coefficients that match the CTD to the water sample observations of salinity and oxygen.

Because of the different response times of the temperature and conductivity sensors, large deviations of the calculated salinity from its true value were observed at regions of large gradients. Filtering procedures will be used to eliminate or reduce these salinity spikes.



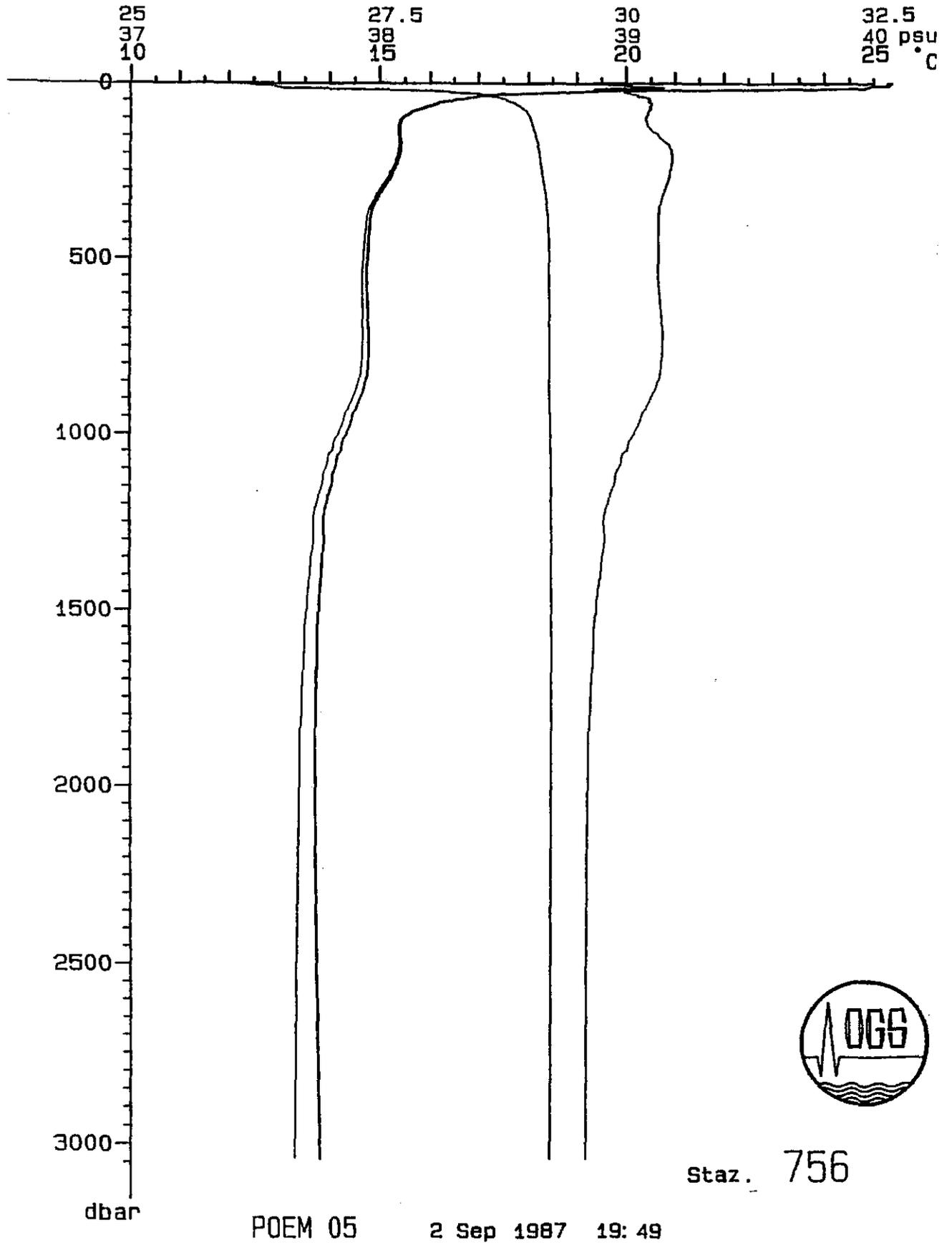


Fig. 43: profiles of temperature (°C), Salinity (psu gamma kg/m<sup>3</sup>), potential temperature (°C)

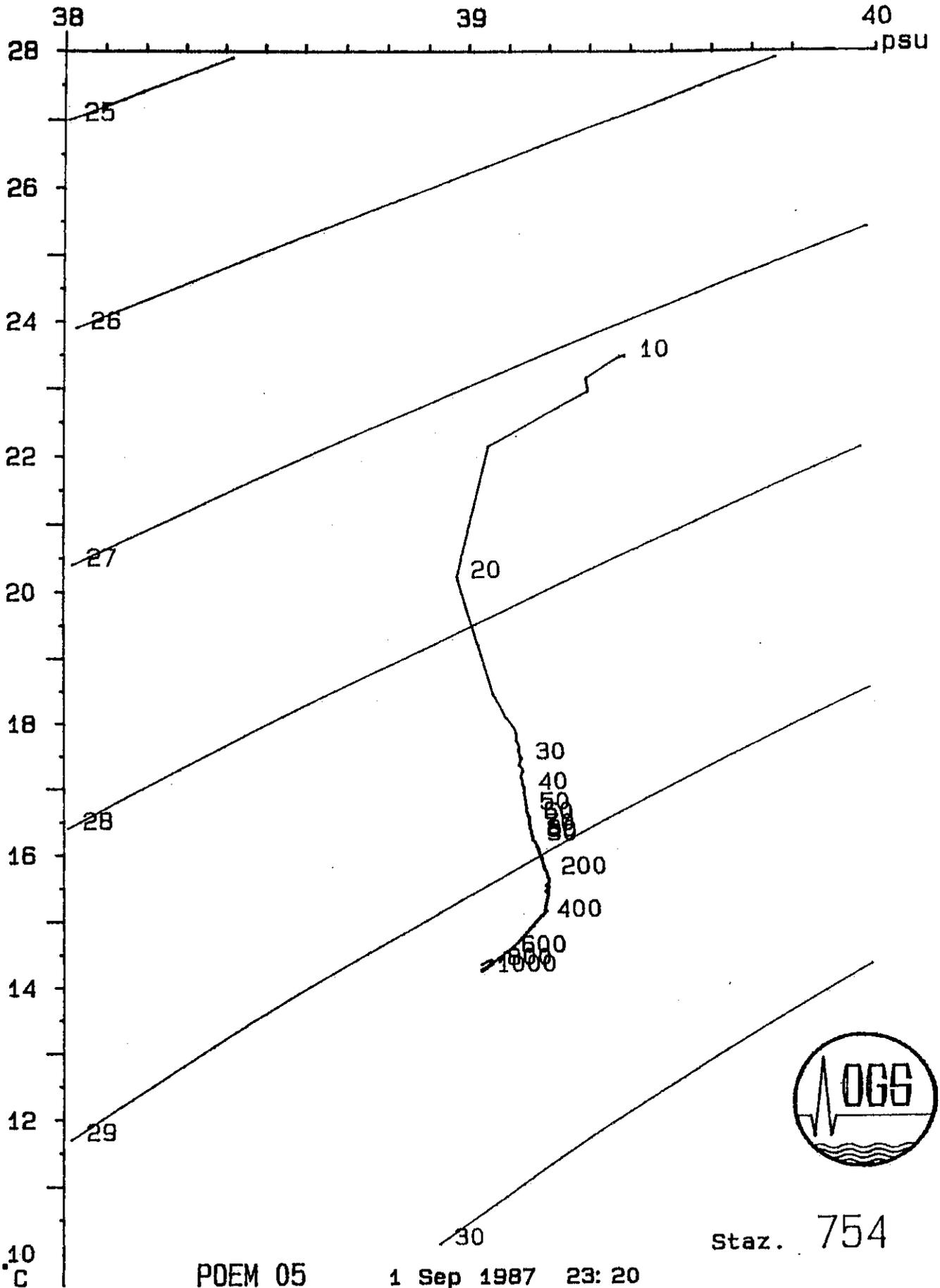


Fig. 44: pressure

#### 5.6.4 **Harvard University Group Report**

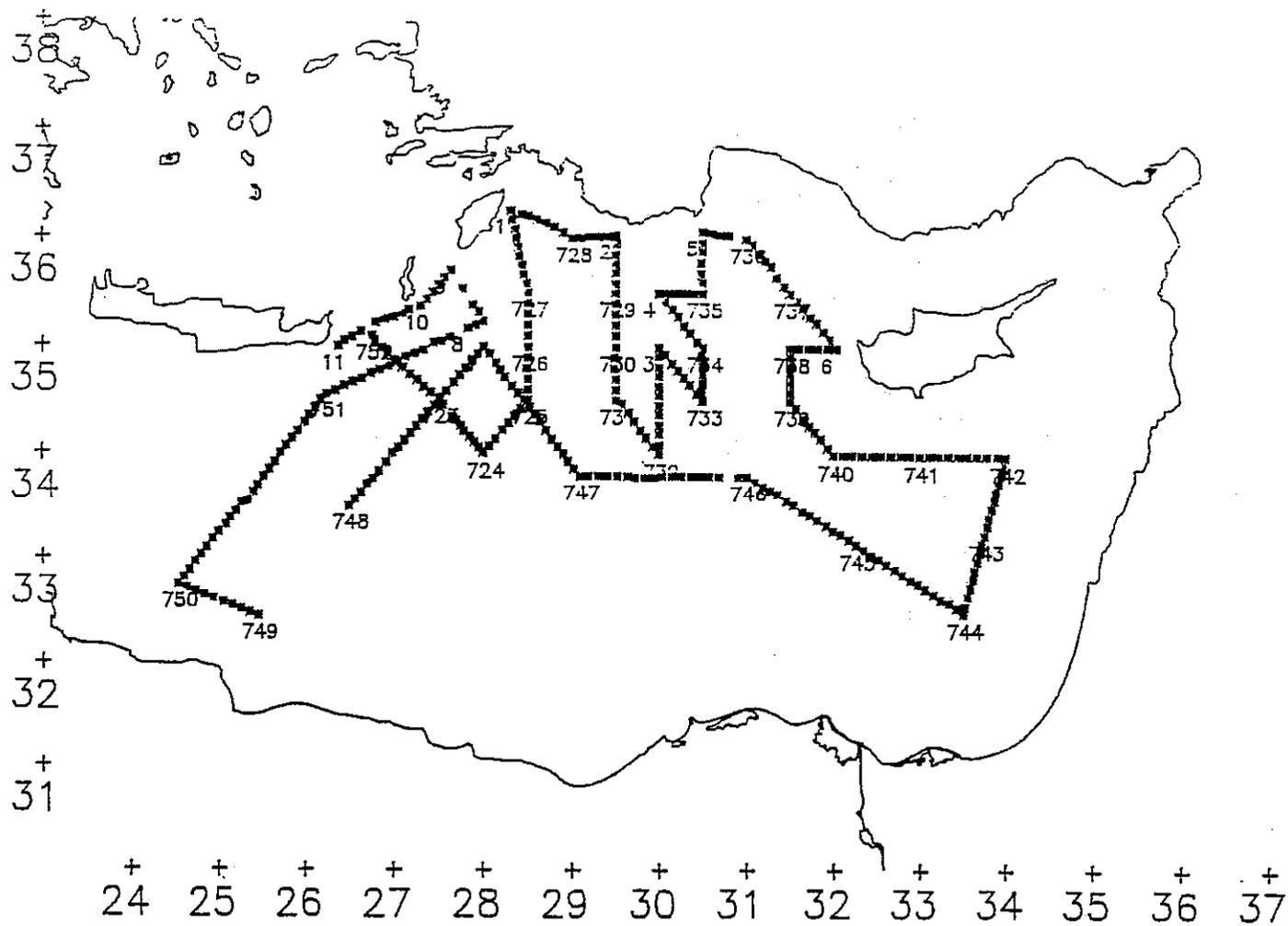
(A.R. Robinson, N. Pinardi, W.G. Leslie, M.A. Spall, M. Golnaraghi)

The scientific aim of the experimental work is to map mesoscale variability of the entire Eastern Mediterranean basin for the first time and to determine the space and velocity scales of the instantaneous current field. Moreover, this high resolution survey will provide an essential complement to the coarser resolution tracer and temperature/salinity measurements carried out at the same time by other groups. The composite data set will be the basis of a new picture of the basin circulation.

The data consist of temperature measurements from the surface to 460 meters using XBT-T/4 probes. These were launched at 10 km nominal resolution between CTD and rosette stations. In Fig. 45 a,b the density and extension of the data gathering strategy is displayed. A total of 620 measurements were successfully carried out: The on board data acquisition system consists of a Sippican-Mark 9 recording unit and a HP 9826 computer which together digitize and store the data in real time. Furthermore, the Harvard Modelling group has developed a composite system of real time analysis: During the course of the cruise, the real time analysis of the data consisted of temperature and velocity sections (Fig. 46) and objective analysis of geostrophic pressure computed from the temperature measurements (Fig. 47a,b). This work is continuously updated along the cruise track and it enables the planning of changes to the cruise track on the basis of the data collected. This real time analysis is carried out with a DEC-VAX Station II computer connected to the HP data acquisition system.

Leg 1 of the cruise (18 August - 31 August) occupied the Eastern Levantine Basin (see Fig. 45a) with very high horizontal resolution. The first results (Fig. 47 a) show an energetic eddy field with meandering currents, filaments and low-high pressure centers dominating the instantaneous flow field. The horizontal mapping of the dynamic height field revealed intense meandering of the borders of the Rhodes gyre, a strong westward propagating current along the Turkish coast (Asia Minor Current) and eddies with diameters of 100 km or smaller. The pattern of leg 1 allowed the first adequate mapping of the mesoscale variability of the eastern Levantine Basin.

Leg 2 (1 September - 12 September) was centered in the Ionian Basin, west of Crete (see Fig. 45b). This time the extension of the region to be occupied did not allow an accurate horizontal mapping experiment: However, the high resolution along track measurements defined some of the horizontal and vertical scale of the mesoscale variability of the basin. Like for leg 1, the instantaneous flow field is dominated by eddies and filamented structures: An interesting difference versus the eastern Levantine Basin is the presence of a smaller spatial scale variability embedded in a larger anticyclonic flow field (Figs. 48, 49a,b) at the center of the Ionian Basin. The currents are on the order of 10-20 cm/s in the first 150 m and they peak in the jets around the eddy borders. The northern Ionian presents a quantitatively different picture from its southern component. The northern basin main thermocline region (200-400) is dominated by the 14 C isotherm which shows steep slopes associated with the mesoscale signal. The layer between the 14 C and 14.5 C isotherm shows patches (closed



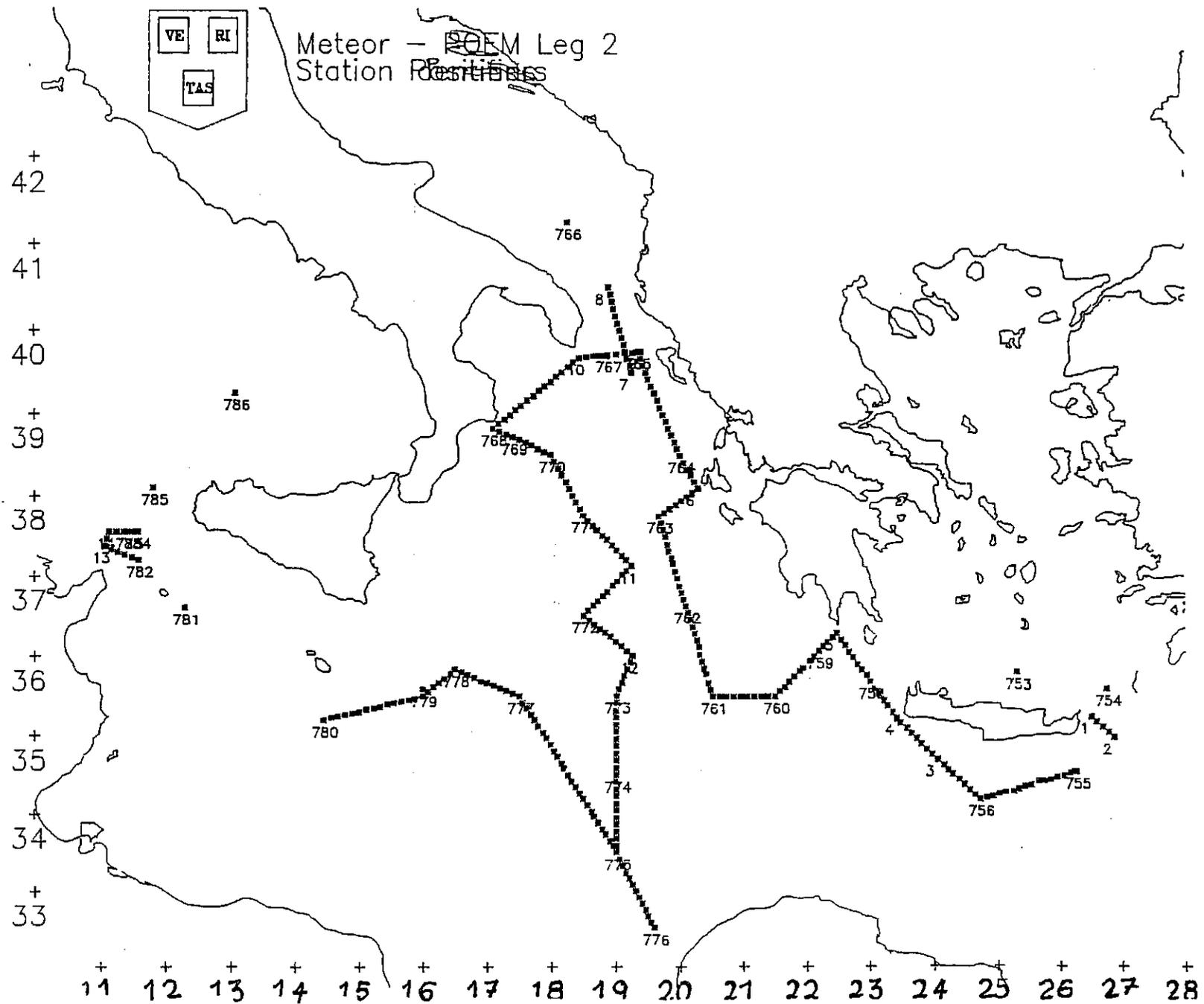


Fig. 45b: XBT and CTD stations of leg 2

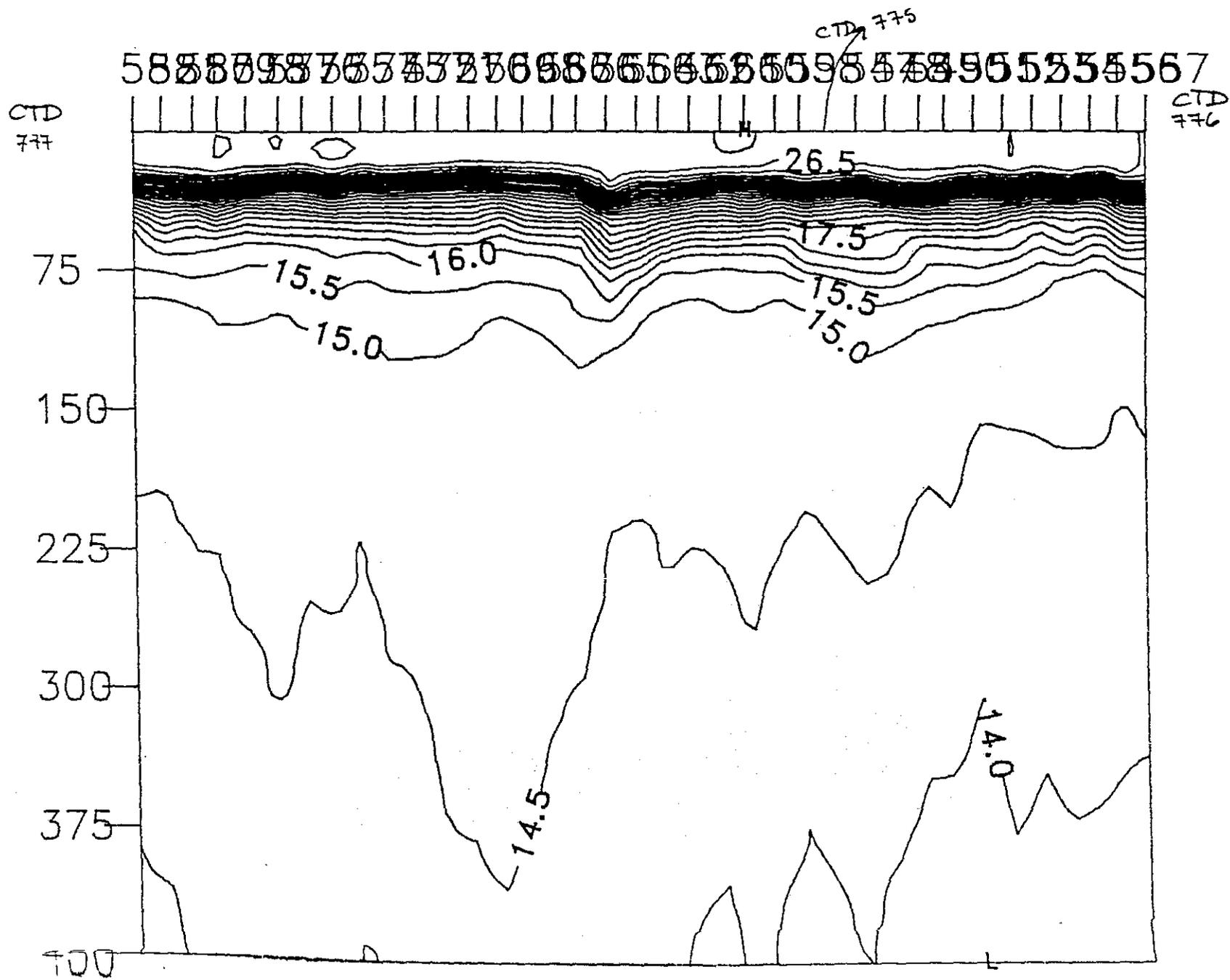


Fig. 46: Cross section between stations 776 and 777: temperature field

grid: 70x 41, 7.5 x 7.5 km 0. degrees  
min: 48.793 max: 382.93 mean: 190.22 var: 4482.0  
created: Aug 27 1987 09:03:15  
data file: bndmet.unf

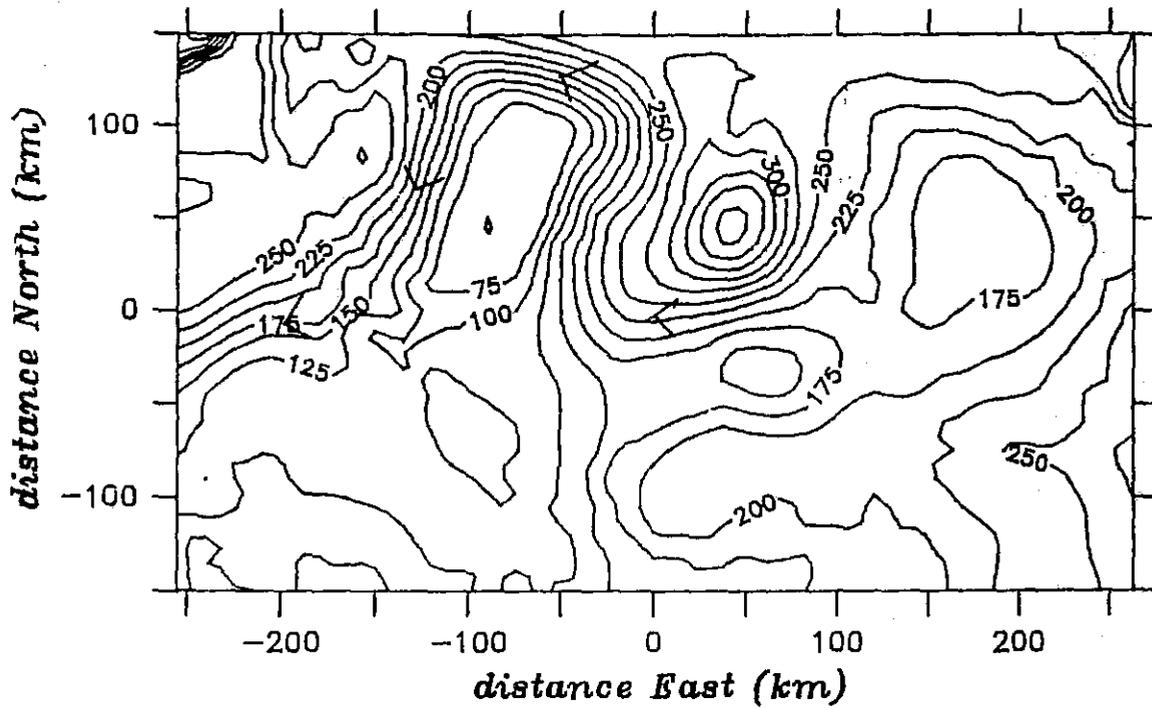


Fig. 47a: Pressure at 15°C, 22 August 1987 (Central Day)

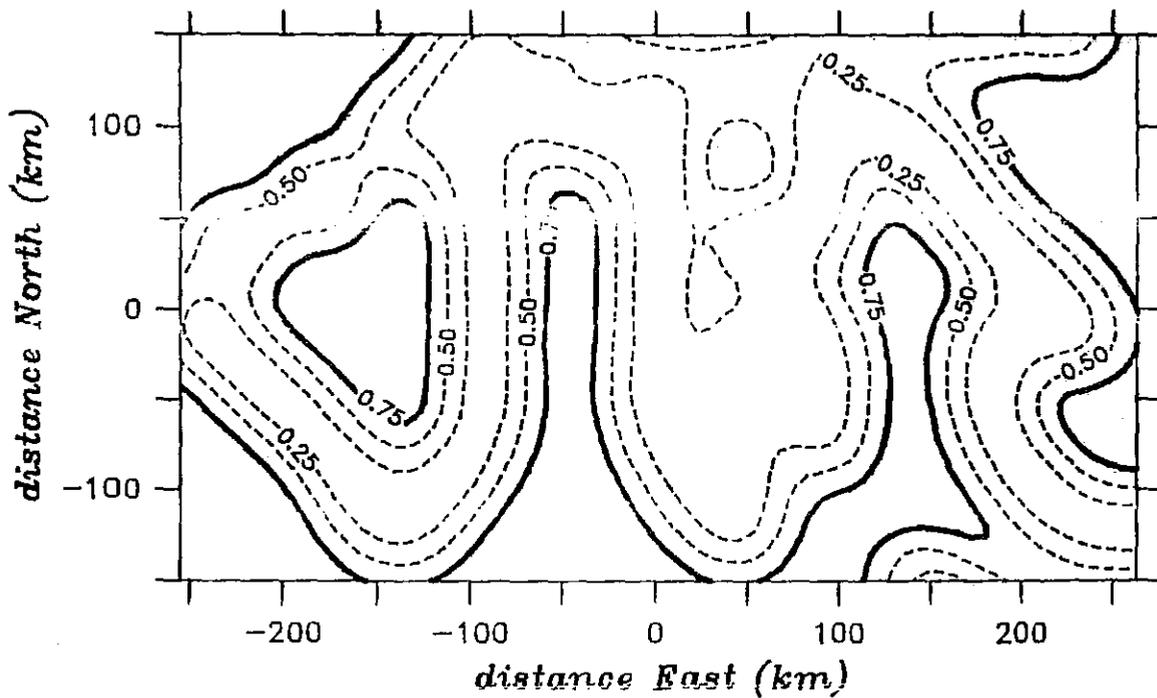


Fig. 47b: Error field at 15°C, 22 August 1987

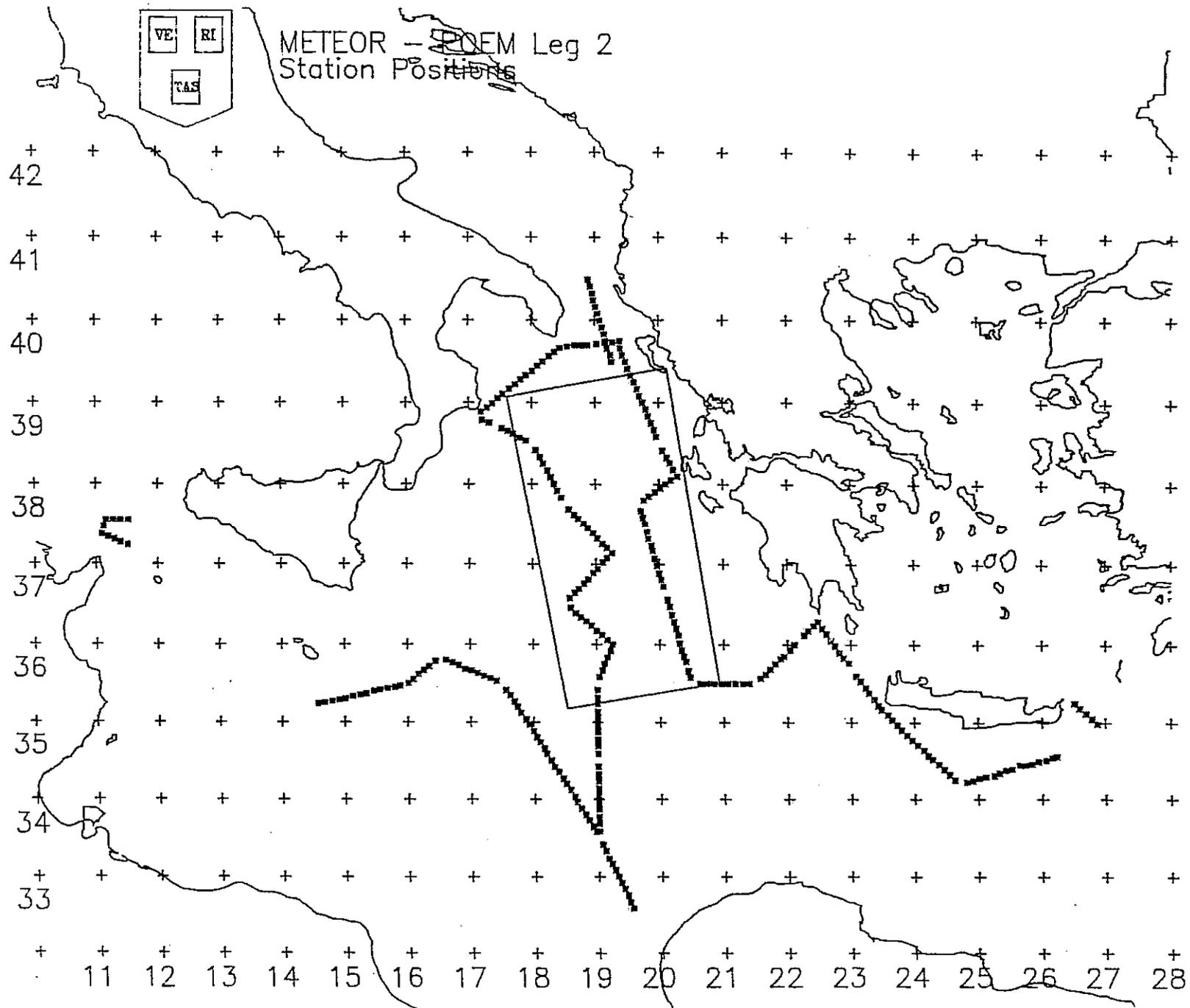


Fig. 48: Station positions of leg 2

grid: 45x 79, 5.0 x 5.0 km 0. degrees 37° 30 N 19° 30 E  
 min: 44.287 max: 289.22 mean: 116.20 var: 3125.7  
 created: Sep 9 1987 06:03:29

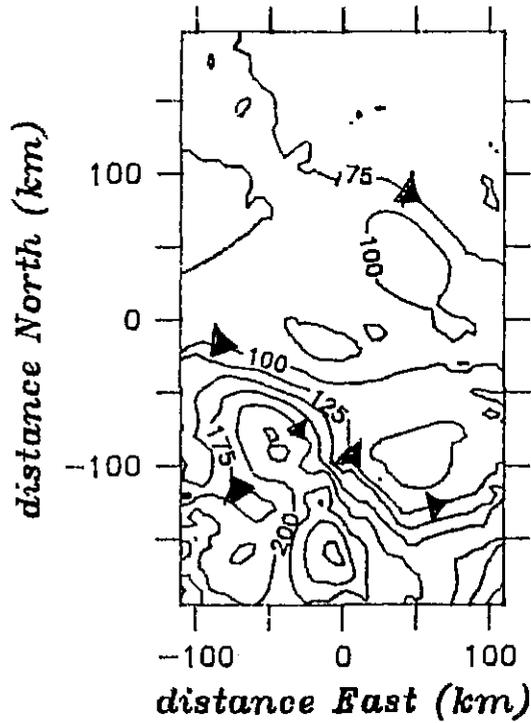


Fig. 49a: Pressure at 14.5°C, 5 September 1987

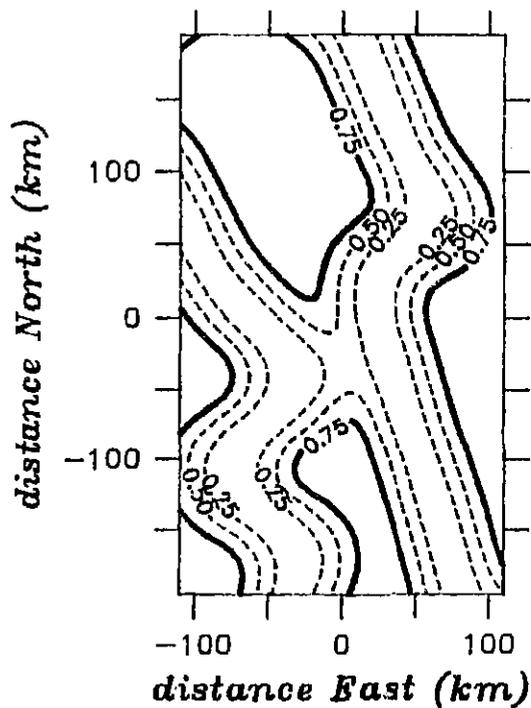


Fig. 49b: Error field at 14.5°C, 5 September 1987

temperature contours) of water with slightly higher temperature than the aforementioned layer: Their horizontal and vertical space scales are about 30 km and 100 m, respectively. The southern Ionian Basin presents a strong signal in the 14.5 C isotherm (see Fig. 46); there is evidence that the center of the basin is occupied by general circulation anticyclonic gyre. Eddies are found to have velocities in the range of 20-40 cm/s.

Moreover, sections were taken across the Straits of Kasos, Kithira, Otranto and Sicily to monitor the baroclinic transport in the Eastern Mediterranean from adjacent seas. Velocities of about 5-10 cm/s in the first 150 m were found together with subsurface velocities inversions. Furthermore, deep Adriatic cold water was found on the western side of the Otranto Strait at about 500 m.

#### 5.6.5 Nährstoffanalysen (H. Johannsen)

Auf 57 Stationen wurden von der Rosette 1157 Wasserproben entnommen und auf Sauerstoff, Phosphat, Silikat und Nitrat untersucht. Die Entnahme der Proben von den Schöpfern erfolgte, nach kurzer Einweisung, durch die Mitarbeiter aus Heidelberg und Bremen. Die Genauigkeit der Analysen beträgt bei

Sauerstoff:	$\pm 0.5 \mu\text{mol / l}$
Phosphat	$\pm 0.02 \mu\text{mol / l}$
Silikat	$\pm 0.10 \mu\text{mol / l}$
Nitrat:	$\pm 0.03 \mu\text{mol / l}$

#### 5.6.6 Organische Spurenstoffe in Wasser und Neuston

(T. Bluszucz, W. Drebing, K. Weber, J. Breer)

Das Expeditionsmaterial konnte in Heraklion ohne wesentliche Transportschäden übernommen werden. Eine leichte Beschädigung der Seewasserextraktionsanlage beim Entladen des Transportcontainers erbrachte keine Funktionsbeeinträchtigung. Für einen besseren Schutz der Anlage sollte jedoch bei zukünftigen Expeditionen gesorgt werden. Ein Neustonschlitten mit Zubehör wurde von der Arbeitsgruppe Weikert von M 5/5 übernommen.

Alle Arbeiten verliefen bis zur Reisemitte planmäßig. Danach wurde der Ablauf durch einen Unglücksfall beeinflusst. Beide Gerhardschöpfer des AWI wurden am 8.9. beim Einsatz zusammen mit 2 DHI-Schöpfern in 3800 m Tiefe, kurz vor der zu erreichenden Solltiefe, im zentralen Ionischen Becken verloren (Station 772). Wahrscheinliche Ursache ist ein durch Korrosion defekter Draht. Ein AWI-Mitarbeiter, der zu diesem Zeitpunkt am Arbeitsdeck in der Nähe der digitalen Tiefen- und Seillängenanzeige das Absenden des Fallgewichtes vorbereitete, wurde durch das reißende Seil leicht am Hals verletzt. Die Verletzung wurde vom Bordarzt versorgt, die Seilbruchstelle vom Kapitän sichergestellt und das AWI vom Vorgang per Telex informiert. Trotz des materiellen Schadens muß von einem großen Glück gesprochen werden, denn das nach dem Reißen der Winde bis zum Arbeitsdeck herunter-

schlagene Drahtende hätte leicht einen schweren Personenunfall verursachen können. Überlegungen zur Risikoabsenkung für die an Deck arbeitende Crew sollten nach diesem Vorfall von allen Seiten angestrengt werden.

Als hinderlich bei den Spurenstoffarbeiten erwiesen sich die gelegentlich an Deck "regnenden" Rußpartikel aus den Schiffsschornsteinen, sowie die zahlreichen auf dem letzten Reiseabschnitt durchgeführten Mal- und Renovierungsarbeiten.

Wegen der Schöpferverluste mußte das wissenschaftliche Programm der Gruppe für den zweiten Reisetil umgestellt werden. Das Neustonprogramm wurde in das westliche Mittelmeer ausgedehnt, Wasser konnte nur noch aus der Oberfläche aufgenommen werden. Nach den Analysen werden damit Spurenstoffprofile von Neuston und Oberflächenwasser vom westlichen Ende des Mittelmeeres bis in seine östlichsten Teile längs des Transportweges des einströmenden Atlantikwassers vorliegen und vergleichbar sein.

#### 5.6.6.1 Organische Spurenstoffe in Neuston

##### *Durchgeführte Arbeiten*

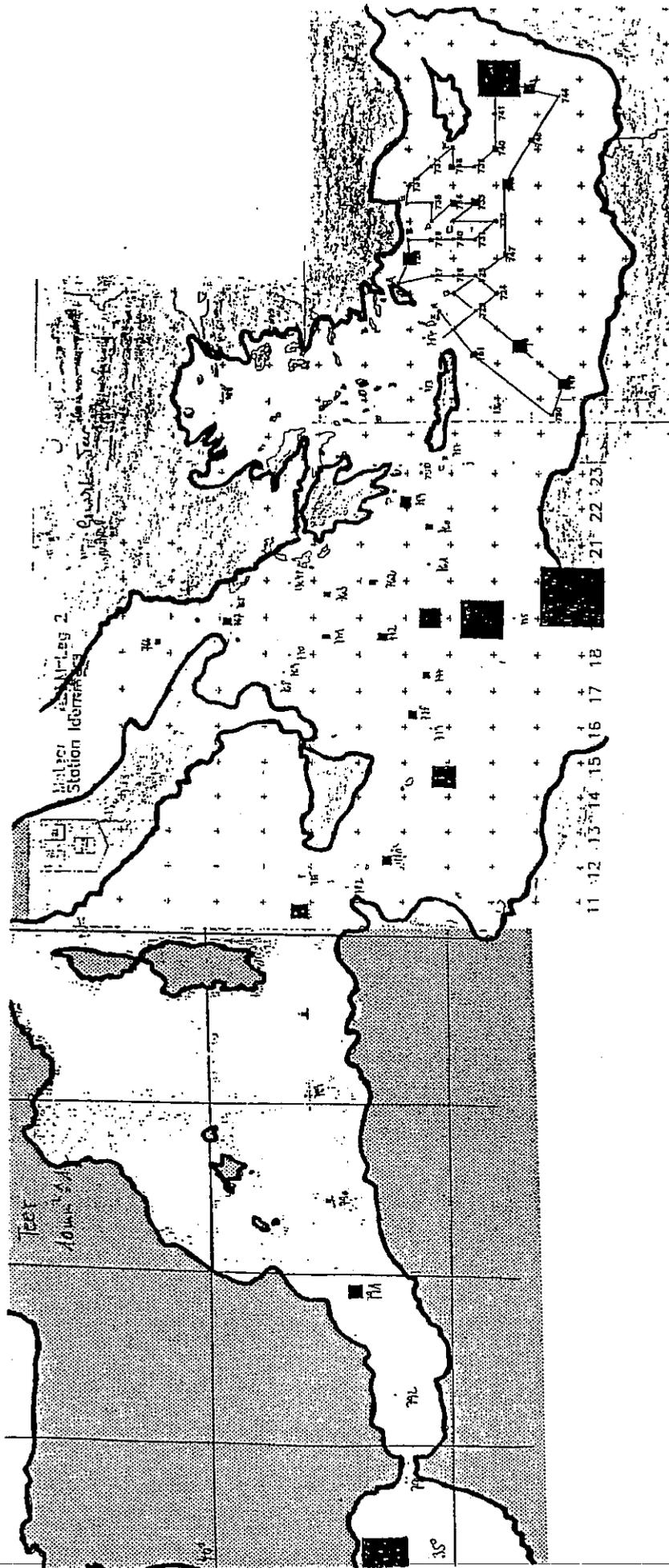
Oberflächenmaterial wurde mit einem Neustonschlitten nach David/Hempel (2 Höhen; 2 x 3 Netze mit 300 µm und 500 µm Maschenweite) jeweils in der Morgen- und Abenddämmerung gesammelt (20 min. Schlepp,  $3,5 \pm 0,5$  Knoten Schleppgeschwindigkeit; meist ruhige See; häufig achterlicher Wind) und an Bord nach biologischem Material und Teerrückständen ("tar balls") sortiert (insgesamt 52 Hols). Ein Drittel des Probenmaterials (300 µm Netze) wurde getrennt nach Fanghöhe zur weiteren biologischen Charakterisierung mit Formalin fixiert (Zusammenarbeit mit dem Institut für Hydrobiologie/Herrn Weikert). Das restliche Material (aus 500 µm Netzen) wurde vereinigt, naß gewogen und für die organische Spurenstoffanalyse tiefgefroren.

Bereits an Bord wurde ein Aliquot des Gefriergutes nach Homogenisieren mit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  und Quarzsand durch Säulenextraktion mit Hexan/Aceton und adsorptiver Vorreinigung an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auf organische Spurenstoffe aufgearbeitet und durch Fettbestimmung (als EOM) charakterisiert. Auch aussortierte Teerrückstände wurden bereits an Bord grob gravimetrisch bestimmt. Die Verteilung der Neustonbiomasse und der Teerrückstände wurde mit den Meeresströmungen korreliert (Zusammenarbeit mit Harvard/Frau N. Pinardi). Die weitere Analyse der Proben und Daten erfolgt im AWI/Sektion Chemie.

##### *Ergebnisse*

##### Verteilung von Teer (Abb. 50)

Charakteristische Verteilungsstrukturen waren erkennbar. Auffällig waren die großen Rückstandsdichten gegen Ende der Schifffahrtswege vor Häfen der israelisch/libanesischen und besonders der libyschen Küste. Im Gegensatz dazu konnte im Innern der cyclonischen Oberflächenströme des östlichen Mittelmeeres zwischen Sizilien und dem Peleponnes sowie südlich von Rhodos kaum Teer nachgewiesen werden.



**Abb. 50:** Verteilung von Teerrückständen (Tar Balls)  
 10 mm<sup>2</sup> = 3,9 mg (± 0,5 mg) Naßgewicht/m<sup>2</sup>  
 (52 Stationen)

Verteilung von Biomasse (Abb. 51 und 52)

Weitgehend unabhängig von der Teerverteilung - und oft sogar in der Menge gegenläufig - ergab sich die Verteilung von Neuston. Da die Zusammensetzung der Biomasse stark schwankte und deshalb auch in Naßgewicht und EOM relative Unterschiede auftraten, kann die Verteilung vor einer genauen biologischen Klassifizierung nur sehr vorsichtig beurteilt werden. Signifikant erhöht sind die Biomassengehalte im Bereich der Jetströme der levantinischen See zwischen Rhodos und Zypern, sowie diesseits und jenseits der Straße von Sizilien. Wenig Biomasse wurde an den Stationen hoher Teerrückstände vor der lybischen Küste gefunden und innerhalb der cyclonischen Oberflächenströmungen südlich von Rhodos und Zypern.

### 5.6.6.2 Organische Spurenstoffe im Wasser

#### *Durchgeführte Arbeiten*

##### Geräteaufbau

Die Extraktionsanlage wurde nahe am Grobnaßlabor, dem Arbeitslabor der Gruppe installiert, die Gerhardschöpfer am Arbeitsdeck steuerbords gegenüber. Alle Teile konnten so mit V4a-Wellenschläuchen verbunden und an die Seewasserversorgung des Schiffes angeschlossen werden; die Entsorgung des verarbeiteten Wassers erfolgte direkt außenbords, ohne die Schiffstanks zu belasten. In den ersten Tagen der Reise wurde das Kühlwassersystem der Hochdruckkompressoren zur Seewasserversorgung verwendet. Trotz der hohen Durchflußleistung des Systems ( $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ) wurde bei Prüfung festgestellt (Methode: GC/FID und Fluoreszenzspektren von Wasserextrakten; Zusammenarbeit mit IfM Kiel/Herrn Ehrhardt). Vom 27.9. an wurde deshalb die Arbeit mit dem Reinseewassersystem des Schiffes fortgesetzt (Förderleistung im Grobnaßlabor  $1,0 - 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ) bei gleichzeitiger Fortsetzung von 2 Anschlüssen; die Anschlußteile wurden vom Schiff gefertigt).

Die beiden Gerhardschöpfer (Volumen 400 l und 270 l) wurden bei der Probennahme gefüllt und über den großen Schiebegalgen des Schiffes am 18 mm Draht in 20 m Vertikalabstand ausgebracht; als Grundgewicht diente ein Eisenbahnwagenrad. Die Auswahl der Tiefenstationen erfolgte nach Überprüfung der CTD-Profile an der jeweiligen Station (Zusammenarbeit mit OGS Trieste/Herrn Michelato) sowie nach einzelnen Hinweisen zur Freonverteilung bei den vorherigen Stationen (Zusammenarbeit mit Uni Bremen/Herrn Roether). Der Inhalt eines Schöpfers wurde zum Spülen der Anlage mit Probenwasser verwendet, der Inhalt des anderen als eigentliche Probe.

Die Arbeitsbedingungen für die Wasserextraktion wurden während der gesamten Reise weitgehend konstant gehalten, so daß ein guter Probenvergleich möglich sein wird. Für jede Probe wurden jeweils 5 l destillativ und absorptiv gereinigtes n-Hexan, gespiked mit d10-Anthracen in einem Batch, als Extraktionsmittel eingesetzt. Der Seewasser- und Hexandurchsatz betragen  $500 \text{ l/h}$  und  $50 \text{ l/h}$ . Es wurde mit einem Gegendruck von 1 bar am Seewasserausgang des Separators gearbeitet. Die Einstellung der Druckhalteventile war gegenüber den letzten Feldeinsätzen der Anlage nicht verändert worden. Zur Verbesserung der Phasentrennung waren jedoch vor der Reise technische Detailverbesserungen zur

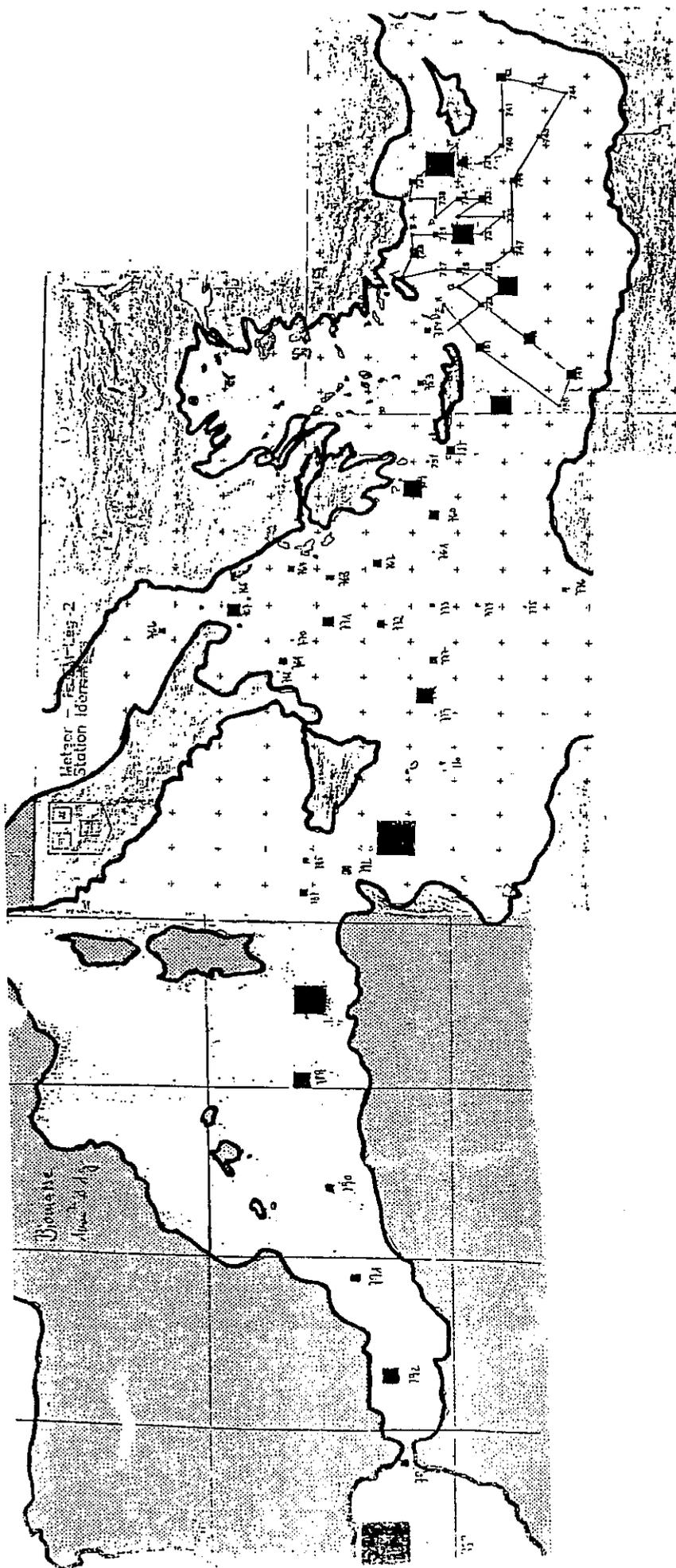


Abb. 51: Verteilung von Neuston ( $> 500 \mu$ )  
 $1 \text{ mm}^2 = 2,9 \text{ mg} (\pm 0,4 \text{ mg})$  Naßgewicht Biomasse/ $\text{m}^2$   
 (52 Stationen)

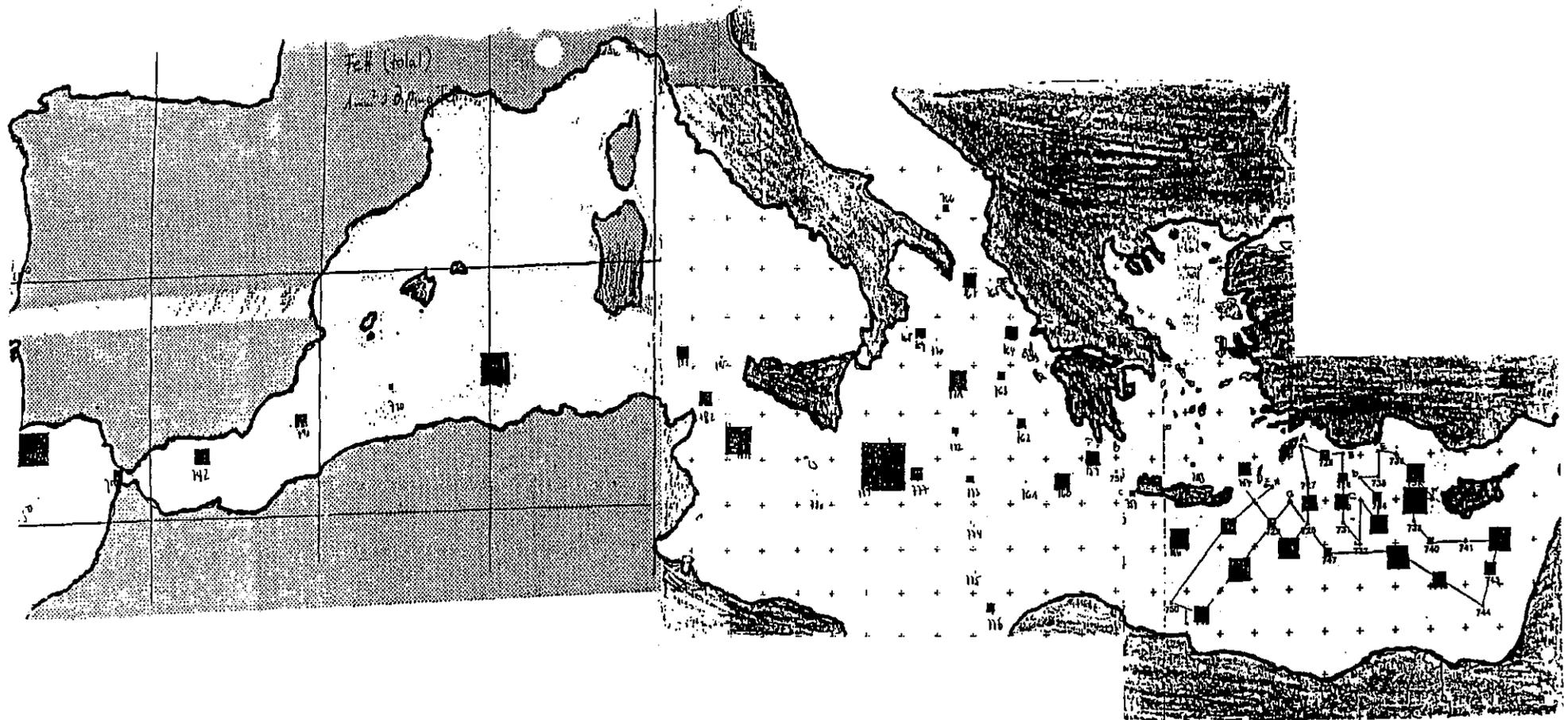


Abb. 52: Verteilung von Neuston ( $> 500 \mu$ )  
 $1 \text{ mm}^2 = 5,8 \mu\text{g} (\pm 0,8 \mu\text{g})$  Fett (EOM) Biomasse/ $\text{m}^2$   
 (51 Stationen)

Separatoroptimierung vorgenommen worden. Durchgehend ergaben sich daraus sehr gute Ergebnisse zur Phasentrennung. Störend auch während dieser Reise war das langsame Füllen des Pulsationsdämpfers für den Hexankreislauf (Füllzeit etwa 4 Stunden bei 20°C); auf diesem Weg wurde dem Hexankreislauf bis maximal 4 l Extraktionsmittel entzogen, ebenso wird die Pulsationsdämpfung der Förderpumpe vollständig aufgehoben. Der Verlust an Extraktionsmittel betrug im Dauerbetrieb nur noch 70 µl pro l extrahiertes Seewasser.

### *Methoden*

Die Aufarbeitung von Seewasser erfolgte nach 2 Methoden. Einmal wurde Wasser kontinuierlich und während voller Fahrt vom Ansaugspargel am Bug des Schiffes aus der Oberfläche in die Gerhardschöpfer (nach ihrem Verlust in eine Zargeskiste) als drucklose Durchlaufgefäße gefördert, von dort mit Hilfe der Seewasserdosierpumpe in benötigter Menge zum Extraktor gepumpt und nach Extraktion und Phasenseparierung außenbords entsorgt (Einwegextraktion für Schnittproben). Seewasser, das mit dem Gerhardschöpfer aufgenommen war, wurde nach der Verarbeitung zurück in den Schöpfer geleitet. Der auf diesem Weg erzeugte Kreislauf wurde, um erschöpfende Extraktion zu erzielen, 12 Stunden aufrecht erhalten; erst dann wurde das extrahierte Wasser außenbords entsorgt.

### *Gesammeltes Probenmaterial*

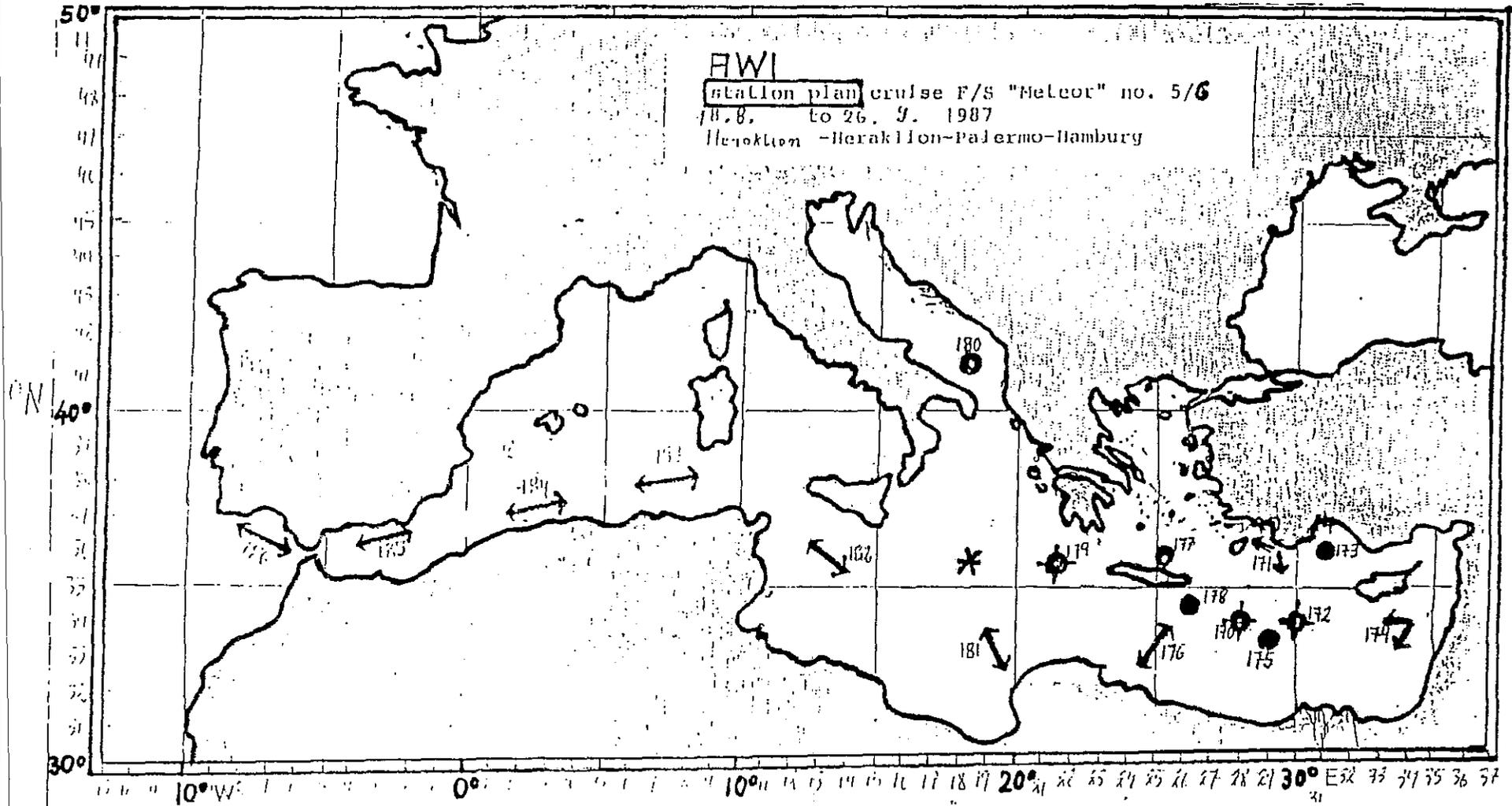
Insgesamt wurden 19 Proben gesammelt. 1 Testlauf wurde am Beginn der Reise zur Reinigung der Extraktionsanlage gefahren; 1 Testlauf am Ende als Langzeitversuch über 55 Stunden. 8 mal wurden die Gerhardschöpfer eingesetzt und 11 mal Schnittproben gezogen. In den Schnittproben wurden organische Spurenstoffe aus zusammen 60 t Seewasser in 60 l Hexan in einer Zeitspanne von 120 Stunden angereichert. Bei den Gerhardproben wurden zusammen 36 t Seewasser in 96 Stunden zusammen mit 40 l Hexan erschöpfend extrahiert. Das gesammelte Probenmaterial ist in Tabelle 24 zusammengestellt, die Verteilung der Stationen und die Art der Proben in Abb. 53. 5 l Hexan wurden zur Beurteilung der "Leerwertsituation" (Lösungsmittelqualität, Transport zum Bestimmungshafen, Schiffsaufenthalt) zurückgehalten.

## **5.6.7 Organische Meereschemie (M. Ehrhardt, G. Petrick)**

Zur Ermittlung der Konzentrationen im Meerwasser gelöster Erdölrückstände wurden auf 47 Stationen der Fahrtabschnitte 5/6-1 und 5/6-2 94 Wasserproben aus 1 m Tiefe genommen. Von Hexanextrakten dieser Proben (Probenvolumen = 2800 ml) wurden Fluoreszenzspektren sowohl mit konstanter Anregungswellenlänge (310 nm) als auch mit in einer konstanten Differenz zur Emissionswellenlänge (15 nm) veränderter Wellenlänge aufgenommen. Bei den Messungen wurde davon ausgegangen, daß es sich bei lipophilen, unter bestimmten Bedingungen fluoreszierenden Substanzen um Erdölrückstände handelt. Geeicht wurden die Messungen mit Hexanlösungen eines iranischen Rohöls. Die gemessenen Konzentrationen lagen, wenn man von ähnlichen Zusammensetzungen der Extrakte und des zur Eichung benutzten Rohöls ausgeht, zwischen 40 und 190 Nanogramm pro Liter. In den meisten Fällen

**Tab. 34:** Gesammeltes Probenmaterial für die Bestimmung organischer  
Spurenstoffe in Wasser

Meteor-Station	Datum	Ortszeit	Seewasser- menge(m <sup>3</sup> )	Tiefe (m)	Art	Beschreibung des Wasserkörpers
	18.8.	22:45	0.4	400	Gerard	Test zum Spülen
724	19.8.	18:30	0.4	150	Gerard	Levantisches Becken Zwischenwassernahausbreitung
Rhodos-728	20.8.	21:25-24:0				
728 -729	21.8.	4:55-8:50	3.25	3	Schnitt	SO Rhodos, Gebiet anticyclischer Oberflächenströmung
732	22.8.	10:00	0.4	160	Gerard	Levantisches Becken Zwischenwassernahausbreitung
736	24.8.	1:30	0.4	2300	Gerard	Antalya Becken Levantisches Tiefenwasser
741-742	25.8.	16:15-18:55				
742-743	26.8.	1:00- 4:20	3.0	3	Schnitt	SO Zypern, Gebiet cyclischer Oberflächenströmung
747	27.8.	23:00	0.4	2800	Gerard	Herodot Becken levantinisches Tiefenwasser
nach 750	29.8.	17:40-24:00	3.16	3	Schnitt	Oberflächeneinstrom ins levantinische Becken
753	1.9.	15:45	0.4	1200	Gerard	Kretische See Quelle für levantinisches Tief...
755	2.9.	11:50	0.4	3000	Gerard	Plinius Graben levantinisches Tiefenwasser
760	4.9.	4:25	0.4	250	Gerard	östl. Ionisches Becken Fernausbreitung des lev. Zwischenw.
766	6.9.	16:30	0.4	1000	Gerard	südl. adriatisches Becken Quelle für ionisches Tiefenwasser
nach 776	10.9.	9:55-16:00	3.04	3	Schnitt	Atlantischer Strom ionisches Becken
780-781	12.9.	11:22-17:32	3.0	3	Schnitt	Atlantischer Strom Einstrom ins ionische Becken
nach 788	16.9.	19:35-				
	17.9.	-3:45	4.0	3	Schnitt	Atlantischer Strom SW Sardinien
vor 792	18.9.	13:06-21:06	4.0	3	Schnitt	Atlantischer Strom Alboran Meer
vor 795	19.9.	10:01-18:03	4.0	3	Schnitt	Atlantikwasser NW Gibraltar
ACH HAUSE	20.9.-22.9.		55	3	Schnitt	Langzeittest
OR 790	17.9.	14:45-22:55	4.0	3	Schnitt	Atlantischer Strom S Balearen



- |   |   |   |                      |
|---|---|---|----------------------|
| ↔ | 9 | Oberflächenschnitte über 70 - 100 sm à 3 - 4 m <sup>3</sup> |                      |
| ✱ | 3 | Schöpferproben aus Zwischenwasser                           | }                    |
| ● | 3 | Schöpferproben aus Tiefenwasser                             |                      |
| ○ | 2 | Schöpferproben aus Tiefenwasserquellen                      |                      |
|   |   |   | à 0,4 m <sup>3</sup> |

Abb. 53: Verteilung der Stationen der Messungen 'Organische Spurenstoffe im Wasser'

nahmen die Konzentrationen mit steigender Entfernung vom Land ab, wenn man von einem Seegebiet südwestlich von Sizilien absieht. Dort wurden leicht erhöhte Konzentrationen gefunden (170 Nanogramm pro Liter).

Um die molekulare Zusammensetzung der fluoreszierenden Substanz zu ermitteln wurden auf zwei Stationen je 28 Liter Seewasser mit Hexan extrahiert, um für massenspektrometrische Untersuchungen hinreichende Substanzmengen zu gewinnen. Die Extrakte wurden an Kieselgel in je 4 säulenchromatographische Fraktionen mit steigender Polarität aufgetrennt. Diese wurden gaschromatographisch untersucht und zur späteren Analyse in Glasampullen unter Stickstoff eingeschmolzen.

Um Modellvorstellungen über den photolytischen Abbau von Kohlenwasserstoffen im Meerwasser zu überprüfen wurden auf 10 Fahrtabschnitten ca. 20 m<sup>3</sup> aus der Laborseewasserversorgung des Schiffes nach Filtration über Glasfaserfilter durch mit dem Absorptionsmittel Amberlite XAD-2 gefüllte Glassäulen geleitet. Zur Überprüfung eventueller Einflüsse der Leitung und der Seewasserpumpe auf die Zusammensetzung der Extrakte wurde das prinzipiell gleiche Verfahren in Kombination mit einer Tauchpumpe vom Bugausleger des Schiffes aus angewendet. Die beladenen XAD-2 Säulen und Filter wurden getrennt mit wäßrigem Acetonitril am Rückfluß eluiert. Diese Eluate wurden mit Hexan extrahiert, um flüchtige Verbindungen abzutrennen. Anschließend wurde das Acetonitril bei 10°C und vermindertem Druck im Rotationsverdampfer abdestilliert und die wäßrigen Rückstände ebenfalls mit Hexan ausgezogen. Die vereinigten Eluate wurden getrennt nach gelöster und partikulärer Fraktion und nach einzelnen Fahrtabschnitten wie oben beschrieben säulenchromatographisch in 4 Fraktionen unterteilt, welche jeweils einzeln gaschromatographisch untersucht wurden. Es zeigte sich, daß der Einfluß der Leitungen und der Pumpe des Schiffes auf die Zusammensetzung der Eluate gering war und kompensiert werden kann.

Der überwiegende Teil der erdölbürtigen aliphatischen Kohlenwasserstoffe war mit dem außerordentlich geringen Anteil partikulärer Substanz assoziiert und überwog in einigen Fällen den Anteil biosynthetisierter Aliphaten (n-Pentadecan, n-Heptadecan, n-Heptadecen, Heneicosahexan), wenn auch die einzelnen biosynthetisierten Aliphate weit höher konzentriert waren als einzelne erdölbürtige Aliphaten. Aromatische Kohlenwasserstoffe, welche die Fluoreszenz der Hexanextrakte verursachen sollten, konnten gaschromatographisch bei FID Detektion nicht nachgewiesen werden.

Alle einzelnen Fraktionen wurden in Glasampullen unter Stickstoff eingeschmolzen zur späteren massenspektrometrischen Analyse der Bestandteile. Es wird davon ausgegangen, daß sich in den polaren Fraktionen Carbonylverbindungen aus dem direkten photolytischen Abbau von Kohlenwasserstoffen befinden und solche, die aus Aldolkondensationen einfacher Carbonylverbindungen (Formaldehyd, Acetaldehyd, Aceton) entstanden sind.

## 5.6.8

**Gruppe GPI-Hamburg**

(E.T. Degens, A. Spitzzy, N. Skoulikidis, L. Jürgensen)

Unsere Aufgabe an Bord der METEOR bestand in der Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen im gesamten Bereich des östlichen Mittelmeeres (bis zur Straße von Sizilien) und an einigen Stationen im westlichen Teil. Diese Proben sollen auf gelöste organische Kohlenstoffe untersucht werden.

Die Proben wurden mit Hilfe von vorgereinigten 1 Liter-Gasflaschen von der Rosette entnommen. Jede Flasche wurde vor der endgültigen Entnahme mehrmals mit Probenwasser gespült. Die partikulären Anteile der Proben wurden mit Hilfe von 0,47 µm Glasfaserfiltern herausgefiltert.

An Bord des Schiffes mußte wegen der möglichen Kontamination durch organische Stoffe besonders darauf geachtet werden, daß die Proben möglichst wenig mit der Luft in Berührung kamen. Bei der Filtration kam das Wasser ausschließlich mit Glas- oder Teflonteilen in Kontakt, die zuvor ebenfalls mehrmals mit Probenwasser gespült wurden. Jede Probe wurde anschließend mit HgCl<sub>2</sub> vergiftet, um eine Veränderung des DOC-Gehaltes durch lebende Organismen zu vermeiden. Um chemische Prozesse während der Lagerung der Proben zu unterdrücken, wurden alle fertigen Proben in einem Kühlcontainer aufbewahrt, in dem eine konstante Temperatur von +4°C herrschte.

Mit Hilfe dieser Proben soll u.a. versucht werden, die Herkunft des DOC-Gehaltes (terrigen oder planktonisch) zu rekonstruieren. Außerdem soll die Eignung von DOC als Tracer für die Zirkulation von Wassermassen getestet werden.

Um zusätzlich Aussagen über die Struktur und das Alter des DOC machen zu können, wurden an einigen Stationen größere Wassermengen entnommen, aus denen über ein Anreicherungsverfahren (Leiten über Hitze) Huminstoffe gewonnen werden sollen. An diesen soll der DOC auf seine Struktur (Kernresonanzspektren an C<sub>13</sub>) und sein Alter (C<sub>14</sub>-Altersbestimmung) untersucht werden. Hierzu wurden 2 Großraumschöpfer à 270 Liter Inhalt eingesetzt, mit denen einheitliche Proben von Zwischen- oder Tiefenwasser zutage befördert wurden. Diese Proben wurden zum Teil filtriert und ebenfalls bei 4°C im Container gelagert.

Bei der Probennahme von der Rosette wurden je nach Wassertiefe der Station 12 bis 20 Proben je 1 Liter genommen. Insgesamt wurden 650 dieser Proben an 43 Stationen genommen. Um einen repräsentativen „Eichwert“ zu erhalten, wurde außerdem eine größere Probe von älterem Wasser aus 3500 m Tiefe im Atlantik (St. 796/1) genommen.

Die Großraumschöpfer wurden an 4 Stationen eingesetzt:

Station 724/1 in 180 m Tiefe (zentrales Herodot-Becken),

Station 732/1 in 2500 m Tiefe (östliches Ende Herodot-Becken),

Station 742/2 in 1800 m Tiefe (östliches Ende tiefes Levantinisches Becken),

Station 766/1 in 1000 m Tiefe (Südadriatisches Becken).

An Station 772 riß am 8.9.1987 das Stahlseil während der Probennahme, sodaß beide Großraumschöpfer verlorengingen. Daher entfiel für den verbleibenden Teil der Fahrt die Entnahme der großvolumigen Proben.

### 5.6.9 MIT Marine Geochemistry Group (D. Lea, E. Boyle)

The purpose of the participation on board METEOR was to collect trace metal samples. The principle obstacle in obtaining such samples is the general ease with which they can be contaminated on the ship. Therefore extreme precautions are taken in collecting, filtering and preserving the samples.

I collected about 180 samples of surface water from 60 stations. These include both filtered and unfiltered samples. The surface water samples were collected primarily from the bow "Ausleger" to minimize any possible contamination from the ship. I also collected about 20 samples from various Rosette casts by means of a specially prepared 5 l Niskin bottle which is free from contaminating metals. These deep samples include both filtered and unfiltered samples. All samples have been preserved with 3x distilled HCl.

Metals to be analysed include Cu, Ni, Cd, Pd, Zn, Co and Ba. Analysis will be accomplished primarily by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry; Ba will be analysed by inductively coupled plasma mass spectrometry and Co by HPLC chemoluminescence. Metals will be preconcentrated and removed from the salt matrix before analysis.

The ultimate goal of our programme is to investigate the sources and cycling of trace metals through the Mediterranean Sea. The samples collected on M 5/6 represent our first extensive sampling of the Eastern Mediterranean and will complement previous work done in the Western Mediterranean.

In addition to the trace metal samples I have also collected samples for Radium analysis at the request of Dr. William Moore of the Department of Geology, University of South Carolina. These samples are taken by soaking MnO<sub>2</sub>-fibers in surface seawater for 2 or more hours. Laboratory counting then yields the ratio of Radium 228 to 226 absorbed onto the fibers. I took these samples at about 14 stations.

### 5.6.10 Gravimetrie (W. Roether, J. Makris, Th. Liebe, Chr. Henke)

#### *Zielsetzung*

Es wurde das östliche Mittelmeer von Israel bis Kreta flächenhaft und das mittlere und westliche Mittelmeer auf einigen Profilen vermessen.

Ziel ist es, die Daten mit älteren, mit dem ASKANIA Gss 2 Seegravimeter gewonnenen, zu vergleichen. Auf Grund der heutzutage weiterentwickelten Techniken zur Navigation, insbesondere GPS (Global Positioning System), werden die an die gravimetrischen Daten anzubringenden Reduktionen und damit auch an die ermittelten Schwerewerte eine um eine Größenordnung höhere Genauigkeit als die bislang vorhandenen aufweisen.

Eine Abschätzung dieser Fehler ist von großer Bedeutung für die Verwendung bislang vorhandener Schwerekarten, da dies nicht ohne Konsequenzen für die geophysikalischen Modelle und deren Interpretation im Hinblick auf geodynamische Prozesse ist.

Diese Vermessung dient als Erweiterung und Ergänzung des deodätischen MEDLAS Projektes.

Es ist beabsichtigt das gravimetrisch erstellte Geoid des östlichen Mittelmeeres mit der neuen gravimetrischen Vermessung zu verfeinern. Dieses wird in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Lelgemann aus Hannover erfolgen.

Krustendichtemodelle, Isostasie, tektonische Vorstellungen und geodynamische Prozesse werden mit Hilfe der neugewonnenen Daten überprüft.

#### *Die Installation des Gravimetersystems*

Auf der METEOR-Reise 5/6 kam das Seegravimeter Kss 30 des Institutes für Geophysik der Universität Hamburg zum Einsatz.

Das Gravimetersystem wurde in dem gut zugänglichen und geräumigen Gravimeterraum der METEOR aufgebaut.

Der Gravimeterraum ist mit einer schwingungsfrei gelagerten Plattform ausgerüstet, die einen optimalen Einbau des Kreiseltisches mit dem Sensor erlaubt. Ein 115 V/400 Hz Anschluß sorgt für die Versorgungsspannung des Stützkreisels. Es ist deshalb nicht notwendig einen eigenen Umformer zu installieren. Der vorhandene Platz läßt es zu die benötigte Steuerungselektronik in direkter Nähe des Kreiseltisches aufzubauen, so daß keine größeren Kabelstränge in andere Räume geführt werden müssen.

Die oben genannten Gründe lassen eine sehr kurze Installierungszeit von drei bis vier Stunden zu.

Für den optimalen Betrieb des Gravimetersystems müßte ein Anschluß an den Kreiselkompaß des Schiffes erfolgen. Eine solche Schnittstelle ist auf dem Schiff jedoch nicht vorhanden. Es ist deshalb wünschenswert einen Tochter Kompaßanschluß einzurichten, der zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet werden kann.

Die für die Stützung des Kreiseltisches erforderlichen Daten wurden von der DVS 1300 und dem TRIMBLE 4000 in einem IBM-PC eingespeist, der die Daten aufbereitete und an das Gravimeter weiterleitete.

Während der Reise stand auch ein MAGNAVOX GPS Empfänger MX 4400 zur Verfügung. Den Bordelektronikern gelang es jedoch nicht Daten von diesem Gerät in die DVS-Anlage einzuspeisen. Auch der eigene Versuch, die Daten aus der Schnittstelle des Gerätes zu dekodieren blieb erfolglos. Der MAGNAVOX GPS Empfänger konnte somit in keiner Weise für die Gravimetrie genutzt werden.

#### *Navigation*

Als Navigationsgeräte standen während des ersten Fahrtabschnittes ein GPS Empfänger (Global Positioning System) TRIMBLE 4000 und während der gesamten Vermessung ein MAGNAVOX MX 4400 GPS Empfänger und das integrierte Navigationssystem (INS) der METEOR zur Verfügung. Das GPS System ist noch in der Aufbauphase und liefert im Gebiet des Mittelmeeres nur 6 bis 8 Stunden Tag Navigationsdaten. Der Empfänger rechnet die Satellitendaten um und liefert in Sekundenintervallen die geographische Breite, die geographische Länge, die Geschwindigkeit über Grund und den rechtweisenden Kurs. Die Genauigkeit dieser Positionen liegt je nach Konstellation der Satelliten zwischen 20 und 50 Metern.

Die INS-Anlage der Firma Krupp Atlas verarbeitet die Informationen der Transit-Satelliten Navigationssystemes, zeitweise LORAN-C, das Doppler-Log, das Em-Log und den Kreiselkompaß. Der Satellitenempfänger lieferte Fixe im Abstand von 20 Minuten bis im ungünstigsten Falle 5 Stunden. LORAN-C berechnet alle 20 Sekunden neue Koordinaten. In dem Meßgebiet war die Überdeckung allerdings nicht ausreichend, so daß auf dieses System zeitweise verzichtet werden mußte. In den Zwischenzeiten wurde mit Hilfe des Doppler-Logs und dem Kreiselkompaß weiter gekoppelt. Auf den Dampfstrecken mit konstanter Geschwindigkeit und gleichbleibendem Kurs waren nach einer ersten Auswertung die Abweichungen zum GPS System  $< 100$  m. Auf Stationen, auf denen das Schiff mit geringer Geschwindigkeit und häufig wechselnden Kursen trieb, kam es zu Abweichungen bis zu 500 m.

#### *Fahrtverlauf und Durchführung der Messungen*

Der erste Teil der Reise vom 19. August bis 21. August 1987 führte in den östlichen Teil des Mittelmeeres, der zweite Teil vom 1. September bis 14. September 1987 in den westlichen Teil des Mittelmeeres. Die Rückfahrt wurde am 16. September 1987 von Palermo angetreten und endete am 25. September 1987 in Hamburg.

Das Hauptziel der Reise war die ozeanische Untersuchung des Mittelmeeres. Die Dampfstrecken zwischen den Stationen betragen zwischen 20 und 60 Seemeilen, während dieser Zeiten konnte die Schwere gemessen werden. Der Stationsplan ließ es aus Zeitmangel nicht zu einige Profile zu fahren, die die anderen Profile kreuzen. Das Gravimeter arbeitete während der gesamten Reise störungsfrei. Es wurden alle 10 Sekunden ein Datensatz, der neben den Schweredaten auch Position, Kurs, Geschwindigkeit und Wassertiefe enthielt, auf Magnetband abgespeichert. Zusätzlich wurden die Navigationsdaten aus der INS-Anlage mit Hilfe eines IBM-PC auf Diskette aufgezeichnet. In der Zeit vom 19. August bis zum 31. August betrug das Samplingintervall 10 Sekunden, vom 1. September bis zum Ende der Reise 120 Sekunden. Störend war der leider, besonders bei Seegang, häufige, kurzfristige Ausfall der Wassertiefedaten, die für spätere Reduktionen enorm wichtig sind. Da es sich bei den Gravimetern im Normalfall um Relativmeßinstrumente, so auch das KSS 30, handelt, ist es erforderlich Messungen an Punkten mit bekannter Absolutschwere zu machen. Aus diesem Grunde wurden während der Hafenaufenthalte, am 18. und 31. August 1987 in Heraklion, am 14. September in Palermo und am 25. September in Hamburg Hafenananschlußmessungen mit einem Landgravimeter Lacoste-Romberg G260 durchgeführt.

Das Wetter während der gesamten Reise war durchweg gut. Eine Wellenhöhe von 1,5 m wurde nicht überschritten. Die Schiffsgeschwindigkeit auf den Profilen betrug im Schnitt 11 kn. Bei einigen Gegenwindstrecken bei 4 bis 5 Bft. sank die Geschwindigkeit auf 8 bis 10 kn.

### 5.6.11 Luftchemie (M. Kessel, D. Kubin, Th. Darmstadt)

Folgende Arbeiten waren auf dem Schiff durchzuführen:

- Aufbau der Probennahmeapparaturen unter Berücksichtigung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Kontaminationsmöglichkeiten durch Abgase oder Rußpartikel aus dem Schornstein.
- Messungen von gasförmigem Chlorwasserstoff, partikelgebundenen Anionen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  etc.), Ammonium, Ammoniak, Aldehyden und Carbonsäuren in der Luft.
- Messungen von Kohlenwasserstoffen und halogenierten Kohlenwasserstoffen in der Gasphase.
- Falls möglich, sollten Regenproben gesammelt werden, die auf die oben erwähnten anorganischen und organischen Spurenstoffen untersucht werden sollten.

Zur Durchführung der Messungen wurden die Probenapparaturen auf dem 6. Aufbaudeck der METEOR befestigt. So bestand die Möglichkeit, die Apparaturen je nach Fahrtrichtung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung beliebig auszurichten.

Zur Probennahme dienten Pumpen, die Luft durch die entsprechenden Apparaturen saugen. Die Volumenströme wurden mittels Gasuhren und Rotametern eingestellt und gemessen.

Die anorganischen Spurenstoffe wurden auf Filterkaskaden gesammelt, die je nach zu untersuchender Substanz mit unterschiedlichen Filtern belegt waren. Gasförmiger Chlorwasserstoff wurde durch Röhrchen, die an der Innenwand mit einem festen Absorbens belegt sind, gesammelt. Zum Sammeln der Aldehyde und Carbonsäuren dienten Impinger-Gefäße, die mit einer Derivatisierungsreagenz gefüllt waren. Zur Luftprobennahme für die Messung von Kohlenwasserstoffen wurden evakuierte Edelstahlbehälter verwendet.

Während der Fahrt wurden zwei Tagesgänge gemessen, einer im Mittelmeer bei östlichen Winden, einer im Atlantik bei westlichen Winden.

Die Messungen müssen noch ausgewertet werden und sollen anschließend sowohl untereinander als auch mit schon vorhandenen Daten aus Flugzeugmessungen verglichen werden.

Weiterhin sollen die Regenproben, die während der Fahrt gesammelt wurden, dazu dienen Aussagen über eine Verteilung der Spurenstoffe in der Gasphase und im Regen machen zu können.