

**Die Expedition ANTARKTIS-X
mit FS „Polarstern“ 1992**

Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-X/1a und 2

**The Expedition ANTARKTIS-X
of RV "Polarstern" 1992**

Report of Legs ANT-X/1a and 2

**Herausgegeben von / Edited by
Heinz Miller
mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer/
with contributions of the participants**

Inhalt

I	<u>ANT-X/1A. BREMERHAVEN - PUERTO MADRYN</u> 14.11.91-09.12.91	
1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf	5
	Summary and Itinerary	7
1.1	Wetterverlauf und Tätigkeit der Bordwetterwarte	8
1.1.1	Wetterbedingungen	8
1.1.2	Tätigkeiten der Bordwetterwarte.....	9
1.2	Luftchemische Untersuchungen.....	11
1.2.1	Wasserstoffperoxid und Ozon in der marinen Troposphäre	11
1.2.2	ROx - Radikale in der maritimen troposphärischen Grenzschicht	15
1.2.3	Leichtflüchtige Organohalogenverbindungen in der marinen Troposphäre und im atlantischen Oberflächenwasser	20
1.3	Meereschemische Untersuchungen.....	21
1.3.1	Messungen des CO ₂ -Partialdrucks des atlantischen Oberflä- chenwassers und der marinen Atmosphäre	21
1.3.2	Untersuchungen zum ozeanischen Karbonatsystem.....	22
1.3.3	Iodierte Kohlenwasserstoffe im Atlantik	23
1.3.4	Organische Spurenstoffe im Wasser	24
1.3.5	Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) im Wasser	29
1.4	Meeresbiologie.....	33
1.4.1	Gehalt an Dimethylsulfoniopropionat im Phytoplankton des Nord- und Südatlantik	33
1.4.2	Tiefseemikrobiologie	36
1.4.3	Untersuchungen zur latitudinalen Verbreitung, Dichte und Aktivität mariner Pilze im Atlantischen Ozean	37
1.4.4	Mikrobiologie	39
1.5	Physikalische Ozeanographie	40
1.5.1	CTD- und Thermosalinograph-Messungen	40
1.6	Untersuchungen der Mittleren Atmosphäre- Das Projekt LADIMAS -(Latitudinal Distribution of Middle Atmosphere Structure)	46
1.6.1	Bestimmung der Temperatur der oberen Mesosphäre aus OH*- Emmissionen	47
1.6.2	Die Resonanz-Lidarinstrumente	50
1.6.3	Das Ozon-Photometer der University of Saskatchewan.....	54
1.6.4	LAMP - Lidar Atmospheric Measurement Program	54
1.6.5	The Digisonde 256 Ionospheric Diagnostic System	56
1.6.6	The Penn State Microwave Water Vapor Radiometer	59
II	<u>ANT-X/2. PUNTA ARENAS - KAPSTADT</u> 04.01.92-26. 03.92	
2	Zusammenfassung und Fahrtverlauf	71
	Summary and Itinerary	71
2.1	Geologie.....	74
2.1.1	Marin-geologische Untersuchungen im Weddellmeer und der Lazarevsee	74
2.1.2	Sediment-Echographie mit dem PARASOUND-System	78
2.2	Geophysik.....	91
2.2.1	Marine Seismik	91

2.2.2	Arbeitsprogramm.....	93
2.2.3.	Reflexionsseismik.....	93
2.2.4	Refraktionsseismik.....	95
2.2.5	Gravimetrie	109
2.2.6	Magnetik.....	110
2.3	Biologie	112
2.3.1	Untersuchungen an Robben und Pinguinen im Drescher Inlet, Vestkapp.....	112
2.3.1.1	Kaiserpinguine.....	113
2.3.1.2	Weddellrobben	115
2.3.1.3	Seevogelbeobachtungen.....	118
2.4	Meteorologisch-Ozeanographische Untersuchungen mit driften- den Meereisbojen	119
2.5	Fernerkundung AVHRR-Aufnahmen	124
2.6	Meereiserkundung durch LineScan-Kamera Aufnahmen	129
2.7	Umbau der meteorologischen und luftchemischen Observatorien der Neumayer Station	133
2.7.1	Aufgaben des neuen meteorologischen Observatoriums.....	133
2.7.2	Technische Ausstattung des meteorologischen Observatoriums.....	134
2.7.3	Durchführung des Umbaus des meteorologischen Observato- rium.....	135
2.7.4	Durchführung des Umbaus des luftchemischen Observatoriums.....	136
2.7.5	Ausblick.....	136
2.8	Das neue geophysikalische Observatorium an der Neumayer Station	139
2.8.1	Bauliche Realisierung	139
2.8.2	Elektrische Versorgung.....	142
2.8.3	Installation der Meßgeräte und der Datenerfassung.....	142
2.8.4	Installation des neuen Rechnersystems auf Neumayer.....	144
2.8.5	Die seismologischen Außenstationen.....	145
2.9	Meteorologische Beratung	153
2.10	Bathymetrische Arbeiten	155
2.11	Filchner IV- Massenhaushalt und Dynamik des Filchner-Ronne- Schelfeise	161
2.11.1	Einleitung und zeitliche Übersicht	161
2.11.2	Bewegung, Deformation und Höhe des Schelfeises	162
2.11.3	Kernbohrung	173
2.11.3.1	Bohrtechnik und Bohrverlauf	175
2.11.3.2	Gewonnenes Probenmaterial	177
2.11.4	Messungen am Bohrkern und im Bohrloch	179
2.11.4.1	Dichte, elektrolytische Leitfähigkeit und Temperatur	179
2.11.4.2	ECM-Messungen	183
2.11.4.3	Wechselstromleitfähigkeits- und kontinuierliche Dichte-Messungen.....	184
2.11.4.4	Erste Ergebnisse der Messungen am Bohrkern B15	186
2.11.5	Heißwasserbohrung	191
2.11.5.1	Motivation und Zielsetzung.....	191
2.11.5.2	Bohrtechnik	192
2.11.5.3	Bohrarbeiten und Erfahrungen	194
2.11.6	Sonstige glaziologische Arbeiten zu Massenhaushalt und Bohr- kerninterpretation.....	195
2.11.6.1	Aerosolsammlung	195
2.11.6.2	Wasserprobennahme vor Filchner	196

2.11.6.3	Beprobung Eisberge (J. Kipfstuhl)	196
2.11.6.4	Glaziologische Arbeiten bei der Neumayer-Station	197
2.11.7	ERS-1-Testfeld	197
2.11.7.1	Einrichtung eines Testfeldes für die Satellitenaltimetrie auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis	197
2.11.7.2	GPS-Beobachtungen auf der argentinischen Station General Belgrano II	201
2.11.8	Passive und aktive Radarreflektoren	203
2.11.9	Mikrowellensignaturen und physikalische Eigenschaften der Schneedecke	210
2.11.9.1	Introduction	210
2.11.9.2	MSSL Radar	212
2.11.9.3	IMGI Radar	212
2.11.9.4	Glaciological measurements	215
2.11.9.5	Infrared radiometry	215
2.11.10	Untersuchungen anionischer Spurenstoffe und Speziesanalytik in Umweltproben	216
3	Die Sommerkampagne Schirmacheroase 1991/92, Georg- Forster-Station (GEOMAUD II)	219
3.1	Geodätische und radioglaziologische Untersuchungen im zentralen Königin-Maud-Land.....	221
3.1.1	Das Projekt EISMAUD	221
3.1.2	Geodätische Arbeiten im Rahmen des Projektes EISMAUD.....	223
3.1.3	EMR-Messungen	225
3.2	Geologische und geochemische Untersuchungen im Humboldt- Gebirge/Zentrales Königin-Maud-Land	230
3.2.1	Insel-Berge (Metamorphite des Insel-Migmatit-Komplexes).....	232
3.2.2	Eck-Hörner (Charnockit-Komplex).....	235
3.2.3	Südrand der Schüssel (Metamorphite der Schüssel-Gruppe).....	237
3.2.4	Gorki-Kette (Metamorphite der Gorki-Gruppe).....	237
3.2.5	Moränenuntersuchungen	237
3.3	Physisch-geographische Untersuchungen in der Schirmacher- Oase	242
3.3.1	Verlauf der Feldarbeiten und Einrichtung des Meßfeldes.....	244
3.3.2	Die Meßkampagne und erste Resultate der Untersuchungen.....	245
3.4	Untersuchungen zur spätquartären Entwicklungsgeschichte von Seen im zentralen Königin-Maud-Land	255
3.4.1	Allgemeines.....	255
3.4.2	Sedimente in Seen der Schirmacheroase.....	263
3.4.3	Sedimente in Seen der Gruberberge.....	265
3.4.4	Seeterrassen und Seehochstände.....	270
3.4.5	Hydrologie/Hydrogeochemie der Seen.....	271
3.4.6	Glaziales Umfeld der Seen.....	275
3.4.7	Mumiyo in den Gruberbergen.....	277
	Stationsliste ANT-X/2 (02.01.1992-25.03.1992)	280
	Beteiligte Institutionen / Participating Institutions	283
	Fahrtteilnehmer / Participants, ANT X/1a.....	287
	Fahrtteilnehmer / Participants ANT X/2	288
	Schiffspersonal / ShipsCrew und 1 b ANT X/1a.....	291
	Schiffspersonal / Ships Crew ANT X/2.....	292

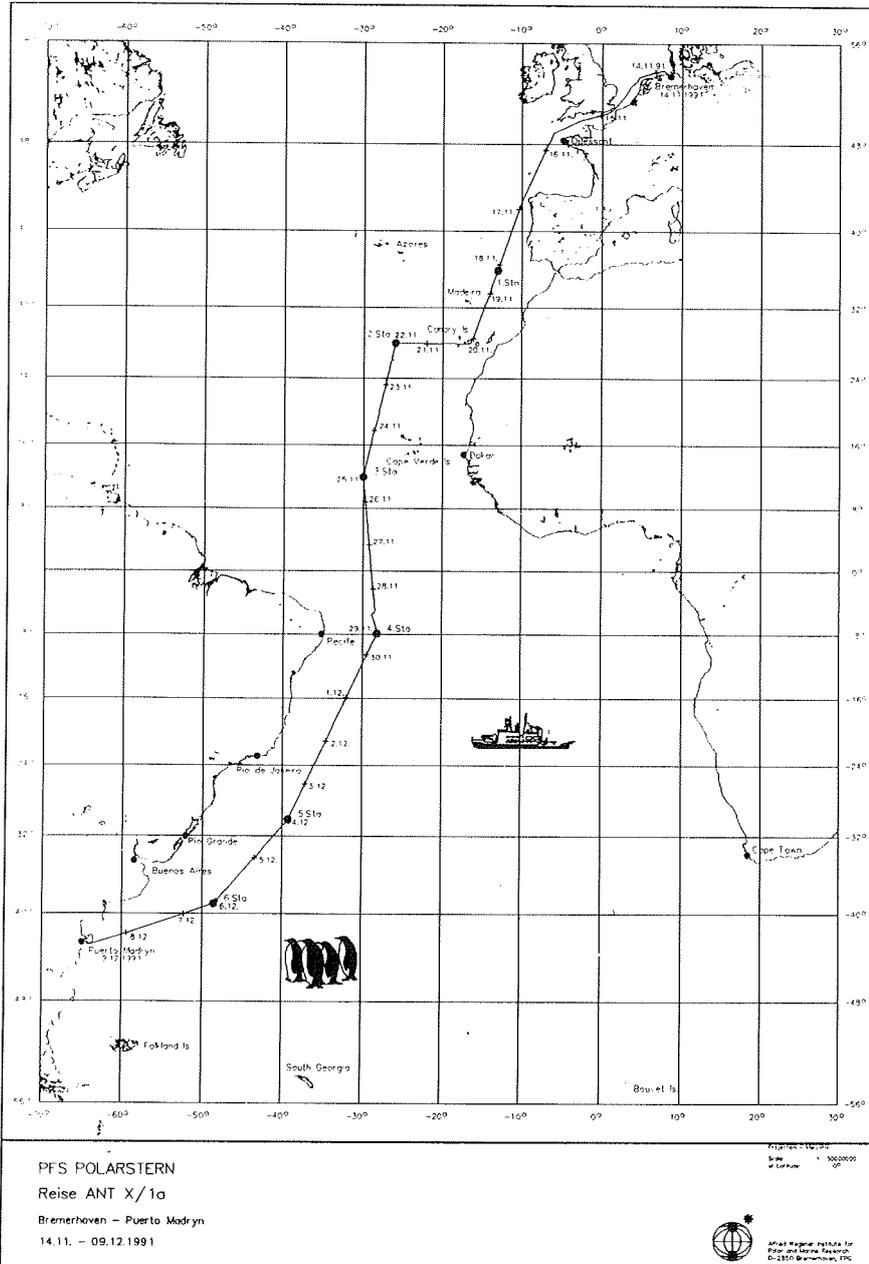


Abb. 1: Fahrtverlauf des Fahrtabschnittes ANT X/1a
Fig. 1: Cruise track of RV "Polarstern" during ANT X/1a

I **ANT-X/1a + 1b, Bremerhaven - Puerto Madryn**
(14. November - 9. Dezember 1991)

1 **Zusammenfassung und Fahrtverlauf** (O. Schrems)

FS "Polarstern" verließ Bremerhaven am 14. 11.1991 mit 42 Besatzungsmitgliedern und 45 Wissenschaftlern an Bord zu seiner 10. Antarktisreise. Auf dem 1. Fahrtabschnitt, der atlantischen Nord-Süd-Traverse (ANT X/1a) von Bremerhaven nach Puerto Madryn (Argentinien), wurden überwiegend luftchemische, meereschemische und meeresbiologische Untersuchungen durchgeführt. Ozeanographische Arbeiten und Untersuchungen der Mesosphäre mit Fernerkundungsmethoden ergänzten das Forschungsprogramm dieser Fahrt.

Die von einigen Arbeitsgruppen durchgeführten Spurenstoffuntersuchungen in der marinen Troposphäre und im Wasser knüpften teilweise an frühere Reisen an und lieferten Informationen über die von der geographischen Breite abhängigen Verteilung natürlicher und anthropogener Spurenstoffe, über Bildungsprozesse von natürlichen Spurenkomponenten sowie über Austauschprozesse des Systems Atmosphäre/Ozean.

Im Rahmen der luftchemischen Messungen wurden leichtflüchtige Organohalogenverbindungen, Ozon, Wasserstoffperoxid, CO₂, CO und ROx-Radikale in der marinen Troposphäre bestimmt. Die Meereschemiker führten Untersuchungen von iodierten Kohlenwasserstoffen, Adenosintriphosphat (ATP), des CO₂-Partialdruckes sowie des ozeanischen Karbonatsystems durch. Oberflächenwasser wurde für einen Teil dieser Messungen durch ein kontinuierlich arbeitendes Schnorchelsystem entnommen, welches im Brunnenschacht der "Polarstern" installiert war.

Ein umfangreiches Meßprogramm zur Charakterisierung von organischen Spurenstoffen in der Wassersäule des Atlantiks, wie z.B. polyzyklische Aromaten, wurde ebenfalls durchgeführt. Für die Isolierung der organischen Wasserinhaltsstoffe waren Extraktionen großer Wassermengen erforderlich, welche mit Hilfe von Gerard-Schöpfern aus verschiedenen Tiefen gewonnen wurden.

Insgesamt wurden bei dieser Schnittfahrt 6 Tiefseestationen durchgeführt, welche in ozeanographische interessante Tiefseebecken gelegt wurden. Einige der Positionen wurden nach Stationen früherer GEOSECS-Expeditionen ausgewählt. Ein großer Teil der bei den luft- und meereschemischen Untersuchungen erforderlichen Analysen wurde bereits an Bord der "Polarstern" durchgeführt. Unterstützt wurden die meereschemischen Untersuchungen durch CTD-, Thermosalinograph- und ADCP-Messungen der Ozeanographen.

Des Weiteren wurden von den Ozeanographen zur Erstellung eines Meridionalschnittes pro Breitengrad ein XBT (Expendable Bathythermograph) geworfen und ein Radiosondenaufstieg durchgeführt. Diese Messungen tragen zu einem langjährigen Datensatz bei, welcher die ozeanischen Temperaturen im Bereich der Warmwassersphäre und die meteorologischen Parameter wie Temperatur, Feuchte

und Wind bis in eine Höhe von ca. 17 bis 27 km auf den Nord-Süd-Passagen beinhaltet.

Deep Sea Station	Station No. ("Polarstern")	Date	Latitude	Longitude	Depth (m)	Activity
1	20/012	18.11.91	36°00.0'N	13°00.2'W	4806	CTD,MIC,GWS,HN
2	20/023 (GEOSECS Nr.115)	22.11.91	28°01.1'N	20°00.1'W	5131	CTD,MIC,GWS, HN,BO
3	20/040	25.11.91	12°00.0'N	30°00.0'W	5800	XBT,BO,CTD, MIC,GWS,HN
4	20/060 (GEOSECS Nr.49)	29.11.91	07°56.4'S	08°12.1'W	5395	XBT,CTD,MIC, GWS,HN,BO
5	20/082 (GEOSECS Nr.59)	04.12.91	30°12.6'S	09°17.8'W	4590	XBT,CTD,MIC, GWS,HN,BO
6	20/091 (GEOSECS Nr.64)	06.12.91	39°03.0'S	08°33.1'W	5303	XBT,MIC,GWS, HN,CTD,BO

Tab. 1: Positionen der 6 hydrographischen Stationen auf dem Fahrtabschnitt ANT X/1a

Tab. 1: Positions of the 6 hydrographical stations during cruise ANT X/1a

Meeresbiologen untersuchten zur Aufklärung der Vorgänge bei der Bildung von Schwefelverbindungen aus dem Phytoplankton die Gehalte an partikulärem Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) und Chlorophyll sowie die Artenzusammensetzung des Phytoplanktons im Oberflächenwasser. Mikrobiologen befaßten sich mit der räumlichen Verbreitung von Bakterien und der Tiefenanpassung von Bakterien-Populationen. Eine weitere mikrobiologische Arbeitsgruppe untersuchte die latitudinale Verbreitung, Dichte und Aktivität mariner Pilze im Atlantischen Ozean.

Mehrere Gruppen von Atmosphärenphysikern beteiligten sich auf dieser Fahrt an dem Projekt LADIMAS (= **L**atitudinal **D**istribution of **M**iddle **A**tmosphere **S**tructure), dessen Hauptaufgaben Untersuchungen der Mesosphäre mit Hilfe von Fernerkundungsverfahren waren. Mit mehreren Spektrometern wurden der Gehalt an Wasserdampf, OH und Ozon in der Mesosphäre ermittelt. Mit drei Lidar-Systemen wurden Parameter wie Lufttemperatur, Luftdichte, Natrium, Eisen, Aerosol und Wolkenteilchen gemessen. Mit den Lidar-Instrumenten konnte auch in der Stratosphäre die Ausbreitung einer vulkanischen Aerosol-Wolke über weite Bereiche der Nord- und Südhemisphäre verfolgt werden. Diese "Wolke" stammte vom Vulkan Pinatubo (Philippinen), der wenige Monate vor Fahrtbeginn im Juni 1991 ausgebrochen war und gewaltige Aerosolmengen in die Stratosphäre transportiert hatte.

Vier Wissenschaftler, welche seit dem Auslaufen des Schiffes an den Navigations- und EDV-Einrichtungen der "Polarstern" arbeiteten, hatten am 20.11. ihre Aufgaben erfüllt und wurden beim Passieren der Kanarischen Inseln in Teneriffa an Land gebracht. Puerto Madryn, der Zielhafen des Fahrtabschnittes ANT X/1a wurde von "Polarstern" wie geplant in den Morgenstunden des 9. Dezember erreicht. 9 weitere Wissenschaftler beendeten hier ihr Untersuchungsprogramm und wurden ausgeschifft.

Summary and Itinerary

The 10th cruise of RV "Polarstern" to Antarctica started at Bremerhaven on November 14, 1991 with 42 crew members and 45 scientists aboard the ship. During the first leg ANT X/1a, the Atlantic north-south transect from Bremerhaven to Puerto Madryn (Argentina), the research activities were focussed on investigations in the field of air chemistry, marine chemistry and marine biology. Oceanographic studies and remote sensing of the Middle Atmosphere complemented the research programme of this cruise.

The measurements of trace compounds in the marine troposphere and atlantic surface water performed by some of the research groups added valuable information to results obtained during previous cruises. The investigations provided information on global distribution of trace compounds of either biogenic or anthropogenic origin, on sources of these species, about formation and air-sea exchange processes as well as pollution of the North and South Atlantic.

Air chemists measured volatile organohalogen compounds, ozone, hydrogen peroxide, CO, CO₂ and RO_x radicals in the marine troposphere. Marine chemists investigated iodinated hydrocarbons, adenosine triphosphate (ATP), CO₂ partial pressures and the carbonate system of the ocean. Surface seawater - as far as continuous sampling was required for these measurements - was taken by a snorkel system which was installed in the hydrographical moon pool of the ship.

An extensive research programme was dedicated to the characterisation of organic trace compounds - like polycyclic aromatic species - in the water column of the Atlantic. In order to isolate organic trace compounds, large quantities of seawater were required which were collected by means of high-volume samplers at various depths. The organic trace compounds were subsequently extracted from the water samples aboard the ship.

Altogether there were 6 deep sea stations performed during this leg which were placed to ocean basins of particular oceanographic interest. Some of the locations of these stations were identical with stations of former GEOSECS expeditions (see table 1). From all the air and water samples taken during this leg a considerable fraction was already analysed aboard "Polarstern". Physical Oceanographers supported the chemistry programme by CTD-, thermosalinograph- and ADCP measurements. The focal point of the oceanographers studies was a meridional transatlantic section of upper ocean temperature profiles. This was obtained from XBT (Expandable Bathythermograph) drops at regular intervals of one degree latitude. Simultaneously, radiosondes were launched to give meteorological param-

ters like air temperature, humidity and wind up to heights of 17 to 27 km. These measurements contributed to a many years' standing data set.

Marine biologists investigated processes related to the formation of sulfur compounds in sea water. They measured the content of dimethylsulfoniumpropionate (DMSP) - a precursor of DMS - and the chlorophyll content as well as the species composition of phytoplankton samples. Microbiologists studied the regional distribution of bacterial numbers, metabolic activities and adaptation of bacterial populations to depths. Further microbiological studies concentrated on the latitudinal distribution and activity of fungi in the Atlantic Ocean.

The atmospheric physicists aboard participated in the LADIMAS (Latitudinal Distribution of Middle Atmosphere Structure) project. The objective of this project was remote sensing of the mesosphere. The content of water vapour, OH and ozone was determined by means of appropriate spectrometers. With three Lidar systems parameters like air temperature, air density, sodium, iron, aerosols and cloud particles were measured. The Lidar instruments were also able to detect the distribution of volcanic aerosol in the stratosphere over wide ranges in the northern and southern hemisphere. The "volcanic aerosol cloud" detected this way originated from the Pinatubo volcano (Philippines) which erupted some months before the beginning of the cruise in June 1991 and which released huge amounts of aerosols into the stratosphere.

When "Polarstern" passed Canary Islands, four scientists, who had been working on the navigation system and the computer facilities of "Polarstern" since the beginning of the cruise disembarked at Tenerife. As anticipated the destination of leg ANT X/1a, the port of Puerto Madryn, was reached in the morning hours of December 9. There, 9 scientists had completed their research programme and left "Polarstern".

1.1 Wetterverlauf und Tätigkeit der Bordwetterwarte (H. Sonnabend, DWD)

1.1.1 Wetterbedingungen

Am Rande eines umfangreichen, sich abschwächenden Tiefdrucksystems mit Kernen über Nordskandinavien, der nördlichen Nordsee und einem zur Bretagne weisenden Trog kam es in der Deutschen Bucht bei Beginn der Reise zu starken südwestlichen Winden, welche jedoch vor Erreichen des Englischen Kanals deutlich abnahmen und auf Nordwest drehten. Die Trogrückseite sorgte bei der Durchquerung der Biskaya zunächst für nordwestliche Winde um Bft 6, welche mit Annäherung der Fronten eines aus dem Seegebiet östlich von Neufundland ost-nordostwärts ziehenden Sturmtiefs auf Südwest drehten. Da FS "Polarstern" zu dieser Zeit jedoch bereits Kap Finisterre passiert hatte, blieb die "Polarstern" auf dem weiteren Kurs vom Sturmfeld der oben erwähnten Zyklone verschont.

Das Sturmtief zog langsam weiter Richtung Mitteleuropa, im Gegenzug wölbte sich, gestützt durch starke Warmluftadvektion in Richtung Irminger See, ein kräftiger Keil des Azorenhochs nach Island auf und sorgte so für eine Meridionalisierung der

Strömung auf dem Nordatlantik. Entlang der Ostflanke dieser langgestreckten Hochdruckzone machte FS "Polarstern" bei meist nördlichen Winden gute Fahrt zu den Kanarischen Inseln, wo allmählich ein Übergang in die Passatwindregion erfolgte.

Vermutlich lokale Effekte sorgten anfangs im Bereich der Kanaren für vorübergehenden Starkwind aus Nordost. Der Passat war, wegen der relativ nördlichen Position des Subtropenhochs nicht sonderlich markant ausgeprägt; der Wind wehte kurzfristig sogar aus Ost bis Südost. Die innertropische Konvergenzzone (ITC) wurde am 26.11. bei etwa 06° N erreicht und an einer relativen "Schwachstelle" mit nur mäßiger Schaueraktivität und fernem Wetterleuchten durchfahren. Bei etwa 02° N lag ein weiterer schmaler Zweig der ITC. Neben einer nochmals auflebenden Schaueraktivität markierte diese Linie den Übergang in den meist mäßigen Südostpassat.

Am 02.12. kam es bei ca. 22° S, querab von Rio de Janeiro, zu einer recht spektakulären Wetterentwicklung. Bei der Durchquerung der bis zur brasilianischen Nordostküste reichenden Kaltfront eines kleinen, aber intensiven, über etwa 25° S/35° W südostwärts ziehenden Tiefs, kam es während der Vormittagsstunden, begleitet von sehr heftigen Regenschauern zu nordwestlichen Winden bis Stärke Bft 8 und Böen bis Stärke Bft 9. Nach Passage der Kaltfront brach der Wind jedoch rasch zusammen und drehte auf südliche Richtungen.

Der Fahrtverlauf der nächsten Tage wurde durch ein aus dem Seegebiet nordöstlich der Rio de la Plata-Mündung ostwärts wanderndes Hochdruckgebiet bestimmt. Abgesehen vom 07.12., als mit Passage der Kaltfront eines über die Falkland-Inseln ostwärts ziehenden Sturmtiefs westliche Winde von Bft 5 bis 6 und eine recht hohe südwestliche Dünung für Fahrtreduzierung sorgten, traten auf dem weiteren stationsweisen Kurs in Richtung Puerto Madryn keine weiteren wetterbedingten Störungen auf.

Am 09.12. lief FS "Polarstern" planmäßig gegen 10.00 Uhr Ortszeit in Puerto Madryn, während eines heftigen, von Hagel begleiteten Gewitters ein.

1.1.2 Tätigkeiten der Bordwetterwarte

Bis in die Subtropen der Nordhalbkugel wurden Seewetterberichte des SWA, auf der Südhalbkugel vor Brasilien Wetterberichte des brasilianischen Wetterdienstes aufgenommen und an die Schiffs- und Fahrtleitung weitergegeben. Dem Schiffs- und dem Fahrtleiter sowie den wachhabenden nautischen Offizieren wurden zusätzlich Kopien aktueller Analysen und Vorhersagekarten sowie repräsentativer Satellitenbilder eingehend erläutert. Die übrigen Besatzungsmitglieder und wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer konnten sich täglich an vor der Bordwetterwarte ausgehängten Karten, Bildfunkwetterkarten und Satellitenbildern im Hinblick auf ihre Arbeitsprogramme informieren. Mündliche Auskünfte über aktuelle Wettermeldungen wurden auf Anfrage ständig erteilt.

Grundlagen für Berichts- und Auskunftstätigkeit waren:

a) Faksimilekarten.

Bis etwa zu den Kanarischen Inseln wurden hauptsächlich die von Offenbach/Pinneberg und Bracknell verbreiteten Analysen und Vorhersagekarten, ab Kap Finesterre zusätzlich die entsprechenden Produkte von Rota aufgenommen. Für den tropischen Atlantik wurden Karten von Dakar, Norfolk (Prognosen für Nord- und Südatlantik) und Moskau (Tropenanalyse) genutzt.

Während des letzten Abschnittes bis Puerto Madryn wurde auf Informationen aus Buenos Aires, Valparaiso und bereits Eduardo Frei zurückgegriffen.

b) Wetterberichte von Küstenfunkstellen

Zunächst sind die Seewetterberichte des Seewetteramtes (via Norddeich Radio bzw. Offenbach/Pinneberg), dann von Mosanto und Rio de Janeiro aufgenommen worden.

c) Vom Seewetteramt (SWA) per Telefax übermittelte ECMF- - Vorhersagekarten.

Diese Karten wurden ab Erreichen der Kanarischen Inseln in Abständen von 2 Tagen übermittelt und der Schiffs- und Fahrtleitung erläutert.

d) Funkfernsehrendungen mit Schiffswettermeldungen zur Verifizierung des Kartenmaterials wurden von Offenbach/Pinneberg, Bracknell, Dakar, Moskau und Pretoria aufgenommen.

e) Aufnahme aktueller Bilder der polumlaufernden Satelliten NOAA 10 und 12 sowie der russischen Meteor-Satelliten. NOAA 9 und 11 konnten während des ersten Fahrtabschnittes leider nicht aufgenommen werden, da der Betrieb eines im AWI-Container auf dem Peildeck installierten wissenschaftlichen Gerätes (Wasserstoffperoxid-Analysator) die Frequenz 137,62 fast vollständig paralyisierte. Entdeckt wurde dieser Zusammenhang jedoch erst nach dem Auslaufen aus Puerto Madryn. Es wird daher vorgeschlagen, schon bei den vorbereitenden Koordinationsgesprächen auf die Notwendigkeit der störungsfreien Nutzung der Satellitenfrequenzen hinzuweisen.

Wie üblich, wurden täglich zu allen synoptischen Haupt- und Zwischenterminen Wetterbeobachtungen (OBSE) erstellt und über DCP ins GTS (Global Transmission System) eingespeist. Die durch das ABWST-Programm erstellten automatischen Wettermeldungen wurden im Zeitraum von 06.00 bis 21.00 Uhr UTC durch Augenbeobachtungen ergänzt.

Täglich wurde der 12-Uhr-UTC-Radiosondenaufstieg durchgeführt, dessen Daten ebenfalls via DCP in das GTS transferiert wurden.

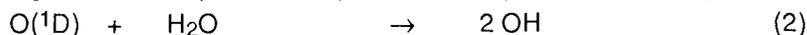
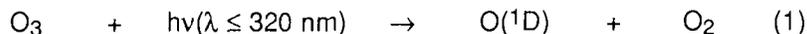
1.2 Luftchemische Untersuchungen

1.2.1 Wasserstoffperoxid und Ozon in der marinen Troposphäre (R. Weller, O. Schrems)

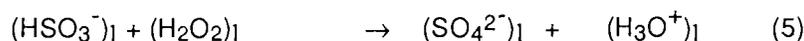
Einleitung und Zielsetzung

Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und Ozon (O_3) sind neben den Stickoxiden die wichtigsten Photooxidantien und Indikatoren für das Oxidationspotential der Troposphäre. In der natürlichen, unbelasteten Atmosphäre der südlichen Hemisphäre ist der Transport von Ozon aus der Stratosphäre praktisch die einzige Quelle für troposphärisches Ozon. In der stark industrialisierten Nordhemisphäre kommt eine weitere Quelle für troposphärisches Ozon hinzu, nämlich die Photochemie von Stickoxiden, wobei in einer Folgereaktion Ozon gebildet wird.

Die Photolyse von Ozon bei Wellenlängen ≤ 320 nm (Gl. 1) liefert elektronisch angeregte O-Atome (O^1D) die rasch mit Wasserdampf reagieren und so OH-Radikale bilden (Gl. 2), die wichtigsten Initiatoren von troposphärischen Photooxidationen.



Wasserstoffperoxid ist eines der wichtigsten Oxidationsmittel, welche die Oxidation von SO_2 zu H_2SO_4 (Schwefelsäure) in der Troposphäre bewirken. Wasserstoffperoxid wird hauptsächlich in der Gasphase durch Rekombination von HO_2 Radikalen gebildet (Gl. 3). Aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit wird H_2O_2 in Wolken- und Nebeltröpfchen angereichert, wo dann bevorzugt die Oxidation von SO_2 zu Schwefelsäure erfolgt (Gl. 4-5). Somit spielt H_2O_2 eine bedeutende Rolle bei der Säuredeposition.



Auf dem Fahrabschnitt ANT X/1a wurden horizontale geographische Konzentrationsprofile von Ozon in der Troposphäre gemessen. Ferner wurde H_2O_2 in der Gasphase, in Regen- und Ozeanoberflächenwasser bestimmt. Speziell in der anthropogen wenig beeinflussten marinen Troposphäre liegen bisher nur spärliche Meßdaten vor. Modellrechnungen weisen darauf hin, daß mit steigendem CH_4 - und CO -Gehalt der Troposphäre (durch anthropogene Quellen) das Oxidationspotential der südlichen Atmosphäre und damit die Ozon und H_2O_2 -Konzentrationen langfristig abnehmen, dagegen in der Nordhemisphäre zunehmen sollten.

Durchführung:

Ozon wurde durch UV-Absorptionsspektroskopie bei 253,7 nm bestimmt und Wasserstoffperoxid mittels einer fluorimetrischen Methode (nach Lazrus). Beide Verfahren arbeiteten kontinuierlich, wobei die Umgebungsluft durch je einen 10 m langen Teflonschlauch (i.D. 6 mm) angesaugt wurde. Der Ozon- und Wasserstoffperoxidanalysator befanden sich auf dem Peildeck der "Polarstern" (ca. 20 m über dem Meeresspiegel) in einem Laborcontainer.

Der Wasserstoffperoxidanalysator (H_2O_2 Analyzer, Fa. Aerolaser, Modell: AL 1002) arbeitet mit zwei Meßsignalkanälen. Ein Kanal bestimmt die Summe aus H_2O_2 und den vorhandenen organischen Peroxiden, der zweite Kanal dagegen nur die Summe der organischen Peroxide. Subtraktion des letzten Wertes vom Signal des ersten Kanals ergibt die H_2O_2 Konzentration der Gasphase. Sämtliche Wasserproben wurden in Teflongefäßen (Inhalt 500 ccm) gesammelt und sofort analysiert. Die Kalibrierung des Analysators erfolgte über frisch hergestellte Standardlösungen von 10^{-6} mol/L, 10^{-7} mol/L und 10^{-8} mol/L aus einer Stammlösung von 10^{-2} mol/L, die wöchentlich durch Titration kontrolliert wurde.

Ergebnisse:

Das Breitengradabhängige Profil der Ozonkonzentration (Abb. 2) zeigt beim Übergang von der Nord- zur Südhemisphäre einen ausgeprägten, stufenartigen Konzentrationsabfall: nördlich der intertropischen Konvergenz-Zone (ITCZ) liegen die Werte zwischen 40 und 50 ppbv, während sie südlich davon auf ca. 25-28 ppbv abnehmen. Lediglich bei der Annäherung und beim Einlaufen in den Zielhafen Puerto Madryn ($42^{\circ}44'S$) steigen die Werte auf 30-34 ppbv. Ursachen für den erhöhten Ozongehalt der Nordhemisphäre (und auch nahe der Hafenstadt Puerto Madryn) sind neben des erhöhten Austausches stratosphärischer mit troposphärischer Luftmassen die anthropogenen Stickoxidemissionen. Die stark industrialisierte nördliche Halbkugel ist somit eine zusätzliche Quelle für troposphärisches Ozon.

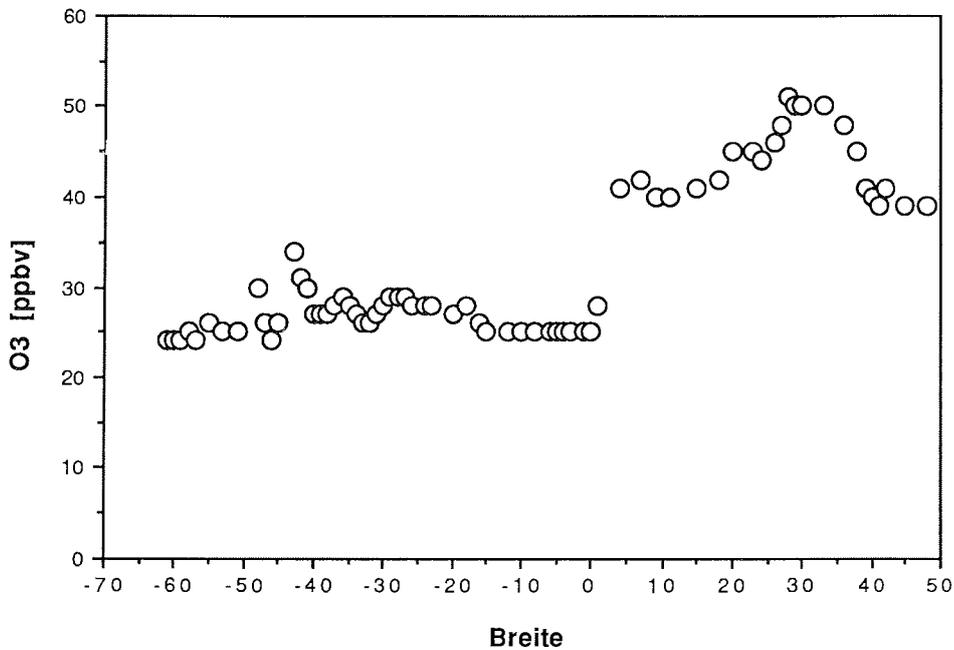


Abb. 2: Breitengradabhängiges O₃ Mischungsverhältnis in der marinen Troposphäre.

Fig. 2: Latitudinal dependence of O₃ mixing ratio in the marine troposphere

Auch die von der geographischen Breite abhängigen Wasserstoffperoxidkonzentrationen (Abb. 3) weisen ein sehr charakteristisches Profil auf: das Mischungsverhältnis von H₂O₂ in der Gasphase zeigt ein Maximum zwischen den Wendekreisen (ca. 1,5 ppbv) und fällt in höheren geographischen Breiten stetig ab (z.B. auf 0,1 - 0,2 ppbv bei 50°N). Eine Erklärung für dieses Profil ist die verstärkte solare Strahlungsintensität und somit erhöhte Photooxidationsrate in tropischen Gebieten. Bei nahezu konstanten Konzentrationen der Spurengasen NO_x, SO₂, CH₄ und CO scheint die H₂O₂-Konzentration im wesentlichen eine Funktion der Strahlungsintensität zu sein. Die lokal gemessenen H₂O₂-Konzentrationen werden allerdings stark durch die meteorologische Situation beeinflusst: die Wasserstoffperoxidgehalte in der Gasphase nehmen in Regengebieten und bei Nebel drastisch ab (teilweise um mehr als 50%). In Regenproben ließen sich H₂O₂ Konzentrationen um 4 µmol/L nachweisen. Durch nasse Deposition wird H₂O₂ effektiv ausgewaschen.

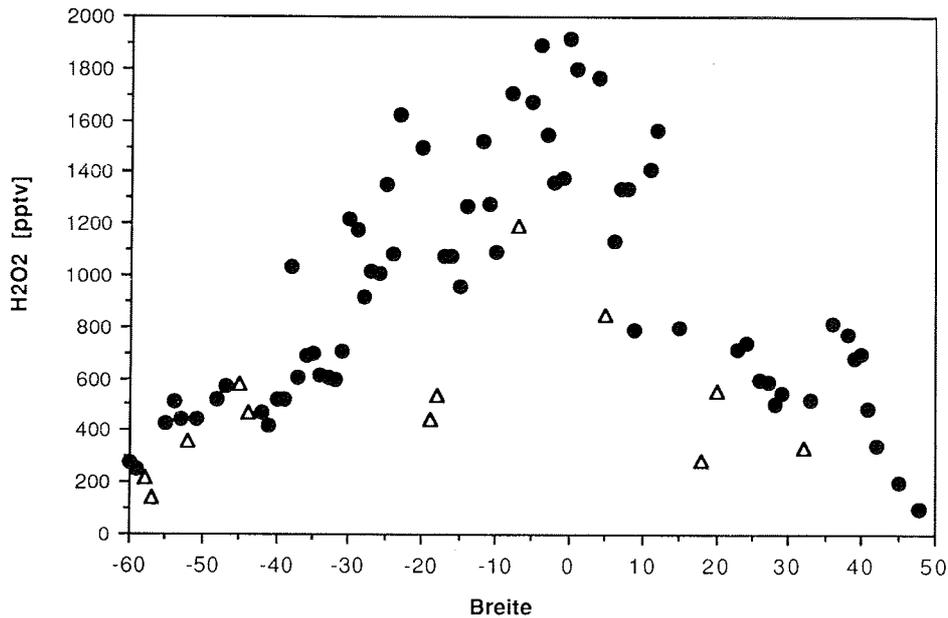


Abb. 3: Wasserstoffperoxid-Mischungsverhältnisse in der marinen Troposphäre in Abhängigkeit von der geographischen Breite. (Δ = Werte von Proben die bei Regen gesammelt wurden.)

Fig. 3: Latitudinal dependence of H₂O₂ mixing ratio in the marine troposphere

Im Oberflächenwasser des Atlantiks liegen die gemessenen H₂O₂-Konzentrationen um 0.1 $\mu\text{mol/L}$. Die Werte variieren allerdings stark und lassen auf ein komplexes Gleichgewicht zwischen H₂O₂-Quellen und -Senken im Oberflächenwasser schließen. Proben, die nachmittags gesammelt und analysiert wurden zeigen in 80 bis 90% der Fälle signifikant höhere H₂O₂-Werte als frühmorgens untersuchtes Oberflächenwasser. Die H₂O₂-Konzentrationen nehmen mit der Wassertiefe stetig ab und sind in Tiefen > 100 m unterhalb der Nachweisgrenze von 0.005 $\mu\text{mol/L}$ (Abb. 4). Regen und direkte Aufnahme von gasförmigem H₂O₂ sind die wichtigsten Quellen für marines Wasserstoffperoxid. Daneben sind aber auch Photolyse von in Wasser gelöstem Ozon und die Folgereaktion mit H₂O zu H₂O₂, Photooxidation von organischem Material und biologische Aktivität mögliche Quellen. Die erhöhten H₂O₂-Werte die nachmittags nachweisbar sind, können als ein Indiz für die Signifikanz dieser H₂O₂-Quellen angesehen werden.

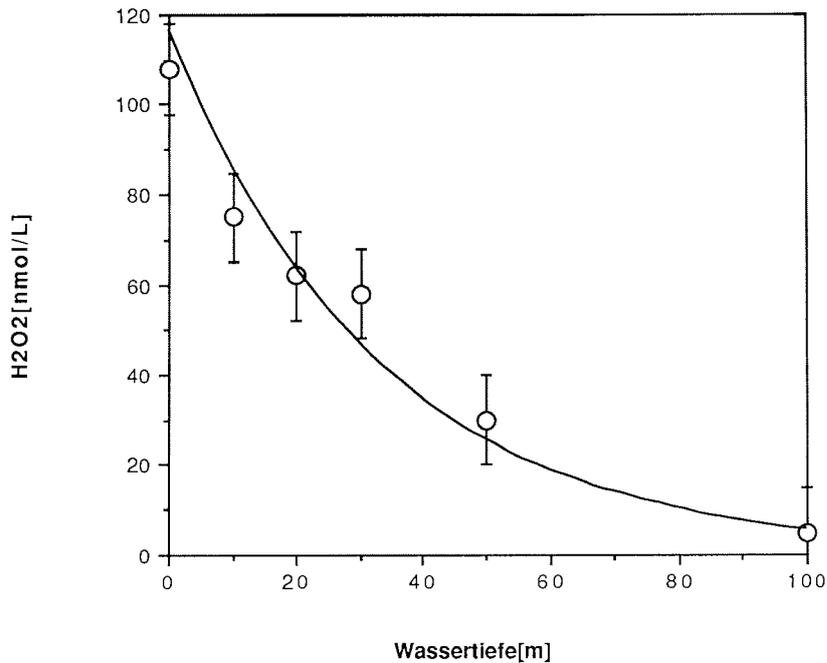


Abb. 4: Wasserstoffperoxidkonzentration als Funktion der Wassertiefe; Position: 30°13'S, 39°17'W.

Fig. 4: H₂O₂ concentration as function of water depth

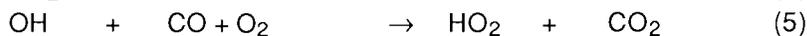
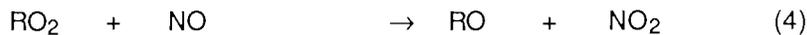
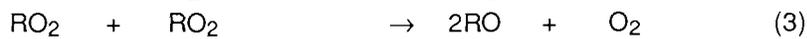
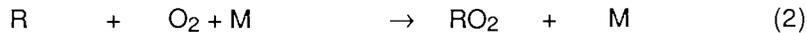
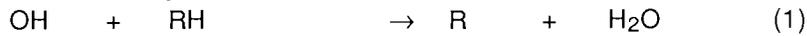
Mit der *Lazrus* Methode lassen sich die Konzentrationen organischer Peroxide abschätzen. Interessanterweise ist der Anteil organischer Peroxide zum Gesamtperoxidgehalt mit 30-40% in der marinen Troposphäre deutlich höher als in der kontinentalen Troposphäre (ca. 5-10%). Zudem scheint der Anteil organischer Peroxide in der südlichen Hemisphäre signifikant niedriger zu liegen (Anteil zwischen 25-30%). Auffallend sind auch die deutlich höheren Konzentrationen organischer Peroxide bei Regen und Nebel, was darauf zurückzuführen ist, daß sich H₂O₂ wesentlich besser in der flüssigen Phase löst als die organischen Peroxide.

1.2.2 RO_x - Radikale in der maritimen troposphärischen Grenzschicht (M. Weißenmayer, M. Schupp, J. P. Burrows)

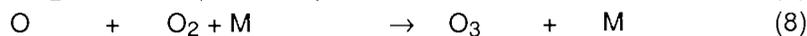
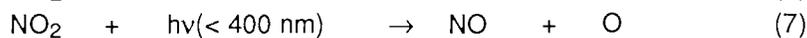
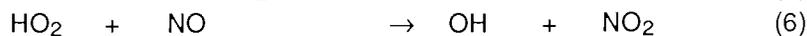
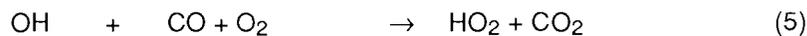
Einleitung und Zielsetzung

Die Chemie der Troposphäre wird in der Gasphase von den Reaktionen freier Radikale dominiert. Das Hydroxy-Radikal, gebildet durch die Photolyse von Ozon, ist das wichtigste troposphärische Oxidationsmittel in der Gasphase und ist verantwortlich für den Abbau (Oxidation) fast aller in die Atmosphäre emittierter Spurengase. Die Reaktion des OH-Radikals mit Kohlenwasserstoffen (CH₄) oder mit Kohlenmonoxid (CO) führt zur Bildung der von uns an Bord der "Polarstern" ge-

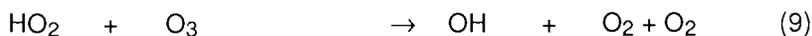
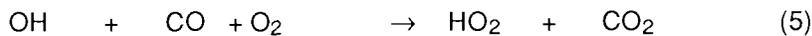
messenen Hydroperoxid-Radikale (HO_2), organischen Oxy- (RO) bzw. organischen Peroxy-Radikale, im folgenden unter RO_x zusammengefaßt.



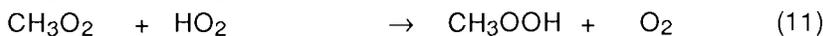
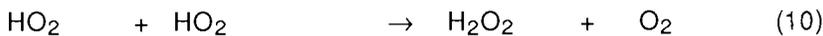
In NO_x -reichen Gebieten führen die Reaktionen dieser RO_x -Radikale über photochemische Zyklen zur Bildung von Ozon:



In Gebieten geringerer Schadstoffbelastung, z. B. maritimer Luft, führt das Fehlen höherer NO_x -Konzentrationen zum Abbau von Ozon durch die Reaktionen mit OH- bzw. mit HO_2 -Radikalen:



Zusätzlich sind die Selbstreaktionen der Peroxyradikale die Hauptquelle gasphasiger Peroxyde (z.B. H_2O_2 und CH_3OOH):



Das Hauptziel auf der Reise mit der "Polarstern" von Bremerhaven nach Puerto Madryn (ANT X/1a) war, die Mischungsverhältnisse dieser RO_x -Radikale in NO_x -armen Gebieten, wie wir sie auf dem Ozean vorfinden, zu messen. Zur Ergänzung der Radikalmessungen wurden auf der gesamten Überfahrt sowohl die Ozon- als auch die CO-Mischungsverhältnisse bestimmt.

Meßmethode

Das Meßprinzip zur Bestimmung der Radikalmischungsverhältnisse besteht aus einem chemischen Verstärker. Hierbei werden die Radikale in einer Kettenreaktion, unter Beimischung von NO und CO, in NO_2 konvertiert. Dabei bildet jedes Radikal

beim Durchlaufen der Reaktionskette eine konstante Anzahl von NO_2 -Molekülen (Kettenlänge, Verstärkungsfaktor). Das so gebildete NO_2 wird dann mit Hilfe eines spezifischen Chemilumineszenzdetektors gemessen. Dabei reagiert das NO_2 mit Luminol. Es entsteht ein angeregtes Luminolmolekül und gibt seine Energie in Form von Licht wieder ab, das von einem Photomultiplier gemessen wird. Die Nachweisgrenze des NO_2 -Detektors liegt bei etwa 100 pptv. Die auf der "Polarstern" durchgeführten Eichungen ergaben auf der gesamten Fahrt einen Verstärkungsfaktor von 200 Molekülen NO_2 pro RO_x -Radikal. Die Abweichungen von diesem Wert waren stets kleiner als 10 %. Daraus ergibt sich eine Nachweisgrenze für die RO_x -Radikale von etwa 0.5 pptv.

Ergebnisse

Während der gesamten Forschungsreise ANTX/1a zwischen Bremerhaven und Puerto Madryn konnte die Bestimmung der Mischungsverhältnisse der Radikale RO_x sowie die Spurengase CO und O_3 erfolgreich durchgeführt werden. Zwei Beispiele der Messungen innerhalb der tropischen maritimen Grenzschicht sind in Abbildung 5 von ca. 12°N am 25.11.1991 beziehungsweise Abbildung 6 von ca. 16°S am 01.12.1991 dargestellt.

Ozon - O_3

Die von uns kontinuierlich gemessenen O_3 -Mischungsverhältnisse erreichten auf der Nordhalbkugel 40 ppbv, in Richtung Äquator auf 30-33 ppbv abnehmend. In der intertropischen Konvergenzzone (ITCZ) sanken die Ozonkonzentrationen auf Werte um 20 ppbv, teilweise sogar deutlich darunter (14 ppbv) ab, und blieben bis zum Ende der Reise stabil. Ausgeprägte Tagesgänge, wie sie in kontinentalen und NO_x -reicheren Gegenden häufig der Fall sind (Ozonproduktion über die Photolyse von NO_2), waren nicht zu erkennen.

Kohlenmonoxid - CO

Ähnlich wie die O_3 -Mischungsverhältnisse verhielten sich auch die CO-Mischungsverhältnisse. Werte zwischen 90 und 110 ppbv je nach Windrichtung auf der Nordhalbkugel, 60-80 ppbv auf der Südhemisphäre.

RO_x -Radikale

Auf der gesamten Überfahrt wurden Tageshöchstwerte der RO_x -Mischungsverhältnisse zwischen 3 und 10 pptv gemessen. Dabei waren für die Radikale typischen Tagesgänge (Korrelation mit der Strahlungsintensität der Sonne) deutlich erkennbar. Eine Konzentrationsverteilung der Radikale konnte bis zum Ende der Reise noch nicht erarbeitet werden, doch läßt sich bereits zu diesem Zeitpunkt sagen, daß die Unterschiede der RO_x -Mischungsverhältnisse zwischen Nord- und Südhalbkugel nicht sehr groß sind, zumindest was maritime Luft angeht.

Eine vollständige weitere Analyse des Datensatzes wird am IFE in Bremen erfolgen.

Literatur:

D. R. HASTIE, M. WEIBENMAYER, J. P. BURROWS and G. W. HARRIS (1991), Calibrated Chemical Amplifier for Atmospheric RO_x Measurements, *Analytical Chemistry* **63**, 2048-2057

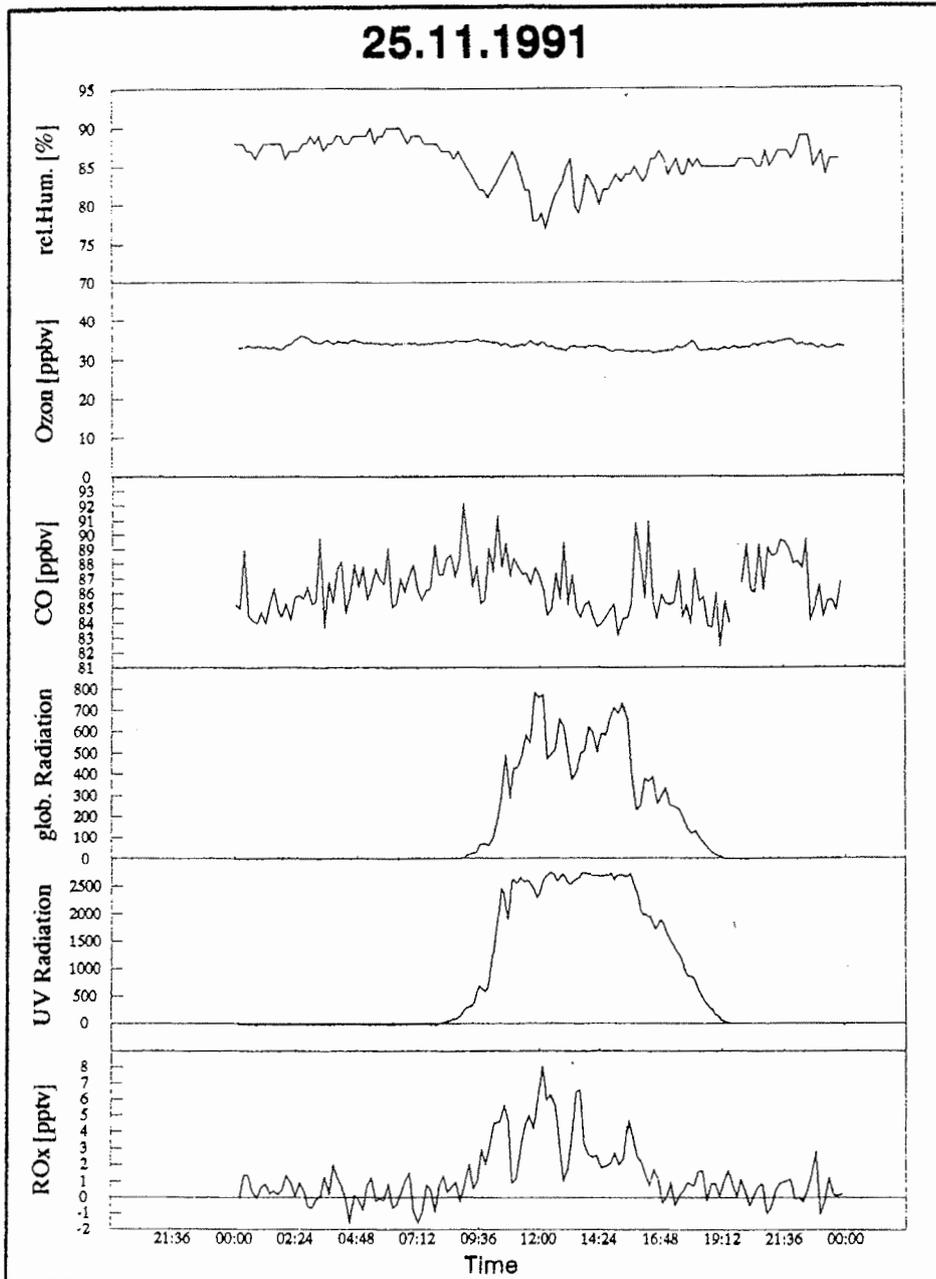


Abb. 5: Beispiel für einen Tagesgang der durchgeführten Messungen (25.11.1991, ca. 12°N) in der Nordhemisphäre.

Fig. 5: Example for the measurements in the Northern hemisphere (November 25, 1991, ca. 12°N)

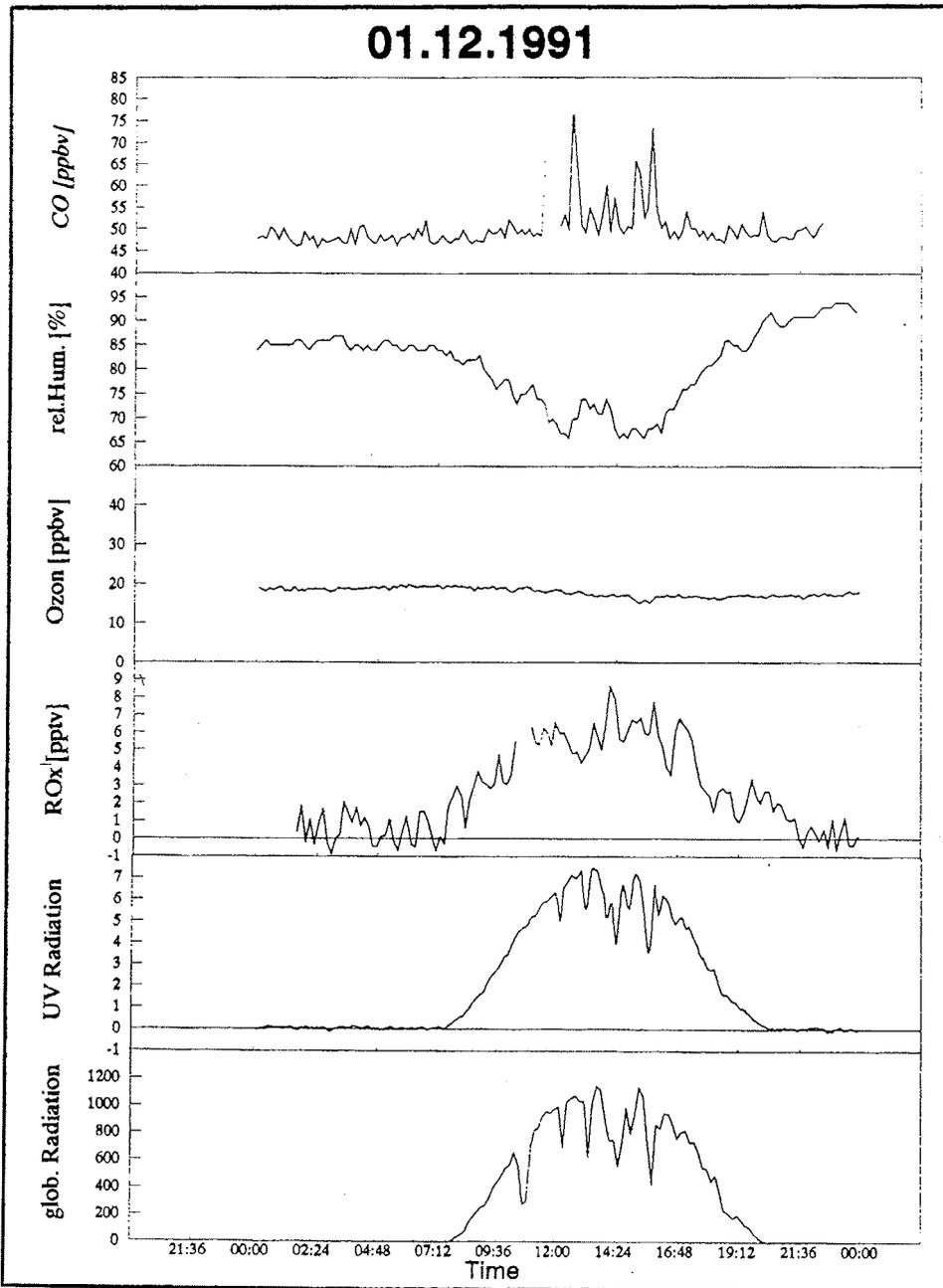


Abb. 6: Beispiel für einen Tagesgang der durchgeführten Messungen (01.12.1991, ca. 16°S) in der Südhemisphäre

Fig. 6: Example for the measurements in the Southern hemisphere (December 1, 1991, ca. 16°S)

1.2.3 Leichtflüchtige Organohalogenverbindungen in der marinen Troposphäre und im atlantischen Oberflächenwasser (H. Lorenzen-Schmidt, O. Schrems)

Zielsetzung

Ziel dieses Meßprogramms war, auf der atlantischen Nord-Süd- Traverse von Bremerhaven nach Puerto Madryn horizontale Konzentrationsprofile von leichtflüchtigen Organohalogenverbindungen zu ermitteln. Chlor- und bromhaltige Verbindungen, sowohl natürlicher als auch anthropogener Herkunft sind die Quellen für Chlor- und Bromradikale in der Stratosphäre. Diese Halogenradikale werden für den Ozonabbau in der Stratosphäre verantwortlich gemacht. Bei den leichtflüchtigen Organobromverbindungen - ein Schwerpunkt dieser Untersuchungen - werden z.B. Bromoform (CHBr_3) und Methylbromid (CH_3Br) hauptsächlich von Makroalgen produziert während die fluorierten Organobromverbindungen wie die Halone Trifluormethan (CF_3Br) und Difluorchlorbrommethan (CF_2ClBr), anthropogenen Ursprungs sind. Die Konzentration der Halone in der Atmosphäre ist sehr gering, zeigt jedoch steigende Tendenz. In der Literatur wird ein signifikantes Ozonzerstörungspotential (bis zu 20% des Gesamt Ozonabbaus) der leichtflüchtigen Bromverbindungen diskutiert. Zur Untersuchung der Austauschvorgänge im System Atmosphäre/Ozean wurden die troposphärischen Messungen durch Analysen des Oberflächenwassers ergänzt.

Durchführung

Die Luftprobenahme erfolgte 20 m über dem Meeresspiegel im Luftchemiecontainer auf der vorderen Steuerbordseite des Peildecks durch ein 4 m langes, deaktiviertes und auf 50°C temperiertes Edelstahlrohr. Die gaschromatographische Analytik erfolgte im Anschluß an die Probenahme ebenfalls im Luftchemiecontainer. Für die direkten Analysen an Bord wurden Luftproben von 250 ml gesammelt, wobei die zu untersuchenden Substanzen bei -80°C auf Porapak Q akkumuliert wurden. Die Detektion der Halogenverbindungen erfolgte mit einem Elektroneneinfangdetektor (ECD). Die Kalibrierung erfolgte sowohl mit Eichgasmischungen als auch mit Permeationsröhrchen. Ein Teil der Proben wurde unmittelbar an Bord analysiert während zusätzliche Proben in U-Rohren für spätere Analysen gesammelt wurden.

Die Wasserproben wurden mit der Schlagpütz genommen. 50 ml der Wasserproben wurden jeweils in eine "Purge"-Apparatur überführt und nach 30-minütigem "Purgen" analog den Luftproben analysiert. Wasserproben für spätere Analysen wurden in Mengen von 150 ml gesammelt, in Ampullen eingeschmolzen und tiefgefroren.

Vorläufige Ergebnisse

An Bord wurden die Halogenverbindungen CF_3Br , CH_3Cl , CF_2Cl_2 , CH_3Br und CF_2BrCl analysiert. Eine vorläufige Quantifizierung ergab, daß die Konzentrationen dieser Verbindungen im unteren pptv-Bereich liegen. Bei den gefundenen Konzentrationswerten für CH_3Br und CH_3Cl in der Luft ist nach einem ersten Vergleich eine Korrelation mit den Chlorophyll- und DMSP-Gehalten (vgl. Ergebnisse AG Kirst) zu vermuten. Eine endgültige Auswertung erfolgt im Heimatlabor.

1.3 Meereschemische Untersuchungen

1.3.1 Messungen des CO₂-Partialdrucks des atlantischen Oberflächenwassers und der marinen Atmosphäre (D.C.E. Bakker)

Zielsetzung

Ein großer Teil des bei der Benutzung von fossilen Brennstoffen freigesetzten CO₂ wird von den Ozeanen aufgenommen. Diese Aufnahme ist nur ein Teil des gesamten CO₂-Austausches zwischen den Ozeanen und der Atmosphäre. Schätzungen der Nettoaufnahme schwanken zwischen 20 und 50 % des anthropogen emittierten CO₂. Die Hauptursachen dieser Diskrepanz sind der Mangel an Meßdaten und die Unsicherheit der Modelkonstanten.

Das Ziel des Fahrabschnittes von Bremerhaven nach Puerto Madryn war, Informationen über die Differenz des CO₂-Partialdrucks (pCO₂) des atlantischen Oberflächenwassers und der marinen Atmosphäre zu bekommen. Ein wichtiger Gesichtspunkt dieser Reise ist der Vergleich der gemessenen pCO₂-Werte mit den Ergebnissen anderer Wissenschaftler (Schneider, IfM Kiel)

Durchführung

Der CO₂-Partialdruck des Oberflächenwassers und der marinen Atmosphäre wurde kontinuierlich folgendermaßen gemessen: Meerwasser wurde durch ein Schnorchelsystem aus 13 m Wassertiefe gepumpt und durch eine Luft/Wasser-Gleichgewichtskammer geleitet. Der pCO₂-Wert der wassergesättigten Luft der Kammer wurde mit einem Gaschromatographen gemessen, ebenso der CO₂-Gehalt der Luft, die vom Peildeck (20 m Höhe) angesaugt wurde.

Vorläufige Ergebnisse

Der Vergleich der Meßwerte mit denen von Dr. B. Schneider wurde zur Prüfung der Meßtechnik benutzt. Vom Anfang an gab es gute Übereinstimmung der Luftwerte. Die Wasserwerte stimmten nur ungefähr überein; der Unterschied zwischen den beiden Systemen war aber konstant. Nachdem einige Anpassungen der Gleichgewichtskammer durchgeführt wurden, stimmten auch die Wasserwerte gut überein.

Schwankungen des Drucks in der Gleichgewichtskammer geben Variationen in den gemessenen Werten, daher ist die genaue Kenntnis des Druckes in der Kammer von großer Bedeutung. Durch eine offene Verbindung zur Außenluft erhält man den Atmosphärendruck in der Kammer. Die Verbindungen zum Druckausgleich zwischen den einzelnen Kompartimenten dürfen nicht zu eng sein.

Die Daten des CO₂-Partialdrucks des Wassers im Vergleich zur marinen Atmosphäre auf dem Fahrabschnitt X/1a zeigen abwechselnd Übersättigung und Untersättigung, von Brest bis Teneriffa eine Übersättigung, südlich von Teneriffa eine Untersättigung, in den subtropischen und tropischen Gewässern eine nach dem Äquator hin steigende Übersättigung und von 30° S ab eine starke Untersättigung. Bei 39° und 40° Süd gibt es im kalten Wasser des Falklandstroms sehr niedrige pCO₂-Werte mit großen Schwankungen.

1.3.2 Untersuchungen zum ozeanischen Karbonatsystem (B. Schneider, C. Osterroht und U. Karbach)

Zielsetzung

Bislang ist unklar, in welchem Umfang der Ozean als Senke für anthropogenes CO₂ wirkt. Diesbezügliche Rechnungen mit verschiedenen Modellen weichen noch erheblich voneinander ab. Sie weisen aus, daß von dem jährlich emittierten CO₂ (etwa 6 Gt-C) zwischen 1,2 und 2,5 Gt-C durch den Ozean aufgenommen werden. Allerdings existieren derzeit noch keine experimentellen Befunde, die diese Angaben bestätigen könnten. Um die Aufnahme des anthropogenen CO₂ durch den Ozean mit Hilfe von Messungen zu bestimmen, sind verschiedene Wege denkbar. Die hier verfolgten Ansätze stützen sich einerseits auf die Messung der CO₂ Partialdruckdifferenzen an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre und andererseits auf die Bestimmung der Gesamtkarbonatgehalte im Ozean.

Die Kenntnis von CO₂ - Partialdruckdifferenzen gestattet bei gleichzeitiger Verfügbarkeit von CO₂ - Austauschkoefizienten die Berechnung der CO₂-Flüsse an der Meeresoberfläche. Aus der Bilanz dieser Flüsse läßt sich der Netto - Eintrag in den Ozean ermitteln. Da dieser Betrag jedoch nur wenige Prozent des natürlichen CO₂ - Austauschs ausmacht und da die CO₂ - Partialdruckdifferenzen starken saisonalen und räumlichen Schwankungen unterliegen, sind hohe Anforderungen an die Qualität, sowie an die zeitliche und räumliche Auflösung der Messungen gestellt. Nicht weniger problematisch ist der Versuch, anthropogene Veränderungen des ozeanischen CO₂ - Systems durch die Messung des Gesamtkarbonatgehalts zu quantifizieren. Da die Veränderungen mit kleiner als 1%/yr zu veranschlagen sind, können nur langfristig angelegte Meßreihen zum Erfolg führen.

Durchgeführte Messungen und erste Ergebnisse

Während des gesamten Schnittes durch den Atlantik von 50° N bis 42° S wurde der CO₂ - Partialdruck (pCO₂) des Oberflächenwassers kontinuierlich gemessen. Hierzu wird über ein Schnorchelsystem Meerwasser aus einer Tiefe von etwa 13 m im Durchfluß durch einen sogenannten Equilibrator geführt. Gleichzeitig wird Luft in einem geschlossenen Kreislauf durch das Probenwasser geleitet und hierbei in ein CO₂ - Lösungsgleichgewicht überführt. Die CO₂ - Gehalte dieser Luft werden durch IR - Spektroskopie bestimmt und in Partialdruckwerte umgerechnet. Ergänzend zu diesen Messungen wurde täglich die CO₂ - Konzentration in der Atmosphäre bestimmt. Weiterhin wurden im zeitlichen Abstand von 8 Stunden über den Schnorchel Wasserproben genommen, um den Gesamtkarbonatgehalt und die Alkalinität, sowie die Chlorophyll- und Nährstoffgehalte zu analysieren. Hieraus sollen Verknüpfungen zwischen Veränderungen im Karbonatsystem und biologischen bzw. hydrographischen Bedingungen abgeleitet werden. Die einer vorläufigen Auswertung unterzogenen pCO₂ - Daten weichen zum Teil erheblich von der bislang vermuteten mittleren zonalen Verteilung ab. Zu den überraschenden Befunden zählte, daß die im äquatorialen Atlantik vorherrschende starke CO₂ - Übersättigung im Bereich des nord-äquatorialen Gegenstroms durch eine deutliche Untersättigung abgelöst wurde. Nicht weniger erstaunlich war der schlagartige Zusammenbruch des pCO₂ von etwa 330 auf 230 µatm beim Eindringen in den Falkland Strom.

An den Tiefseestationen bildeten die coulometrische Gesamtkarbonatbestimmung und die Alkalinitätstiteration den Schwerpunkt der Aktivitäten. An vier dieser Stationen sind die vertikalen Profile dieser Parameter bereits vor rund zwanzig Jahren im Rahmen des GEOSECS - Programms untersucht worden. Die Hoffnung, durch eine Wiederholung der Messungen anthropogene Veränderungen entdecken zu können, wurde nach dem gegenwärtigen Stand der Auswertung jedoch enttäuscht. Die gefundenen Differenzen zwischen den beiden Meßreihen sind ganz offensichtlich methodischer Natur.

Die während des Nord-Süd-Schnittes und an den Stationen durchgeführten Alkalinitätsbestimmungen dienen der Vervollständigung der Beschreibung des Karbonatsystems und erlauben - sofern mindestens zwei weitere Parameter des Systems gemessen wurden - eine thermodynamische Konsistenzprüfung. Letzteres gilt allerdings nur für den Fall, daß im Meerwasser enthaltene organische Säuren die Alkalinitätsmessung nicht beeinflussen. Um dieses zu prüfen, wurden Humin- und Fulvinsäuren kontinuierlich aus dem Oberflächenwasser extrahiert. Hierzu wird das aus dem Schnorchel stammende Wasser mit einer Zahnradpumpe angesaugt, mit 3 mol HCl ständig auf pH 2,5 gehalten und anschließend über Adsorptionssäulen (XAD8 und Lichroprep C18) gepumpt. Die darauf festgehaltenen Substanzen werden mit 0,1 mol NaOH/Acetonitril bzw. Ammoniak/Methanol und Acetonitril eluiert. Die Eluate werden gekühlt gelagert und später im Labor aufgearbeitet.

1.3.3 Iodierte Kohlenwasserstoffe im Atlantik (C. Schall, K. Heumann)

Zielsetzung

Im Rahmen des Fahrtabschnittes ANT X 1a wurden die Gehalte mehrerer leichtflüchtiger iodierter und bromierter aliphatischer Kohlenwasserstoffe im Oberflächenwasser untersucht. An den gleichen Stellen wurden jeweils Luftproben genommen. Ziel war die Herstellung eines Nord-Süd-Profiles von Bremerhaven bis Puerto Madryn.

Die Luftproben wurden mittels einer Ansaugpumpe auf dem Adsorptionsmittel Carbosieve S-III gesammelt und anschließend tiefgekühlt. Bis auf wenige Ausnahmen werden diese Luftproben in den Labors der Universität Regensburg analysiert.

Die Wasserproben konnten alle an Bord analysiert und ausgewertet werden. Es wurde täglich jeweils eine Wasser- und eine Luftprobe genommen. Zur Analyse der Wasserproben wurde das Purge & Trap Verfahren angewendet. Die flüchtigen Substanzen werden dabei mit Helium aus der Wasserprobe ausgegast und in einer Kühlfalle zwischenfokussiert. Die Analyse erfolgt gaschromatographisch, wobei als Detektor ein ECD dient.

Ergebnisse

Die Analysen zeigten insgesamt sehr niedrige Gehalte und geringe Konzentrationsschwankungen der verschiedenen untersuchten Species (Iodmethan, Diiodmethan, Chloriodmethan, Dibrommethan, Tribrommethan). Da alle diese Substanzen vermutlich biogenen Ursprungs sind und der Chlorophyllgehalt während der Überfahrt von wenigen Ausnahmen abgesehen konstant niedrig war, ist dieses Ergebnis nicht erstaunlich. Auffallend war eine deutliche Korrelation zwischen den Konzentrationen der verschiedenen Substanzen und dem Chlorophyll-a-Gehalt.

Des Weiteren war geplant, die Chlorophyll-a-Gehalte im Oberflächenwasser während der Überfahrt mittels Fluoreszenzspektroskopie zu messen. Chlorophyll-a-Gehalte über 1.5 µg/l konnten problemlos gemessen werden, bei niedrigeren Konzentrationen wurde allerdings die Nachweisgrenze des Systems unterschritten, so daß keine Messungen möglich waren.

Insgesamt gesehen, hat sich sowohl das Sammel- als auch das Analysenverfahren bewährt, so daß diese deshalb auch im nächsten Fahrtabschnitt ANT X/1b wieder angewendet wurden.

1.3.4 Organische Spurenstoffe im Wasser (P. Ahlers, W. Drebing, G. Hanke, A. Müller, K. Weber)

Zielsetzung

Die Arbeiten auf Ant X/1a wurden durchgeführt im Rahmen von Untersuchungen zur Charakterisierung der globalen Verteilung von organischen Spurenstoffen im offenen Ozean und in der Grenzschicht Ozean/Atmosphäre.

Wissenschaftliche Schwerpunkte auf dieser Reise bildeten die Bestimmung der qualitativen und quantitativen Verteilung mariner Sterole im Oberflächenwasser des offenen Nord- und Südatlantik. Bodenwasser in charakteristischen atlantischen Becken wurde auf Spuren von Fettsäuren und anderen Biomarkern untersucht; mit 'in situ'-Pumpen wurde an gleichen Stellen partikuläres Material gesammelt zur Bestimmung der gleichen Stoffe (Zusammenarbeit mit AWI-Mikrobiologen). Zum Nachweis der globalen Verteilung von polyzyklischen Aromaten wurden längs des durchfahrenen Meridionalschnitts im Abstand von 2 bis 3 Breitengraden Extrakte von diskreten Oberflächenwasserproben gewonnen. Sammeln von Regenwasser in der innertropischen Konvergenz sollte eine Abschätzung der Naßdeposition ausgewählter organischer Spurenstoffe in diesem Gebiet ermöglichen.

Im Zentrum der methodischen Arbeitsziele stand die Borderprobung eines GC/MS-Systems auf "Polarstern". Es wurde angestrebt über Ergebnisse von gaschromatographischen und massenspektrometrischen Analysen Probenahmestrategien im Feld zu optimieren. Zusätzlich sollen auf Grund der GC/MS-Ergebnisse experimentelle Arbeitstechniken während der Expedition verbessert werden.

Die Wiedergewinnung und Reinigung von Extraktionsmitteln aus Extrakten durch adsorptive Filtration und fraktionierende Destillation, die ebenfalls zum ersten Mal an Bord eingesetzt wurden, ermöglichten schließlich die Gewinnung großer

Probenmengen ohne den Chemikalienverbrauch kritisch zu erhöhen und große Mengen leicht entzündbarer Flüssigkeiten über große Entfernungen zu transportieren.

Arbeitsprogramm

Die Anreicherung von Spurenstoffen aus Wasser und Luft erfolgte durch Zentrifugalextraktion mit n-Hexan wie auf früheren Expeditionen erprobt und beschrieben. Die eingesetzten Geräte arbeiteten meist zufriedenstellend. Während des atlantischen Meridionalschnitts wurden 36 Tonnen Wasser und 1600 Kubikmeter Luft verarbeitet. Durch Fehlfunktion eines Druckkontrollventils einer Kolbenmembranpumpe und daraus resultierender überhöhter Druckbelastung der Membran wurde die Anreicherungsanlage kontaminiert. Sie mußte repariert und gereinigt werden. Zusätzlich erforderliches Reinigungsmittel wurde über den Agenten des AWI in Argentinien bestellt und wurde während des Hafenaufenthaltes in Puerto Madryn an Bord gebracht.

Die Wiedergewinnung der Extraktionsmittel aus Extrakten durch fraktionierende Destillation an einer 1 m-Füllkörperkolonne wurde zum geschwindigkeitsbestimmenden Schritt der Probenbearbeitung. Im Durchschnitt konnte ein Nettodurchsatz von 4 Litern Extraktionsmittel pro 24 Stunden (1 Probe pro 30 Stunden) bei kontinuierlichem Tag- und Nachtbetrieb der Destillation erreicht werden. Diese Geschwindigkeit erwies sich bei größerem Probenanfall an Tiefenwasserstationen als zu langsam. Zu Beginn der Expedition standen 70 l gereinigter Extraktionsmittel zur Verfügung. Während der Expedition wurden 70 l durch Recycling aus Extrakten wiedergewonnen und erneut zum Einsatz gebracht. Etwa 20 l der organischen Lösungsmittel gingen bei der Extraktion verloren, 25 l durch Spül- und Reinigungszwecke sowie 10 l durch Verdampfen und als Destillationsrückstand. 10 l liegen schließlich aufgeteilt in 80 Portionen als Probenextrakte zum Rücktransport per Luftfracht vor.

Mit dem erstmals an Bord eingesetztem GC/MS-System wurden 70 Analysen durchgeführt und die Messungen auf elektronischen Datenträgern abgespeichert. Dabei standen etwa 50 Testanalysen unterschiedlicher Art 20 Probenanalysen gegenüber. Am Ende von ANT X/1a mußten die Daten auf streamer tape ausgelagert werden, da nicht ausreichend Kapazität für ANT X/1b auf der Festplatte zur Verfügung gestellt werden konnte. Insgesamt wurden während des Atlantik-Schnitts 20 MByte GC/MS-Daten erzeugt. Das Analysensystem erwies sich damit schon auf seinem ersten Bordeinsatz in vieler Hinsicht als unentbehrliches Hilfsmittel. Sehr gute Ergebnisse wurden bei den unterschiedlichen Testanalysen erzielt. Kapazität des Injektors (Kaltaufgabesystem), Trennleistung der Chromatographiesäule (25 m fused silica, 0.32 mm inner diameter, 0.1 µm Siloxancarboranphase) und Empfindlichkeit des massenspektrometrischen Detektors ('Ion trap' mit automatischer Kontrolle der Ionisierungszeit) entsprachen den Erwartungen und Spezifikationen. Bei der Analyse von konzentrierten Seewasserextrakten wirkten Verschmutzung im Injektor, Überlastung der Trennsäule (vor allem bei flüchtigen und polaren Komponenten) sowie niedrige Empfindlichkeit der 'Ion trap' für Spuren begrenzend. Die Schwierigkeiten konnten jedoch durch Ausheizen und Austausch verschmutzter Teile behoben werden. Bei der Aquisition von GC/MS-Läufen wurde bei Untersuchungen von Probenmaterial ein relativ starker Wechsel der Intensitätsverteilung in Massenspektren von

aufeinanderfolgenden Scans beobachtet (Scan Zyklus etwa 1 sec), wodurch die Dateninterpretation mit der Zuordnung der Spektren zu chemischen Strukturen und die quantitative Auswertung über Massenchromatogramme erschwert waren. Das häufige Auftreten von Fragmentclustern (Fragment +/- 1,2,3 Nominalmassen) statt der zu erwartenden und von einfachen Isotopenpeaks begleiteten Fragmenten konnte ebenso leicht zu Fehlinterpretationen führen. Als Hauptursache für diese Beobachtungen wird in allen Fällen die starke Matrixbelastung des analysierten Probenmaterials vermutet, welche thermische Zersetzung im Injektor auslöst, Überlastung des chromatographischen Trennsystems verursacht sowie zu permanentem chemischen Rauschen und damit zu unerwünschten Prozessen in der 'Ion trap' führt. Gesammeltes Probenmaterial (s. Tabelle 2)

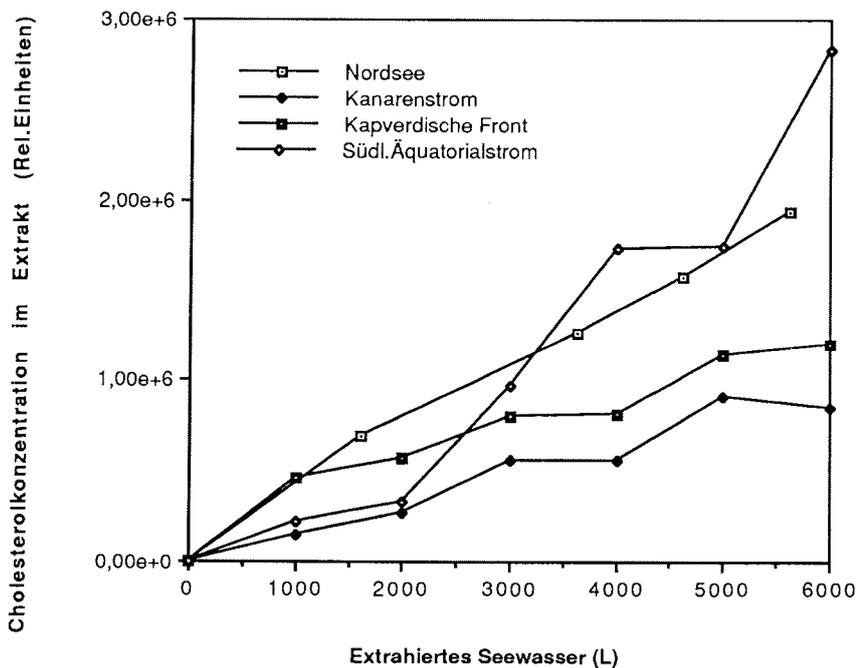


Abb. 7: Kontinuierliche Anreicherung von Cholesterin aus Seewasser, welches über eine Strecke von 150 Seemeilen gesammelt wurde.

Fig. 7: Continuous enrichment of cholesterol from sea water collected over a distance of 150 sm.

Tab. 2: Gesammeltes Probenmaterial für die Bestimmung organischer Spurenstoffe in Wasser, Regen und Luft

Datum	Zeit UTC	Wasser/ Luft-Körper Ort/Art	Probe- nahme Art	Tiefe- Höhe+ (m)	Extra- hierte Menge (Ltr)	Position Lat/Long
14.11.	13.20 - 00.45	Südliche Nordsee/OFW	Schnitt	- 10	5700	N 53°48'/E 06°11' N 52°08'/E 02°58'
		Teilbereiche				
14.11.	16.50					
14.11.	20.45					
14.11.	22.45					
15.11.	00.45					
16.11.	09.10 - 21.10.	Golf von Biskaja Westwinde/L	Schnitt	5	743 000	N 48°06'/W 06°36' N 45°30'/W 08°21'
18.11.	18.50	Mittelmeerausstrom	Gerard	- 1100	375	N 36°00'/W 13°00'
18.11.	18.50	Iberisches Becken(S)	Gerard	- 3000	400	
18.11.			Gerard	- 4800	375	
18.11.	20.30	Sedimentwasser	Minicorer	- 4868	1	
18.11.	20.30	Oberflächensediment	Minicorer	- 4868	-	
20.11.	20.02 - 21.11. 08.02	Kanarenstrom/OFW	Schnitt	- 10	6000	N 27°59'/W 17°41' N 28°00'/W 21°01'
		Teilbereiche				
20.11.	22.05 -	1 pro 2h Fahrtzeit				
21.11.	08.02					
22.11.	09.30	Kanarenbecken (GEOSECS 115)	Gerard	- 1000	375	N 28°01'/W 26°00'
22.11.	12.30		Gerard	- 2000	400	
22.11.	12.30		Gerard	- 4200	375	
22.11.	11.30	Sedimentwasser	Minicorer	- 5200	1	
22.11.	11.30	Oberflächensediment	Minicorer	- 5200	-	
24.11.	11.27 - 23.30	Kapverdische Fronten/OFW	Schnitt	- 10	6000	N 17°50'/W 28°36' N 14°59'/W 29°17'
		Teilbereiche				
24.11	13.30 -	1 pro 2h Fahrtzeit				
24.11	23.30					
25.11.	17.35	Kapverdisches Becken	Gerard	- 1100	375	N 12°00'/W 30°00'
25.11.	17.35		Gerard	- 3000	380	
25.11.	17.35		Gerard	- 5700	375	
25.11.	19.30	Sedimentwasser	Minicorer	- 5800	1	
25.11.	19.30	Oberflächensediment	Minicorer	- 5800	-	
27.11.	01.42 - 13.44	Innertropische Konvergenz/L	Schnitt	5	74300 0	N 05°42'/W 30°00' N 02°56'/W 29°11'
27.11.-	01.00 -	Regenwasser aus Innertropische Konvergenz	Schnitt		8	N 05°51'/W 29°25' N 00°20'/W 28°57'
27.11.-	15.15 -	Südlicher Äquatorial- strom/OFW	Schnitt	- 10	6000	N 02°36'/W 29°09' S 00°12'/W 28°57'
28.11.	03.15					

Datum	Zeit UTC	Wasser/ Luft-Körper Ort/Art	Probe- nahme Art	Tiefe- Höhe+ (m)	Extra- hierte Menge (Ltr)	Position Lat/Löng
27.11. - 28.11.	17.15 - 03.15	Teilbereiche 1 pro 2h Fahrtzeit				
29.11.	16.12	Nördl. Brasil Becken (GEOSECS 49)	Gerard	- 900	375	S 07°56'/W 28°12'
29.11.	16.12		Gerard	2900	375	
29.11.	16.12		Gerard	5200	375	
04.12.	10.26	Rio Grandeschwelle/ Vema Channel (GEOSECS 59)	Gerard	- 1000	375	S 30°13'/W 39°18'
04.12.	10.26		Gerard	- 4500	375	
04.12.	11.00		Minicorer	- 4529	1	
04.12.	11.00	Oberflächensediment	Minicorer	4529	-	
06.12.	15.55	Argentinisches Becken (GEOSECS 64)	Gerard	- 1000	375	S 39°03'/W 48°33'
06.12.	15.55		Gerard	- 3000	375	
06.12.	15.55		Gerard	- 5200	375	
07.12.- 08.12.	09.00 - 00.15	Brasil/Malvinas- Konfluenz/OFW Teilbereiche 1 pro h Fahrtzeit	Schnitt	- 10	7600	S 39°42'/W 50°58' S 40°43'/W 54°53'

Vorläufige Ergebnisse

In allen kontinuierlich aufgenommenen Proben von Oberflächenwasser des offenen Atlantik wurden Cholesterol, Brassicasterol, Stigmasterol, β -Sitosterol und Campesterol neben einigen unbekanntenen Sterolen durch GC/MS identifiziert und quantitativ bestimmt. Die Konzentrationsmuster der Sterole waren in allen Proben überraschend konstant. Auch die Verteilung der einzelnen Substanzen erwies sich regelmäßiger als erwartet; Ausnahmen bildeten bisher die Verhältnisse beim Queren des Äquators.

Ein einfacher Zusammenhang zwischen Sterolkonzentrationen und Phytoplanktondichte oder ozeanographischen Parametern konnte bislang nicht nachgewiesen werden. In Fig.1 sind beispielhaft Ergebnisse für Cholesterol wiedergegeben. Sie zeigen meist eine lineare Zunahme der Cholesterolkonzentration mit der Extraktionszeit; aus der Zunahme kann die Konzentration im Seewasser abgeleitet werden. Auf Grund dieser Ergebnisse wird gegen Ende der Reise versucht Sterolverteilungen im Oberflächenwasser über die Brazil/Falkland-Konfluenz zu messen.

Bei der GC/MS-Analyse von individuellen polyzyklischen Aromaten (PAHs) in diskreten Seewasserproben mußte nahe am Verfahrensleerwert gearbeitet werden. Die Gehalte liegen damit im Bereich von 1 ppt und darunter, d.h. ein bis zwei Größenordnungen niedriger als sie für den offenen Ozean beschrieben sind.

Bislang ist es jedoch unter Bordverhältnissen nicht gelungen konstante Absolutmessungen bei PAHs durchzuführen]; die angegebenen Ergebnisse wurden durch Nutzung interner Standards abgeleitet. Der Nachweis von technischen Zusatzstoffen in den Proben gibt einen Hinweis auf Kontaminationsprozesse während der analytischen Bearbeitung an Bord.

1.3.5 Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) im Wasser (Th. Bluszcz, S. Unverricht, W. Ernst)

Zielsetzung

Mit der Bestimmung von Adenosintriphosphat (ATP) in Fraktionen von 3.0 bis 125 µm und 0.45 bis 125 µm abfiltrierbaren Mikroplankton sollten die Biomasseverhältnisse des Phytoplanktons im Oberflächenwasser während des Fahrtabschnittes Bremerhaven - Puerto Madryn ermittelt werden. Die Untersuchungen sollen einen Anschluß an entsprechende Messungen liefern, die bereits im Atlantik und in der Antarktis durchgeführt wurden. Ebenfalls sollen sie Bezugsgrößen für die mit der Bestimmung von DMSP befaßten Arbeitsgruppe (AG Kirst, FMB) liefern

Durchführung

Proben aus der Wasseroberfläche wurden mit der Schlagpütz entnommen. Aus der selben Meerwasserprobe wurden DMSP-Untersuchungen von der AG Kirst, (FMB), durchgeführt. Außerdem wurden an fünf Stationen Proben für ATP Tiefenprofile von 10 bis 160 m Wassertiefe mit einem Rosettenwasserschöpfer gewonnen. Insgesamt wurden 246 Einzelmessungen vorgenommen.

Für die Bestimmung von ATP wurden zweimal 125 ml Meerwasser zunächst durch ein Sieb mit 125 µm Maschenweite gegeben. Probe A wurde sodann durch ein Filter von 3.0 µm und Probe B durch ein Filter von 0.45 µm filtriert. Das Filter wurde in 7 ml kochenden Trispuffer (pH-Wert 7.75) gegeben und 10 sec. gekocht. Danach wurde in ein 10 ml graduiertes Reagenzglas überführt, mit ca. 3 ml Trispuffer aufgefüllt und in ein Eisbad gestellt. Vor der Messung wurden die Proben auf Raumtemperatur gebracht. Je 100 µl Trispufferextrakt wurden mit 100µl Luziferin/Luziferase-Reagenz vermischt und die Lumineszenz in einem Turner Luminometer gemessen. Die Kalibrierung erfolgte durch zweifachen inneren Standard.

Ergebnisse

Ausgehend von Messungen im Ärmelkanal, ca. 50° bis 45° Nord ergab sich ein Anstieg der Werte von 50 ng/L ATP bis 140 ng/L. Danach sank die Konzentration ab auf Werte von 80 bis 50 ng/L bis 23° N. Schwankende Werte gab es von 17° N bis 4° S zwischen 80 und 140 ng/L. Im weiteren Verlauf erreichte die Konzentration ein Minimum von 37 ng/L bei 15° S. Ein stetiger Anstieg der Konzentration erfolgte ab 34° Süd und stieg bei 40° S sprunghaft auf 440 ng/l an (Abb.8). Die ATP-Werte die in 5 Tiefenprofilen bestimmt wurden, erreichten ein Maximum zwischen 30 und 40 m und lagen bei einer Konzentration von 130 bis 250 ng/L ATP (Abb.9).

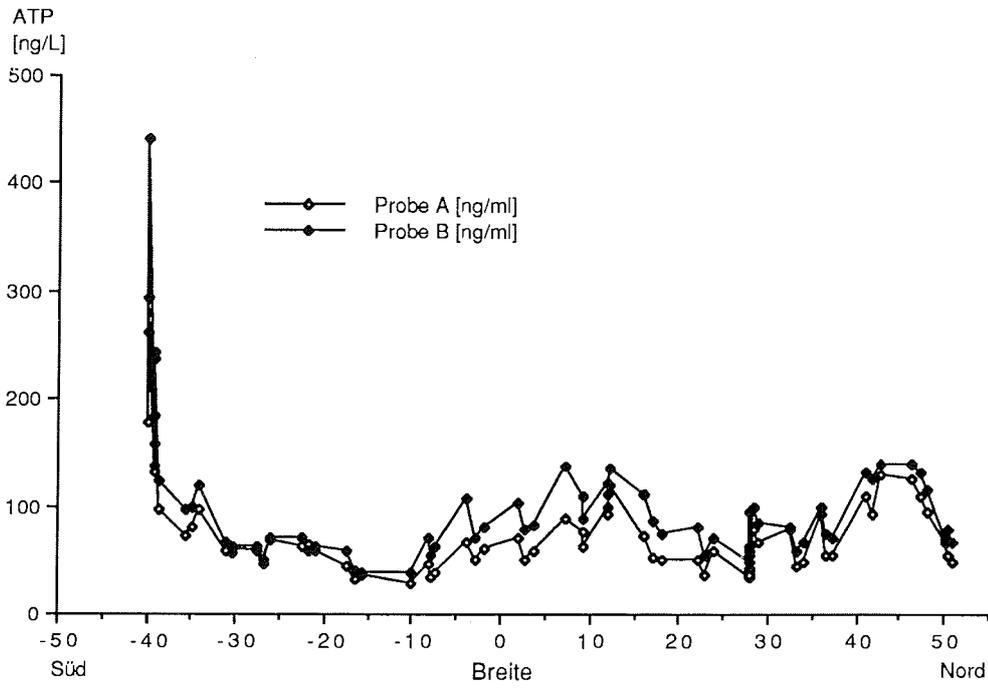


Abb. 8: ATP Konzentration in Abhängigkeit von der geographischen Breite
Fig. 8: Latitude dependence of ATP concentration

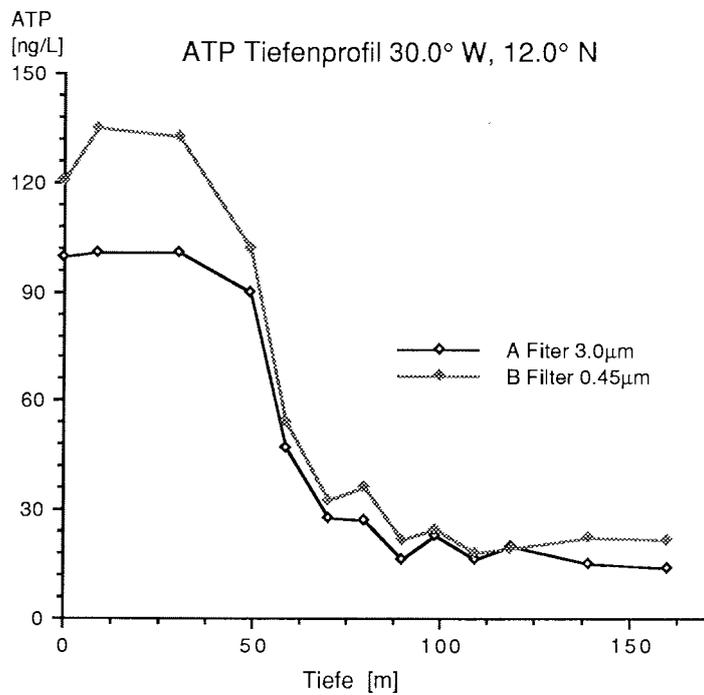
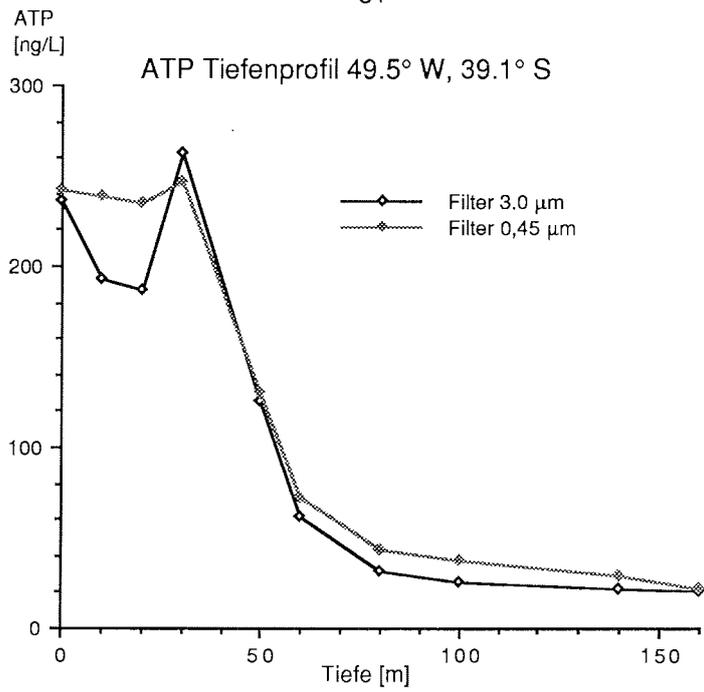


Abb. 9 : Profile bis 160 m Wassertiefe
Fig. 9: Profiles down to 160 m water depth

Tab. 3: ATP Stationsliste

Nr.	Datum	Uhrzeit	Position	Knoten	Temperatur °C		Sammelgefäß
					Wasser	Luft	
001	15.11.91	07.40	50°53.92N 01°15.68E	14.9	11.4	06.5	Pütz
002	15.11.91	12.33	50°29.58N 00°03.19W	12.5	11.6	07.6	Pütz
003	15.11.91	16.35	50°15.81N 00°23.24W	11.4	11.6	08.9	Pütz
004	16.11.91	08.29	48°14.71N 06°30.88W	14.0	10.9	09.7	Pütz
005	16.11.91	12.30	47°22.18N 07°06.58W	13.8	10.9	10.6	Pütz
006	16.11.91	16.28	46°31.78N 07°40.23W	14.1	11.7	11.3	Pütz
007	17.11.91	08.32	42°56.50N 09°56.55W	14.4	13.4	14.6	Pütz
008	17.11.91	12.30	42°02.42N 10°21.45W	13.9	15.0	15.9	Pütz
009	17.11.91	16.25	41°07.88N 10°45.36W	14.0	15.0	16.0	Pütz
010	18.11.91	08.32	37°25.55N 12°23.76W	14.5	17.7	17.3	Pütz
011	18.11.91	12.25	36°31.91N 12°46.85W	14.2	18.0	17.8	Pütz
012	18.11.91	15.15	36°00.12N 13°00.28W	0	17.7	17.7	Pütz
013	19.11.91	08.30	33°58.26N 13°52.80W	13.6	18.5	18.1	Pütz
014	19.11.91	12.30	33°26.26N 13°59.02W	13.9	19.1	19.9	Pütz
015	19.11.91	16.30	32°36.36N 14°23.40W	14.4	18.9	18.7	Pütz
016	20.11.91	08.30	29°14.71N 15°48.93W	12.1	19.8	19.4	Pütz
017	20.11.91	12.00	28°34.40N 16°04.60W		20.2	20.0	Pütz
018	20.11.91	16.30	27°58.93N 16°38.47W	13.8	20.3	19.4	Pütz
019	21.11.91	08.30	27°59.48N 21°08.89W	11.2	20.8	19.9	Pütz
020	21.11.91	12.30	27°59.48N 22°08.38W	14.3	20.9	19.9	Pütz
021	21.11.91	16.30	28°00.05N 23°13.83W	14.1	21.8	20.8	Pütz
022	22.11.91	08.30	28°00.35N 26°00.07W	0	21.7	20.4	Pütz
023	22.11.91	12.30	27°57.59N 25°44.57W	0	21.7	21.3	Pütz
024	22.11.91	16.30	27°51.18N 26°01.96W	13.7	21.8	21.3	Pütz
025	23.11.91	08.30	23°51.55N 27°04.48W	14.1	23.3	22.8	Pütz
026	23.11.91	12.30	22°55.33N 27°17.39W	13.8	23.5	23.1	Pütz
027	23.11.91	16.30	22°07.92N 27°31.21W	13.3	23.5	23.4	Pütz
028	24.11.91	08.30	18°03.84N 28°32.29W	13.9	24.3	23.9	Pütz
029	24.11.91	12.30	17°10.38N 28°47.04W	14.2	23.9	24.1	Pütz
030	24.11.91	16.30	16°11.24N 28°59.29W	14.2	24.6	24.2	Pütz
031	25.11.91	08.30	12°21.23N 29°55.53W	14.2	25.4	26.0	Pütz
032	25.11.91	12.30	12°01.00N 30°00.85W	0	25.6	25.7	Pütz
033	25.11.91	16.30	12°02.73N 30°01.22W	0	25.7	25.6	Pütz
034	26.11.91	08.30	09°09.36N 29°44.33W	13.9	26.4	26.8	Pütz
035	26.11.91	12.30	09°13.84N 29°39.46W	13.9	26.6	27.1	Pütz
036	26.11.91	16.30	07°20.77N 29°35.36W	14.1	26.8	27.1	Pütz
037	27.11.91	08.30	03°44.78N 29°15.17W	13.8	26.3	26.2	Pütz
038	27.11.91	12.30	02°46.61N 29°10.22W	14.2	26.7	24.9	Pütz
039	27.11.91	16.30	01°53.40N 29°04.98W	13.7	26.1	23.2	Pütz
040	28.11.91	08.30	01°54.89S 28°44.68W	13.7	25.4	25.6	Pütz
041	28.11.91	12.30	02°44.33S 28°40.10W	11.0	26.5	25.7	Pütz
042	28.11.91	16.30	03°40.67S 28°35.41W	13.3	26.5	25.7	Pütz
043	29.11.91	08.30	07°16.47S 28°19.86W	14.1	26.5	25.5	Pütz
044	29.11.91	12.30	07°56.74S 28°11.54W	0	26.7	25.4	Pütz
045	29.11.91	16.30	07°57.13S 28°12.33W	0	26.7	25.4	Pütz
046	30.11.91	08.30	10°12.80S 29°17.38W	14.0	26.3	25.6	Pütz
047	01.12.91	08.30	15°35.00S 31°50.43W	13.7	26.2	26.5	Pütz
048	01.12.91	12.30	16°25.59S 32°15.81W	14.3	26.5	25.9	Pütz
049	01.12.91	16.30	17°21.19S 32°41.58W	14.2	25.9	25.4	Pütz

Nr.	Datum	Uhrzeit	Position	Knoten	Temperatur °C		Sammelgefäß
					Wasser	Luft	
050	02.12.91	08.30	20°51.23S 34°22.69W	14.4	25.1	22.0	Pütz
051	02.12.91	12.30	21°39.98S 34°47.93W	11.9	24.7	23.4	Pütz
052	02.12.91	16.30	22°28.31S 35°12.69W	12.8	25.1	23.1	Pütz
053	03.12.91	08.30	25°52.21S 36°57.72W	13.4	23.6	21.3	Pütz
054	03.12.91	12.30	26°43.40S 37°25.47W	13.6	23.3	20.8	Pütz
055	03.12.91	16.30	27°37.41S 37°54.52W	13.7	23.4	20.4	Pütz
056	04.12.91	08.30	30°13.56S 39°17.30W	0	22.3	19.8	Pütz
057	04.12.91	12.30	30°22.24S 39°22.61W	14.0	22.3	20.0	Pütz
058	04.12.91	16.30	31°06.46S 40°11.74W	14.1	21.4	19.2	Pütz
059	05.12.91	08.30	34°03.73S 43°08.76W	14.2	19.5	20.3	Pütz
060	05.12.91	12.30	34°46.69S 43°56.93W	14.6	19.2	20.9	Pütz
061	05.12.91	16.30	35°32.91S 44°45.77W	14.6	19.8	21.1	Pütz
062	06.12.91	08.30	38°33.26S 47°59.40W	14.0	19.9	19.6	Pütz
063	06.12.91	12.30	39°03.15S 48°32.65W	0	17.6	18.0	Pütz
064	06.12.91	16.30	39°03.40S 48°30.94W	0	17.5	18.3	Pütz
065	06.12.91	22.10	39°04.52S 48°30.25W	0	17.3	18.0	Pütz
066	07.12.91	08.30	39°48.50S 51°15.67W	12.6	13.2	13.2	Pütz
067	07.12.91	12.30	40°01.20S 52°12.16W	13.2	13.7	12.4	Pütz
068	07.12.91	16.30	40°15.11S 53°13.92W	11.3	15.8	13.7	Pütz
069	08.12.91	08.30	41°24.28S 57°44.91W	13.8	13.4	11.9	Pütz
070	08.12.91	12.30	41°43.03S 58°58.18W	13.6	14.1	13.9	Pütz

1.4 Meeresbiologie

1.4.1 Gehalt an Dimethylsulfoniopropionat im Phytoplankton des Nord- und Südatlantik (G. O. Kirst, M. Wanzek, R. Haase, J. Lüers)

Zielsetzung

In Fortführung und Ergänzung entsprechender Arbeitsprogramme früherer Expeditionen wurde während des Nord-Südschnittes durch den Atlantik der partikuläre Dimethylsulfoniopropionat (DMSP)-Gehalt, der Chlorophyllgehalt und die Artenzusammensetzung im Phytoplankton des Oberflächenwassers untersucht. Das Ziel des Gesamtprojektes ist es, die postulierte Korrelation zwischen dem Vorkommen von partikulärem, vorwiegend im Phytoplankton akkumulierten DMSP und der Artenzusammensetzung nachzuweisen. Der Chlorophyllgehalt wurde als Maß für die Phytoplanktondichte mitbestimmt. Außerdem sollen die schon früher festgestellten Unterschiede in der DMSP- und Dimethylsulfid (DMS)-Produktion des Oberflächenwassers von Nord- und Südatlantik sowie des Äquatorialbereiches genauer charakterisiert und weiter abgesichert werden.

Probengewinnung und Methoden

Es wurden drei mal täglich zu festen Zeiten (8:30 h; 12:30 h; 16:30 h) Oberflächenwasser mit der Pütz gesammelt, durch ein 200 µm Netz vorfiltriert und das Plankton dann auf Glasfaserfilter (Whatman GF/C) angereichert. Je nach Planktondichte wurden unterschiedliche Mengen Meerwasser pro Filter eingesetzt: Für Chlorophyllbestimmungen 250 mL (hohe Breiten im Nord- und Südatlantik: 40° - 50°) bis 2 L (niedrige Primärproduktionsgebiete im Mittel- und Äquatorialatlantik),

für die DMSP Messungen entsprechend 2 bis 4 L. Routinemäßig wurden jeweils 3 bis 7 Messungen von zwei unabhängig gewonnenen und aufgearbeiteten Proben durchgeführt. Zusammen mit den insgesamt 6 Tiefenstationen wurden so über 120 Proben bestimmt. Bei 5 Tiefenstationen erfolgte die Probennahme in Abstimmung mit den anderen Interessenten bis zu einer Tiefe von 130/140/160 m mit einer wechselnden Auflösung von 10 bis 20 m Intervallen.

An Bord wurden folgende Bestimmungen durchgeführt: DMSP gaschromatographisch, GC mit schwefelspezifischem FP-Detektor; Chlorophyllbestimmung mit einem Fluorometer (Fa. Kleinfeld) direkt auf dem Filter, geeicht wurde mit Chlorophyll A Standards. Mit diesem Gerät konnten auch *in-vivo* Fluoreszenzmessungen (langsame Fluoreszenzänderung) erfolgreich durchgeführt werden, wobei die Fluoreszenzzunahme nach DCMU-Zugabe (Hemmstoff der Photosynthese) eine erste Aussage über die photosynthetische Aktivität des Phytoplanktons erlaubt. Eine Versuchsserie zur Bestimmung der Primärproduktion von Filterproben mit der Winkler-Methode und parallel dazu mit einer Sauerstoffelektrode bei unterschiedlichen Photonen-fluenzraten (ca. 2 bis 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) wurde wegen zu geringer Aktivität der Proben abgebrochen. Weiterhin wurden 200 mL Proben in Braunglasflaschen mit Formalin fixiert und für die Analyse der Artenzusammensetzung im Heimatlabor gelagert. Zusätzliche Filter mit Chlorophyllproben für Nachbestimmungen mit der klassischen Methode (Spektralphotometer) werden bis zur weiteren Aufarbeitung im Heimatlabor tiefgefroren (-32°C). Für eine erste Übersicht der dominierenden Arten wurden mikroskopische Kontrollen von Planktonproben durchgeführt, die mit einem 20 μm Handnetz während der Stationen gesammelt wurden. Parallel zu unseren Untersuchungen wurde aus denselben Meerwasserproben ATP von der Arbeitsgruppe Prof. Ernst (AWI) bestimmt (vgl. Fahrtbericht: Th. Bluszcz, S. Unverricht, W. Ernst).

Erste Ergebnisse

Wie erwartet, befinden sich die Chlorophyllmaxima mit jeweils über 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ in den hohen Breiten des Nord- und des Südatlantiks (vgl. Abb. 10). Der Chlorophyllgehalt nimmt sehr schnell ab, bis auf Werte um 0,02 $\mu\text{g}/\text{L}$, im Südatlantik sogar bis unter 0,005 $\mu\text{g}/\text{L}$. Lediglich vor Teneriffa und beim Durchqueren der Intertropischen Konvergenz (ITC) im Bereich von 15°N bis 0° treten kleinere Maxima auf (ca. 0,7 $\mu\text{g}/\text{L}$). Der DMSP-Gehalt folgt der Chlorophyllkurve in recht guter Übereinstimmung mit Werten im Bereich von 0,5 (Minimum) bis 12 nM (Maximum).

Es sind jedoch immer wieder relativ hohe DMSP-Werte in Proben mit geringem Chlorophyllgehalt beobachtet worden, was den nicht-linearen Zusammenhang zwischen beiden Parametern bestätigt. Der in einzelnen Bereichen auftretende höhere DMSP Gehalt könnte auf die Dominanz stark DMSP produzierender Arten (z.B. Coccolithen) zurückzuführen sein. Die Artenzusammensetzung verschiebt sich deutlich: In den temperierten Zonen herrschen Diatomeen vor, während im subtropischen und tropischen Bereich mit den Chlorophyllminima Coccolithen, Dinoflagellaten (*Ceratium* sp.) und Cyanophyten die Populationszusammensetzung bestimmen. In der ITC und den angrenzenden Zonen wurden wieder die Fadenbüschel der Cyanophycee *Trichodesmium* sp. angetroffen, die schon bei früheren Expeditionen aufgefallen waren. Die genaue Analyse der formalinfixierten Proben wird hier weiteren Aufschluß geben.

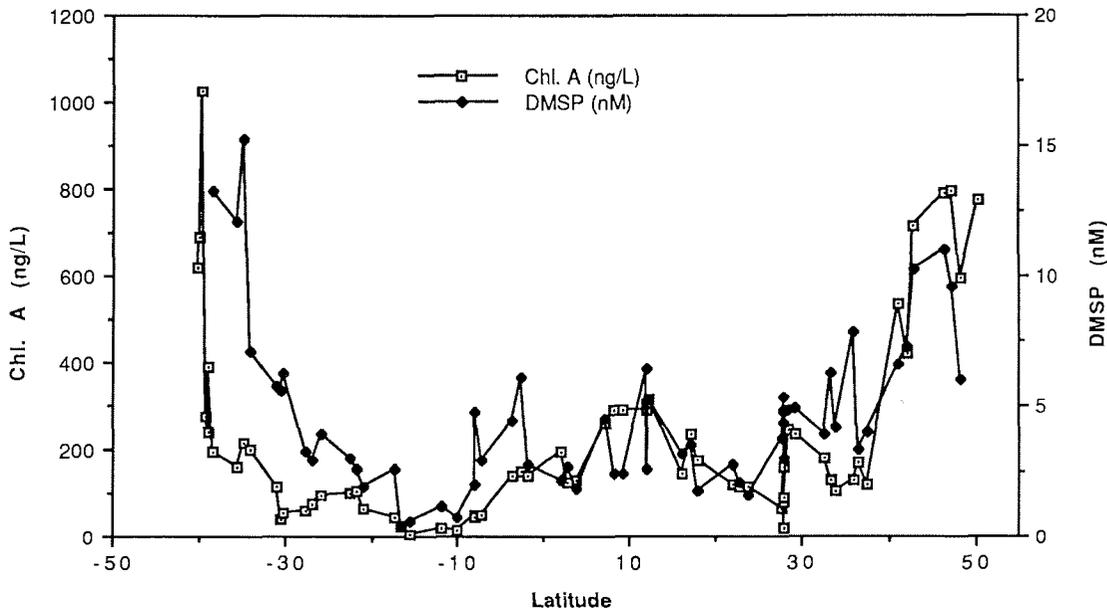


Abb. 10: Chlorophyll A und DMSP im Phytoplankton
Fig. 10: Chlorophyll A and DMSP in Phytoplankton

Die Tiefenstationen sind durch die zahlreichen Parameter, die von den verschiedenen Arbeitsgruppen an Bord gemessen wurden, sehr gut dokumentiert. Auch hier lassen sich frühere Befunde bestätigen: Der organische DMSP-Gehalt ist an der Oberfläche und in den geringen Tiefen am größten (bis zu 7 nM) und nimmt mit der Tiefe rasch ab. Bei drei Tiefenstationen (Nr. 2, 4, 5) war erst in Tiefen von etwa 100 m das Chlorophyllmaximum anzutreffen, lediglich bei Station 3 und 6 war die Hauptmenge in 30 bis 50 m Tiefe nachzuweisen. Aufgrund bisheriger Kenntnisse muß davon ausgegangen werden, daß der hohe DMSP Gehalt an der Oberfläche nicht nur auf Phytoplanktonarten sondern auch auf herbivore Plankter und Bakterien zurückzuführen ist. Dafür spricht auch der Befund, daß gerade bei Tiefenstationen der ATP Gehalt als Maß für die Biomasse besser mit dem DMSP-Vorkommen korreliert ist als mit Chlorophyll (vgl. hierzu auch Fahrtbericht von Th. Bluszcz, S. Unverricht, W. Ernst). Die bisherigen Ergebnisse bestätigen die Rolle des marinen Phytoplankton als Quelle der mengenmäßig wichtigsten flüchtigen Schwefelverbindungen DMSP/DMS im marinen Ökosystem.

1.4.2 Tiefseemikrobiologie (E. Helmke, J. Jürgens)

Zielsetzung

Die mikrobiologischen Untersuchungen sollten weitere Kenntnisse über Verbreitung und Rolle tiefenangepaßter Bakterien sowie über das Schicksal sedimentierender Bakterien des oberflächennahen, tropischen/ subtropischen Bereichs bringen.

Arbeitsprogramm

Aus 6 verschiedenen Tiefseebecken des Atlantischen Ozeans, mit unterschiedlicher hydrographischer Struktur, konnten Wasserproben und zusätzlich aus 4 der Tiefseebecken Wasserproben aus der Boden-Wasser-Grenzschicht sowie Sedimente gewonnen werden.

Der Anteil reproduktionsfähiger heterotropher Bakterien unter Einwirkung unterschiedlicher Druck- und Temperaturbedingungen wurde an Wasserproben aus CTD-Rosette und Gerard-Schöpfern vorwiegend aus Tiefen von 50 m, 1000 m und ca. 80 m über dem Boden ebenso wie an Oberflächensedimenten und Wasserproben aus der Boden-Wasser-Grenzschicht untersucht. Neben diesen Kulturansätzen konnte Probenmaterial für Gesamtzellzahl- und Biomassebestimmungen präpariert werden. Für die Abschätzung der bakteriellen Produktion und Leistung im Tiefseebereich sind Versuchsansätze mit markierten löslichen Substraten unter simulierten Tiefseebedingungen und parallel auch bei Atmosphärendruck durchgeführt worden. Wachstumsexperimente unter gleichen Inkubationsbedingungen ergänzen diese Versuchsansätze.

In situ- Partikelsammler konnten auf 5 Stationen zum Einsatz gebracht werden. Die während des ca. zweistündigen Pumpens auf Filtern gesammelten bakteriellen Biomassen sollen in Zusammenarbeit mit der Sektion Chemie des AWI auf Biomarker analysiert werden und weitere Aufschlüsse über die Tiefenverteilung der druckangepaßten Bakterien bringen.

Zwei Tiefseestationen konnten darüberhinaus genutzt werden, um eine Weiterentwicklung des Druckwasserschöpfers, der den Tiefseedruck beibehält, zu testen. Das Gerät brachte nicht die gewünschten dekompensionsfreien Wasserproben. Eine Beseitigung der aufgetretenen Mängel, war mit Bordmitteln nicht zu erreichen.

Die Auswertung der meisten Versuchsansätze kann erst im Heimatlabor in Bremerhaven erfolgen. Um das Risiko einer Vernichtung der bakteriellen Kulturansätze durch Erwärmung des Materials während des Rücktransport nach Bremerhaven zu vermeiden, verbleiben die Kulturansätze bis zum Fahrtabschnitt ANT X/3 an Bord und werden dann während ANT X/3 ausgewertet und weiterbearbeitet. Insbesondere sollen sekundäre Kultivierungsschritte durchgeführt werden, mit denen eine quantitative Abschätzung barophiler Bakterien auch bei Dominanz von barotoleranten bzw. barosensiblen Formen möglich wird.

1.4.3 Untersuchungen zur latitudinalen Verbreitung, Dichte und Aktivität mariner Pilze im Atlantischen Ozean (K. Schaumann, C. Möller und A. Krack)

Zielsetzung

Aufgabe der Untersuchungen war es, die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Mykoplanktons im offenen Atlantik in Abhängigkeit von der geographischen Breite und der sonstigen biologischen Besiedlung des Pelagials vergleichend zu erfassen und zu analysieren. Besonderes Augenmerk sollte dabei unter anderem auf die parasitischen Pilze des Phyto- und Zooplanktons gelegt werden. Schließlich sollten die vorkommenden saprophytischen Pilze isoliert und in Reinkultur überführt werden, um für anschließende taxonomische und physiologisch-biochemische Untersuchungen im Institutslabor zur Verfügung zu stehen.

Arbeitsprogramm

Es wurden folgende Probennahmen bzw. Untersuchungen durchgeführt:

1. Entnahme diskreter Wasserproben aus 3-4 Wassertiefen (meist 10, 60 und 140 m, sowie Tiefenwasser) an den Stationen No. 1-6 (BIO-Rosette); Ermittlung der Arten- und Keimzahl saprophytischer Meerespilze, differenziert in: - höhere myzelbildende Pilze (Hyphomyceten); - höhere hefeartiger Pilze (Hefen); - niedere Pilze (pilzähnliche Protoctisten) mit Hilfe (a) indirekter, selektiver Anreicherungs- und Kulturverfahren, und (b) einer neuen, fluoreszenzmikroskopischen Direktzählmethode (Acriflavin-Direct-Detection/AFDD); Bestimmung der Konzentrationen an: Chlorophyll-a, Phaeopigmenten, ATP und Bakterien, letztere in Form der sogen. Saprophytenzahl (cfu).
2. Gewinnung diskreter Planktonproben aus Vertikalhols (0-300 m) mit Bongo-Netzen (100 + 500 µm MW) an den Stationen 2-6, und aus Vertikalhols (0-50 m) mit dem kleinen Apstein-Netz (20 µm MW) an den Stationen 1-6; beides zur Erfassung parasitischer und saprophytischer Pilze sowie der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Phyto- und Zooplanktons insgesamt.
3. Kontinuierliche fluorometrische Chlorophyll-a Messungen mit zwei Turner TD-10 Durchflußfluorometern, (a) im Bypass am Bugstrahlruderkanal und (b) im Bypass der sogenannten "Klaus-Pumpe", mit mindestens täglichen diskreten Probenahmen aus dem Durchfluß, (a) zur Eichung der Chlorophyll-a und Phaeopigment-Registrierungen, sowie (b) zur Bestimmung der Myko- und Phytoplanktonzusammensetzung in Lugol- und Formol-fixierten Proben mit Hilfe der Utermöhl- und AFDD-Methode nach Rückkehr ins Institutslabor.

Vorläufige Ergebnisse

Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen folgendes Bild:

- Saprophytische höhere Pilze kommen regelmäßig - in z.T. hoher Dichte und Diversität - sowohl im freien Wasser, als auch besonders im Netzplankton vor (Hefen: 0 - 30.000 Keime/L; Hyphomyceten: 10-90.000/L). Ihre Menge und Artenzusammensetzung scheint direkt mit der Plankton- und der ATP-Konzentration, als Maß für die Gesamt-Biomasse (Messungen durch Th. Bluszc und S. Unverricht) korreliert zu sein.

- Niedere, saprophytische Pilze (s. Tab. 4) finden sich ebenfalls in sehr variabler Dichte (0 - >100 Keime/L) jedoch auffallend geringer Diversität. Sie treten vor allem in Verbindung mit höheren Phytoplanktonkonzentrationen auf, die während der Expedition aber nur sporadisch beobachtet wurden. Unter den isolierten Pilzstämmen befinden sich mehrere, bisher unbekannte Arten (Thraustochytrium spp.), so daß Neubeschreibungen erforderlich werden.
- Das Vorkommen parasitischer Pilze konnte mit Sicherheit bisher nur an der Station 1, auf einer fadenbildenden Phytoplankton-Alge beobachtet werden. Weitere, prospektive Funde bedürfen noch der Bestätigung durch intensive mikroskopische Nachuntersuchungen.
- Die neue AFDD-Methode scheint in Anbetracht der relativ geringen Dichte niederer Pilze im offenen Ozean nur in beschränktem Maße zur Untersuchung natürlicher Wasser- und Planktonproben geeignet zu sein.
- Die in 11 m Ansaugtiefe gemessenen Chlorophyll-a Konzentrationen schwankten zwischen etwa 1000 ng/L im Englischen Kanal und weniger als 20 ng/L über weite Strecken des offenen, äquatorialen Atlantiks. Die Messungen im Bypass des Bugstrahlruderkanals sind unbrauchbar, da Probleme mit der Anströmung, dem Durchfluß, der Meßanzeige und der Datenübertragung zur DEV nicht behoben werden konnten. Demgegenüber arbeitete das Fluorometer an der "Klaus-Pumpe" exakt und konnte selbst kleinere Phytoplanktonpatches dokumentieren.

Die Auswertungen wurden während des Fahrtabschnitts ANT X/1b, und nach Rückkehr ins Institutslabor fortgesetzt.

Die Gesamtergebnisse liefern erstmalig Aussagen zur latitudinalen Variation der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Mykoplanktons im offenen Atlantik zwischen etwa 50° N und 50° S. Darüberhinaus geben sie Hinweise auf die Wechselbeziehungen zwischen dem Mykoplankton einerseits und dem Bakterio-, Phyto- und Zooplankton andererseits. Zusätzliche Informationen über die physiologischen und biochemischen Aktivitäten der vorkommenden Pilze werden die noch ausstehenden Laboruntersuchungen an Reinkulturen erbringen. Insgesamt wurden 570 Pilzstämmen isoliert und in die "Kultursammlung Mariner Pilze Bremerhaven - KMPB" übernommen.

Tab. 4: Arten und Keimzahlen niederer, mit Pinus-Pollen köderbarer, saprophytischer Pilze (n/l) an den Stationen Nr. 1 bis 6 während der FS"Polarnster"-Expedition ANT X/1a (13.11.-09.12.1991)

Stat. Nr.	Substrat +Tiefe	Inkub. Temp.°C	Thrausto. spp.	T. aggregatum	Schizo. aggregatum	Ulkenia visurgensis
1	Wasser -700 m	10	> 5	-	-	-
2	Wasser -50 m	20	> 4	-	-	-
	Plankt. >500 µm	10	-	-	> 100	-
	Plankt. >500 µm	20	> 100	-	-	-
	Plankt. >100 µm	10	> 100	-	-	-
	Plankt. >100 µm	20	-	-	-	> 100
	Plankt.>100 µ-Homog.	01	-	-	> 100	-
	Plankt.>100 µ-Homog.	10	-	-	> 100	-
	Plankt.>100 µ-Homog.	20	-	-	> 100	-
3	Plankt. >500 µm	20	-	> 100	-	-
	Plankt.>500 µ-Homog.	01	> 100	-	-	-
	Plankt.>500 µ-Homog.	10	-	-	> 100	-
	Plankt.>500 µ-Homog.	20	-	-	> 100	-
	Plankt. >100 µm	10	-	> 100	-	-
	Plankt.>100 µ-Homog.	10	-	-	> 100	-4
	Plankt. >100 µm	20	> 100	-	-	-
5	Wasser -140 m	20	> 4	-	-	-
	Plankt. >100 µm	10	-	-	-	> 100
	Plankt.>100 µ-Homog.	20	> 100	-	-	-
6	Wasser -60 m	01	-	-	> 2	-
	Wasser -140 m	10	> 2	-	> 5	-
	Wasser -140 m	20	-	> 2	-	-
	Plankt. >500 µm	20	> 100	-	-	-
	Plankt.>500 µ-Homog.	20	> 100	-	-	-
	Plankt.>100 µ-Homog.	20	> 100	-	-	-

Vollständige Art- und Gattungsnamen: Thraustochytrium spp.; T. aggregatum; Schizochytrium aggregatum; Ulkenia visurgensis

1.4.4 Mikrobiologie (K. Gocke, H.G. Hoppe, R. Koppe)

Die Hochsee ist auf Grund ihrer räumlichen Ausdehnung ein wichtiger Faktor in den globalen Stoffkreisläufen. Sie ist jedoch, im Gegensatz zu den Küstengewässern, mikrobiologisch nur wenig untersucht. Daher war es Ziel unserer Arbeiten auf dieser Polarsternreise die Zahl und Aktivität der Bakterien im Verlauf eines Nord-Süd Transektes durch den Atlantik in engräumigen Abschnitten zu ermitteln. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Abhängigkeit der mikrobiologischen Variablen von der Wassertemperatur und der Primärproduktion in den verschiedenen Klimazonen. Im Bereich der Hochsee bestehen für Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Primärproduktion und Bakterienentwicklung besonders günstige Voraussetzungen, da Irritationen durch allochtone Einflüsse, wie sie im Küstenbereich auftreten können, hier weitgehend ausgeschlossen sind.

Im Verlauf der Reise wurde an 108 Wasserproben, die in 4-stündigen (am Ende der Reise 8-stündigen) Zeitabständen mit dem "Schnorchel" aus 12 m Tiefe genommen wurden, eine umfassende mikrobiologische Analyse vorgenommen. Die Meßgrößen und die angewendeten Methoden waren:

Bakterienzahl und Bakterienbiomasse - Epifluoreszenzmikroskopie nach Acridinorange-Färbung der Bakterien. Zahl und Biomasse der Cyanobakterien - Autofluoreszenz im Epifluoreszenzmikroskop. Zahl der metabolisch aktiven Bakterien - ^3H - Leucin Mikroautoradiographie. Chlorophyll-a - fluorimetrische Bestimmung. Phytoplanktonprimärproduktion - $^{14}\text{CO}_2$ - Inkorporation bei in situ Temperaturen und Lichtsättigung. Turnover-Raten niedermolekularer gelöster Substanzen - ^3H Leucin-Aufnahme. Proteolytische Aktivität der Bakterien - Fluorimetrischer Nachweis der Leucin-MCA Hydrolyse. Bakterienproduktion - ^3H Methyl-Thymidin und ^3H Leucin Inkorporation

An Bord des Schiffes wurden hauptsächlich Rohdaten dieser Parameter ermittelt. Cyanobakterien konnten in allen Wasserproben nachgewiesen werden. Besonders zahlreich waren sie im Bereich der äquatorialen Divergenz und vor dem argentinischen Schelfgebiet. Im subtropischen und tropischen Teil des Transektes lag der Anteil der Cyanobakterien an der (hier sehr niedrigen) Primärproduktion bei ca. 80%.

1.5 Physikalische Ozeanographie

1.5.1 CTD- und Thermosalinograph-Messungen (Heinz-Volker Fiekas)

Während des Transatlantikschnitts ANT X/1a wurden 6 hydrographische Stationen ausgeführt, auf denen neben Großserienwasserschöpfer (Gerards) und Bongo-Netz eine CTD-Sonde mit Kranzwasserschöpfer (Rosette) zur Unterstützung der meereschemischen Arbeiten zum Einsatz kam. Wasserproben mit Hilfe der Rosette wurden in 12 Tiefen bis 4000 dbar genommen, da die Einsatztiefe der CTD-Sonde begrenzt war.

Mit Ausnahme der ersten und dritten Station sollten die Messungen an Positionen durchgeführt werden, an denen ehemals GEOSECS-Messungen stattgefunden hatten. Die erste Station lag im Einflußbereich des Mittelmeerwasseraustroms (Abb. 11) und diente neben meereschemischen Untersuchungen auch zur Überprüfung der Geräte. Aus bislang ungeklärten Gründen gab es bei der Erfassung der hydrographischen Parameter mit Hilfe der ME-Sonde Ausfälle. Ein Programmfehler bei der Berechnung des Salzgehalts konnte behoben und die Daten nachträglich korrigiert werden.

Die Tiefen, in denen die Schöpfer ausgelöst wurden, waren durch die GEOSECS-Messungen vorgegeben, da direkte Vergleiche erfolgen sollten. Sowohl die Sondentemperatur als auch der Sondendruck wurden durch elektronische Umkippthermometer und -druckmesser in den Auslösetiefen überprüft. Eine Überprüfung des CTD-Salzgehalts an Bord unterblieb, da das Salinometer ausfiel.

Für die nachträgliche Salzgehaltsbestimmung im Labor wurden Wasserproben genommen.

Die oberflächennahen Temperatur- und Salzgehaltsmessungen des Thermosalinographen am Bugstrahlruder wurden mit Hilfe des INDAS-Systems kontinuierlich aufgezeichnet. Zur Überprüfung des angezeigten Salzgehalts wurden Wasserproben direkt an der ME-Sonde am Bugstrahlruder entnommen, die im Labor analysiert werden.

ADCP-Messungen:

Während der Anreise hat der akustische Doppler-Sonar-Stromprofiler (ADCP) gemessen und aufgezeichnet. Einzelne Programmabbrüche erforderten Neustarts. Vor Teneriffa wurde eine Kalibrierfahrt in Form von Zickzack-Kursen durchgeführt. Die Verfügbarkeit von GPS (Global Positioning System) war während der gesamten Überfahrt so unzureichend, daß auf die ebenfalls aufgezeichnete TRANSIT-Navigation zurückgegriffen werden muß. Eine qualitative Kontrolle des Geräts erfolgte durch die in Echtzeit dargestellten Stromprofile relativ zum Schiff. Sie zeigten im Bereich des äquatorialen Stroms die erwarteten Strukturen.

XBT-Abwürfe und Radiosondenaufstiege:

Zur Erstellung eines Meridionalschnitts wurde pro Breitengrad ein XBT (Expendable Bathythermograph) geworfen (siehe Tabelle 5) und ein Radiosondenaufstieg durchgeführt. Diese Messungen trugen zu einem langjährigen Datensatz bei, der die ozeanischen Temperaturen im Bereich der Warmwassersphäre und die meteorologischen Parameter, wie Temperatur, Feuchte und Wind, bis in eine Höhe von ca. 17 bis 27 km auf den Nord-Süd-Passagen zum Inhalt hat.

Dazu wurden die XBT-Daten mit einem "Nautilus"-System aufgezeichnet und für eine "Bathymessage" vorbereitet, die dann automatisch im Stundentakt über Satellit nach Hamburg zum BSH (Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrographie) gesendet wurden. Die Radiosondenaufstiege erfolgten in enger Zusammenarbeit mit Herrn Sonnabend von der Bordwetterwarte. Die Daten dieser Ballonaufstiege wurden auf Digitalkassetten aufgezeichnet.

An Bord wurden die XBT-Messungen als Vertikalschnitte dargestellt (Abb.: 12). Sie dienten den anderen Arbeitsgruppen als zusätzliches Hilfsmittel für die Interpretation ihres Probenmaterials. Im Bereich der Konfluenzzone von Brasil- und Falklandstrom wurde das XBT-Netz engmaschiger, um so die Brasilstrom-, Subtropen- und Subantarktische Front trennen zu können.

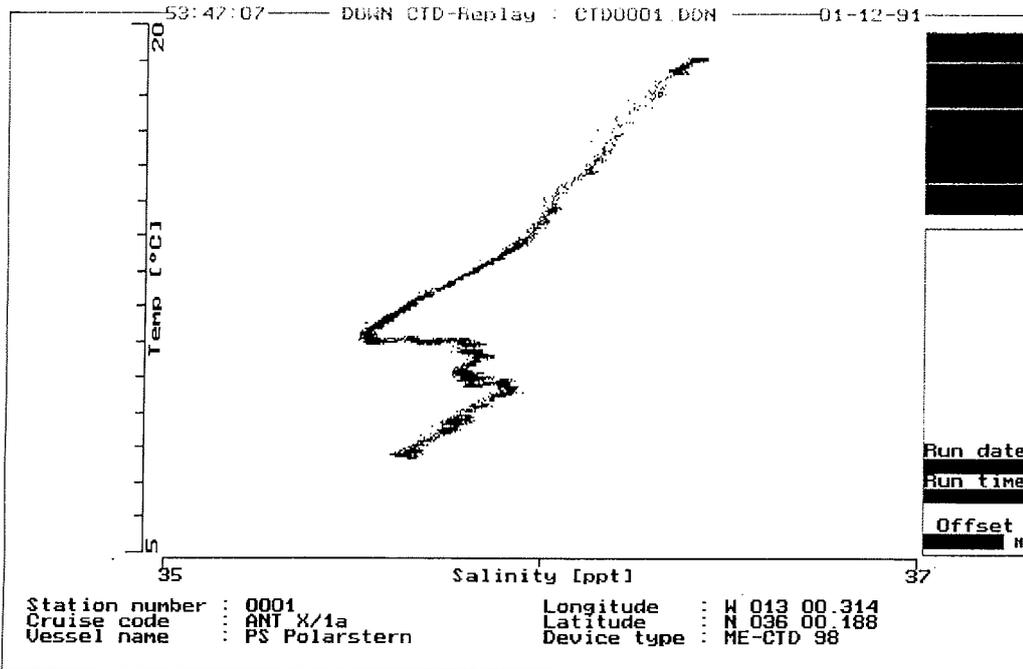


Abb. 11: T/S-Diagramm der Station 001 im Einflußbereich des Mittelmeerwasserausstroms.

Fig. 11: T/S diagram of station 001 near the outflow of Mediterranean Water

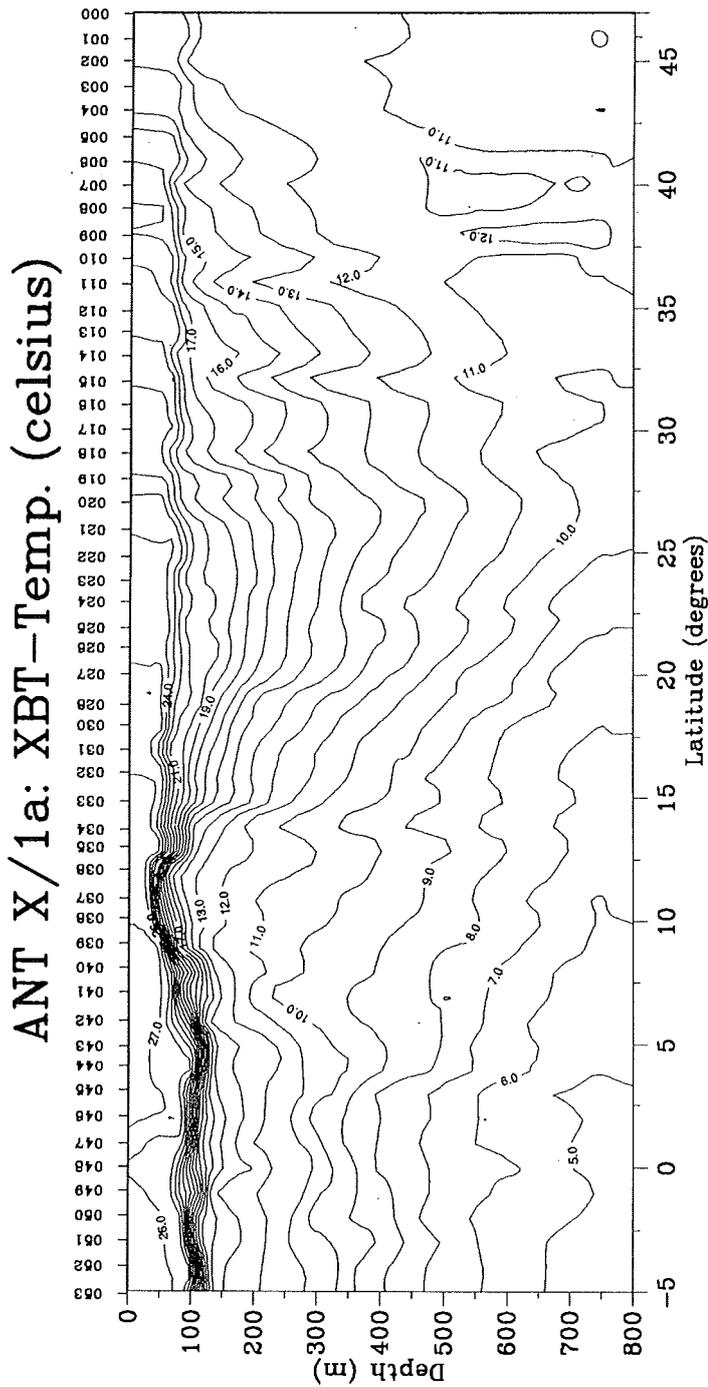


Abb. 12: Vertikalschnitt der XBT-Temperatur zwischen 47° N und 41° S während der Anfahrt von ANT X/1a. Der Abstand der Isolinien beträgt 1.0 K.

Fig. 12: Hydrographic section of the surface temperature obtained by XBT profiles between 47° N and 5° S during ANT X/1a. Contour interval is 1.0 K

Tab. 5: XBT-Messungen, Fahrtabschnitt 1a

Station	Alle Zeiten in UTC Datum	Zeit	Breite	Länge	Tiefe (m)	Meß- tiefe
DBLK000	16.11.91	14.40	46°56.0'N	07°24.0'W	4434.0	756.7
DBLK001	16.11.91	19.29	45°53.0'N	08°06.0'W	4870.0	755.9
DBLK002	16.11.91	23.23	45°00.0'N	08°40.0'W	4940.0	755.9
DBLK003	17.11.91	04.08	43°56.0'N	09°21.0'W	3338.0	755.9
DBLK004	17.11.91	08.16	43°00.0'N	09°55.0'W	2712.0	756.7
DBLK005	17.11.91	13.03	41°55.0'N	10°25.0'W	2868.0	756.7
DBLK006	17.11.91	17.21	40°55.0'N	10°52.0'W	4127.0	756.7
DBLK007	17.11.91	21.27	39°58.0'N	11°18.0'W	5058.0	755.9
DBLK008	18.11.91	01.33	39°02.0'N	11°41.0'W	4140.0	755.9
DBLK009	18.11.91	06.24	37°56.0'N	12°11.0'W	5120.0	755.9
DBLK010	18.11.91	10.19	37°00.0'N	12°34.0'W	5055.0	756.7
DBLK011	18.11.91	23.46	35°59.0'N	13°21.0'W	4868.0	755.9
DBLK012	19.11.91	04.36	34°52.0'N	13°31.0'W	3580.0	755.9
DBLK013	19.11.91	08.20	34°00.0'N	13°52.0'W	4463.0	756.7
DBLK014	19.11.91	14.39	33°00.0'N	14°12.0'W	4373.0	755.9
DBLK015	19.11.91	19.26	31°56.0'N	14°43.0'W	4358.0	755.9
DBLK016	19.11.91	23.41	31°00.0'N	15°06.0'W	3930.0	757.4
DBLK017	20.11.91	04.33	30°01.0'N	15°29.0'W	3336.0	755.9
DBLK018	20.11.91	09.29	29°02.0'N	15°53.0'W	3616.0	757.4
DBLK019	21.11.91	10.41	27°59.0'N	21°40.0'W	4766.0	756.7
DBLK020	22.11.91	20.06	27°00.0'N	26°16.0'W	4965.0	755.9
DBLK021	23.11.91	00.49	25°55.0'N	26°33.0'W	4123.0	757.4
DBLK022	23.11.91	05.28	24°49.0'N	26°48.0'W	5407.0	755.9
DBLK023	23.11.91	09.38	23°50.0'N	27°05.0'W	5460.0	755.9
DBLK024	23.11.91	13.23	22°58.0'N	27°16.0'W	3298.0	755.9
DBLK025	23.11.91	18.14	21°53.0'N	27°35.0'W	5329.0	756.7
DBLK026	23.11.91	21.29	21°05.0'N	27°46.0'W	5174.0	756.7
DBLK027	24.11.91	02.14	20°00.0'N	28°02.0'W	4924.0	757.4
DBLK028	24.11.91	07.26	18°47.0'N	28°20.0'W	4483.0	755.9
DBLK030	24.11.91	11.03	17°57.0'N	28°33.0'W	4475.0	757.4
DBLK031	24.11.91	15.25	16°57.0'N	28°51.0'W	4887.0	757.4
DBLK032	24.11.91	19.12	16°01.0'N	29°01.0'W	4341.0	757.4
DBLK033	25.11.91	00.02	14°50.0'N	29°19.0'W	5260.0	757.4
DBLK034	25.11.91	04.52	13°42.0'N	29°36.0'W	5579.0	756.7
DBLK035	25.11.91	07.44	13°00.0'N	29°46.0'W	5866.0	755.9
DBLK036	25.11.91	11.38	12°05.0'N	29°58.0'W	5704.0	756.7
DBLK037	26.11.91	02.53	10°56.0'N	29°54.0'W	5774.0	756.7
DBLK038	26.11.91	06.27	10°06.0'N	29°49.0'W	5284.0	757.4
DBLK039	26.11.91	11.05	09°03.0'N	29°44.0'W	5300.0	755.9
DBLK040	26.11.91	15.20	08°04.0'N	29°39.0'W	4080.0	755.9
DBLK041	26.11.91	19.30	07°06.0'N	29°34.0'W	3944.0	755.9
DBLK042	27.11.91	00.36	05°57.0'N	29°26.0'W	3885.0	757.4
DBLK043	27.11.91	05.23	04°54.0'N	29°20.0'W	3478.0	756.7
DBLK044	27.11.91	09.07	04°04.0'N	29°16.0'W	4135.0	756.7
DBLK045	27.11.91	13.13	03°04.0'N	29°11.0'W	3474.0	757.4
DBLK046	27.11.91	17.47	02°01.0'N	29°06.0'W	3277.0	755.9
DBLK047	27.11.91	22.27	00°55.0'N	29°00.0'W	2849.0	755.9
DBLK048	28.11.91	02.17	00°00.0'N	28°57.0'W	3535.0	755.9
DBLK049	28.11.91	06.22	00°57.0'S	28°49.0'W	3814.0	756.7
DBLK050	28.11.91	10.36	01°57.0'S	28°45.0'W	4842.0	756.7
DBLK051	28.11.91	15.36	02°58.0'S	28°39.0'W	4979.0	755.9
DBLK052	28.11.91	19.59	04°00.0'S	28°33.0'W	5113.0	757.4

Station	Datum	Zeit	Breite	Länge	Tiefe (m)	Meß. tiefe
DBLK053	29.11.91	00.42	05°08.0'S	28°27.0'W	5414.0	756.7
DBLK054	29.11.91	04.57	06°00.0'S	28°40.0'W	5562.0	757.4
DBLK055	29.11.91	09.16	06°59.0'S	28°24.0'W	5575.0	756.7
DBLK056	30.11.91	00.21	08°00.0'S	28°13.0'W	5215.0	756.7
DBLK057	30.11.91	05.08	09°02.0'S	28°43.0'W	5490.0	757.4
DBLK058	30.11.91	09.08	09°57.0'S	29°09.0'W	5048.0	756.7
DBLK059	30.11.91	13.59	11°00.0'S	29°39.0'W	5387.0	756.7
DBLK060	30.11.91	18.15	11°58.0'S	30°07.0'W	5414.0	756.7
DBLK061	30.11.91	23.00	13°02.0'S	30°37.0'W	5088.0	756.7
DBLK062	01.12.91	03.16	13°58.0'S	31°05.0'W	4307.0	757.4
DBLK063	01.12.91	08.05	15°01.0'S	31°35.0'W	4682.0	755.9
DBLK064	01.12.91	12.25	15°59.0'S	32°03.0'W	4670.0	756.7
DBLK065	01.12.91	16.59	17°00.0'S	32°31.0'W	4573.0	757.4
DBLK066	01.12.91	17.04	17°00.0'S	32°31.0'W	4573.0	757.4
DBLK067	01.12.91	21.25	17°59.0'S	33°01.0'W	4401.0	755.9
DBLK068	02.12.91	02.28	19°04.0'S	33°34.0'W	4211.0	757.4
DBLK069	02.12.91	06.09	19°55.0'S	33°54.0'W	4165.0	756.7
DBLK070	02.12.91	11.00	20°57.0'S	34°25.0'W	3295.0	756.7
DBLK071	02.12.91	16.10	22°00.0'S	34°58.0'W	4523.0	756.7
DBLK072	02.12.91	21.18	23°03.0'S	35°30.0'W	4169.0	756.7
DBLK073	03.12.91	02.00	24°03.0'S	36°03.0'W	4093.0	757.4
DBLK074	03.12.91	06.06	24°56.0'S	36°28.0'W	4135.0	756.7
DBLK075	03.12.91	11.10	26°01.0'S	37°03.0'W	4231.0	757.4
DBLK076	03.12.91	15.30	26°58.0'S	37°04.0'W	4574.0	756.7
DBLK077	03.12.91	20.12	28°01.0'S	38°06.0'W	144.0	757.4
DBLK078	04.12.91	01.03	29°03.0'S	38°42.0'W	4713.0	755.9
DBLK079	04.12.91	05.31	30°03.0'S	39°13.0'W	4315.0	755.9
DBLK080	04.12.91	17.58	30°59.0'S	40°04.0'W	3679.0	756.7
DBLK081	04.12.91	23.30	32°03.0'S	41°08.0'W	4101.0	755.9
DBLK082	05.12.91	05.21	33°05.0'S	42°14.0'W	4495.0	756.7
DBLK083	05.12.91	09.57	33°58.0'S	43°06.0'W	4471.0	756.7
DBLK084	05.12.91	15.47	35°00.0'S	44°12.0'W	4846.0	755.9
DBLK085	05.12.91	21.16	36°02.0'S	45°17.0'W	4934.0	755.9
DBLK086	06.12.91	02.27	37°02.0'S	46°21.0'W	5076.0	755.9
DBLK087	06.12.91	07.48	38°02.0'S	47°27.0'W	5157.0	755.9
DBLK088	06.12.91	12.58	38°57.0'S	48°26.0'W	5300.0	756.7
DBLK089	07.12.91	09.22	39°44.0'S	51°01.0'W	5382.0	756.7
DBLK090	07.12.91	13.30	39°58.0'S	51°57.0'W	5308.0	754.7
DBLK091	07.12.91	17.57	40°13.0'S	53°06.0'W	5239.0	756.7
DBLK092	07.12.91	21.01	40°26.0'S	53°55.0'W	4825.0	757.4
DBLK093	08.12.91	00.56	40°46.0'S	55°03.0'W	3522.0	557.4
DBLK094	09.12.91	06.08	51°04.0'S	56°29.0'W	1275.0	755.9

1.6 Untersuchungen der Mittleren Atmosphäre- Das Projekt LADIMAS
-(Latitudinal Distribution of Middle Atmosphere Structure) (M. Alpers,
 T.W. Collins, P.A.T. Haris, J.Höffner, J.P. Martone, S. Schmitz, M.
 Servazi, T.D. Stevens, U. von Zahn, H. H. Graef)

Derjenige Teil der mittleren Atmosphäre, der oberhalb 50 km Höhe liegt, ist bis heute noch vergleichsweise wenig erforscht. In den vergangenen Jahren wurden jedoch moderne Beobachtungsmethoden entwickelt, die es gestatten, wichtige Eigenschaften der oberen Atmosphäre vom Boden aus zu messen. Im Rahmen des Projekts LADIMAS wurden eine größere Anzahl solcher Meßgeräte auf der "Polarstern" installiert, von wo aus sie gleichzeitig und am gleichen Ort die in Tab. 6 genannten Eigenschaften der mittleren Atmosphäre vermessen.

Tab. 6: Die während LADIMAS zu messenden Parameter der mittleren Atmosphäre

Parameter	Höhenbereich	Instrument	Institution
Luft- temperatur	80 - 110 km Höhe	Na Resonanz-Lidar	UB
	86 km 10 bis 80 km	OH [*] -Spektrometer Rayleigh/Raman- Lidar	FBW PSU
Luftdichte	10 bis 90 km	Rayleigh/Raman- Lidar	PSU

Zusammensetzung:			
Aerosol, Wolkenteilchen	10 bis 40 km	3 Lidargeräte	PSU/UB
Wasserdampf	50 bis 80 km	Mikrowellen- Radiometer	PSU
Ozon	Mesospäre	O ₂ (¹ Δ)-Photometer	US
Natrium	80 bis 110 km	Na Resonanz-Lidar	UB
Eisen	80 bis 110 km	Fe Resonanz-Lidar	UB

Elektronendichte	90 bis 150 km	Ionosonde	PSU

FBW Gesamthochschule Wuppertal
 PSU Pennsylvania State University, University Park, PA, U.S.A.
 UB Universität Bonn
 US University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask., Kanada

Die Durchführung dieser Messungen während der "Polarstern"-Fahrt ANT X/1a bietet die bisher einzigartige Möglichkeit, nicht nur die atmosphärischen Parameter selbst, sondern auch ihre Abhängigkeit von der geographischen Breite (von ca. 50° N bis 42° S) und - in gewissem Umfang - von der Jahreszeit studieren zu können. Im Vordergrund des Interesses stehen dabei:

- a) Vermessung der Breitenabhängigkeit der thermischen Struktur der mittleren Atmosphäre von 50° N bis 42° S.
- b) Vermessung der Häufigkeit und Stärke, der Höhen- und Breitenabhängigkeit von internen Schwerewellen, sowie deren zugehörigen "Sättigungshöhen."
- c) Vermessung der Höhenprofile und der Breitenabhängigkeit der Dichte von Wasserdampf, Ozon, Natrium und Eisen oberhalb 50 km Höhe.
- d) Suche nach nicht-molekularen Rayleigh-Streuteilchen, Mie-Streuteilchen, Aerosolen und Wolkenteilchen in der gesamten mittleren Atmosphäre.
- e) Erforschung von Metallatom-Schichten in Höhen zwischen 80 und 120 km Höhe, insbesondere: (a) erstmalige großräumige Vermessung der Eisenschicht, (b) gleichzeitige Beobachtungen der Eisen- und Natrium-Schichten, (c) Breitenverteilung sporadischer Metallatom-Schichten und (d) deren Korrelation mit dem Auftreten sporadischer E-Schichten.

1.6.1 Bestimmung der Temperatur der oberen Mesosphäre aus OH^{*}-Emissionen (H.-H. Graef)

Die Mesopause ist als Bindeglied zwischen Mesosphäre und Thermosphäre ein sehr wichtiger Bereich der Atmosphäre, der auch mit modernen Meßtechniken nur schwer zugänglich ist. Sie wird typischerweise mit dem Minimum des Temperaturprofils zwischen Mesosphäre und Thermosphäre identifiziert und liegt zwischen 80 und 100 km Höhe. Ihre genaue Lage ist im wesentlichen von der geographischen Breite und der Jahreszeit abhängig.

In der oberen Mesosphäre und der unteren Thermosphäre reagiert Ozon mit atomarem Wasserstoff und bildet in einer exothermen Reaktion angeregte OH-Moleküle (OH^{*}). Als Folge dieser Reaktion entsteht eine Schicht von OH^{*}-Molekülen mit einem Dichtemaximum bei 86 km Höhe und einer Halbwertsbreite von etwa 8 km.

Beim Übergang zu niedrigeren Energieniveaus emittieren die OH^{*}-Moleküle Strahlung im infraroten und im sichtbaren Spektralbereich. Die von uns beobachtete Infrarotstrahlung (~1.5 µm Wellenlänge) entsteht bei Übergängen der OH^{*}(3.1)-Vibrations-Rotationsbande. Ihre Intensität hängt von der kinetischen Temperatur der Atmosphäre im betrachteten Bereich ab. Durch bodengebundene nächtliche Messungen dieser Strahlung mit IR-Spektrometern kann die mittlere Temperatur der OH^{*}-Schicht bestimmt werden. Das von der Universität Wuppertal verwendete Spektrometer ist mit einem Germanium-Detektor ausgerüstet, der im Wellenlängenbereich von 0.8 µm - 1.8 µm bei einer Betriebstemperatur von -196°C eine hohe Empfindlichkeit bei geringem Eigenrauschen aufweist. Dadurch ist es möglich, die mittlere Temperatur einer Nacht im Bereich der Mesosphäre mit einer Genauigkeit von ± 2.5°C zu ermitteln. Diese Messungen lassen sich in klaren

Nächten sowie bei geringer bis mittlerer Bewölkung durchführen. Durch diese Messungen sind Rückschlüsse auf die Dynamik und die Chemie der genannten Atmosphärenschicht möglich. Aus der Variabilität der OH^{*}-Temperatur können z.B. wellenartige Veränderungen der Atmosphäre, wie sie bei planetaren Wellen auftreten, abgeleitet werden. Weiter ist es möglich, Rückschlüsse auf die Breitenabhängigkeit der Temperatur in der betrachteten Schicht zu ziehen. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf einen Langzeittrend, wie er z.B. bereits in der Stratosphäre im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt beobachtet wurde.

Das o.a. OH^{*}-Spektrometer wurde im Zeitraum vom 12.11. - 13.11.1991 auf der "Polarstern" im Beobachtungsraum des A-Decks installiert (Abb. 13). Das Gesichtsfeld des Spektrometers wurde auf einen Zenitwinkel von $12^\circ \pm 1^\circ$ ausgerichtet. Die Beobachtung der OH^{*}-Emissionen erfolgte durch ein schräg über dem Spektrometer eingebautes Schiffsfenster. Die Transmission dieses Fenstertyps wurde zuvor in Wuppertal vermessen. Sie beträgt im Wellenlängenbereich von 1.52 - 1.55 μm 89%. Zur Abschirmung von Umgebungslicht (Raumbeleuchtung) wurde der gesamte Spektrometereaufbau und der Bereich zwischen Schiffsfenster und Spektrometer mit einer schwarzen, lichtundurchlässigen Folie versehen.

Mit den OH^{*}-Messungen wurde bereits in der Nacht vom 13./14. 11.1991 begonnen. Obwohl an 20 von 26 Tagen des Fahrtabschnitts ANT X/1a dichte Wolken-schichten die Fahrtroute der "Polarstern" kreuzten und damit ungünstige Meßbedingungen vorlagen, konnten die OH^{*}-Messungen kontinuierlich für jeweils 3 - 8 Stunden an 24 Tagen durchgeführt werden. Diese Messungen lassen eine erste vorläufige Bestimmung des Breitengangs der OH^{*}-Temperaturen und damit der Atmosphärentemperatur im Höhenbereich von 86 km zu. Diese erste Analyse der Temperaturdaten zeigt eine grundsätzliche Übereinstimmung der durch das CIRA89-Atmosphärenmodell beschriebenen breitenabhängigen Temperaturänderung (Abb. 14). Die Abweichungen zwischen Modelltemperatur und gemessener Temperatur deuten auf den o.a. Langzeittrend der Temperatur der oberen Mesosphäre hin. Die Variationen der OH^{*}-Temperatur können auf den Einfluß planetarer Wellen zurückgehen. Eine genauere Untersuchung über den Einfluß des Temperaturtrends und der planetaren Wellen auf die gemessenen OH^{*}-Temperaturen kann erst nach Vergleichen mit den stationär betriebenen OH^{*}-Meßsystemen in Wuppertal (51°N/7°E) und Buenos Aires (35°S/59°W) erfolgen und ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht verfügbar.

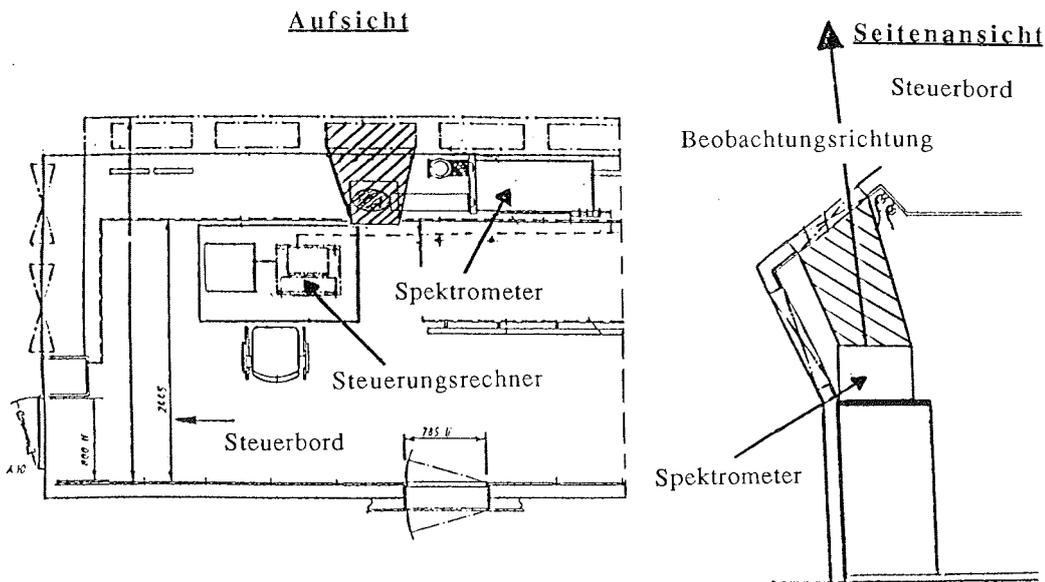


Abb. 13: Skizze des Spektrometereaufbaus im Beobachtungsraum (A-Deck)
Fig. 13: Sketch of the location and view angle of the instrument on the A deck

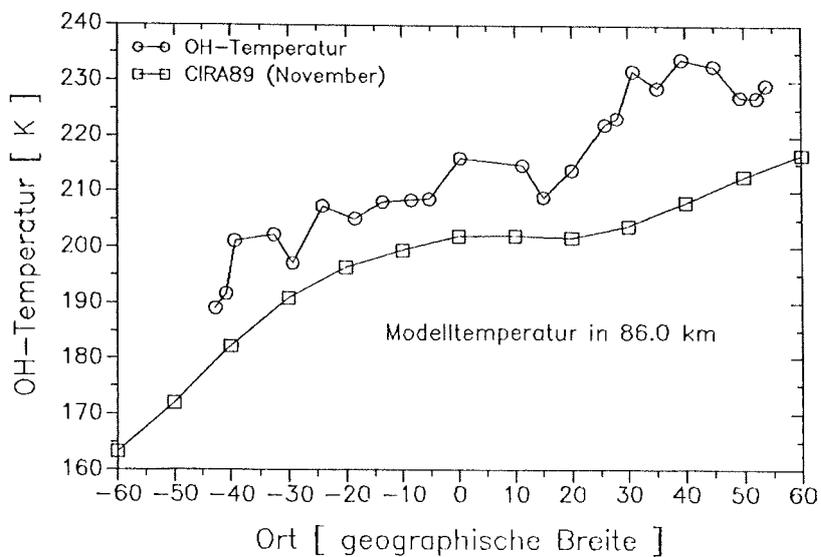


Abb. 14: Vergleich der OH*-Temperaturen mit der durch die CIRA89-Modell-Atmosphäre beschriebenen Breitengradabhängigen Temperaturänderung
Fig. 14: Comparison of the measured OH*-temperatures with the latitudinal temperature development described by the CIRA89 model

1.6.2 Die Resonanz-Lidarinstrumente (M. Alpers, J. Höffner, S. Schmitz, M. Servazi, U. von Zahn)

Instrumente

Es handelt sich um zwei Lidarinstrumente, deren einer Laser auf eine Fe Resonanzlinie bei 372 nm, der andere auf die Na D₂ Resonanzlinie bei 589 nm abstimmbare ist. Zum Empfang der in der Atmosphäre gestreuten Laser-Photonen benutzen beide Lidarinstrumente gemeinsam ein Spiegelteleskop von 80 cm Durchmesser, dessen Blickfeld senkrecht nach oben in den Zenith gerichtet ist.

Der 372 nm-Laser ist ein Farbstofflaser, der seinerseits von einem Excimer-Laser gepumpt wird. Der 589 nm-Laser besteht aus einem Alexandrit-Laser, der bei 791 nm schwingt und von Blitzlampen gepumpt wird. Sein rotes Licht wird zunächst mittels einer Wasserstoff-Ramanzelle zu Licht von 1,12 µm konvertiert und dann durch Frequenzverdoppelung auf die gewünschte Wellenlänge von 589 nm gebracht. Sein Oszillator wird durch eine im Dauerstrich betriebene Festkörper-Laserdiode gesteuert ("seeded").

Beide Laser müssen für eine erfolgreiche Beobachtung der atmosphärischen Metallschichten eine ungewöhnliche Kombination von Anforderungen bezüglich hoher Pulsenergie bei kleinster spektraler Breite und hoher Wellenlängenstabilität erfüllen.

Jedes der beiden Laser-Systeme ist in einem Standard-Container montiert. Dabei ist der Alexandrit-Laser genügend klein, um in seinem Container auch noch das den beiden Experimenten gemeinsame Empfangsteleskop aufnehmen zu können. Beide Container stehen während der Fahrt ANT X/1 auf dem Helikopterdeck der "Polarstern".

Ergebnisse des Eisen-Lidars

Die atmosphärischen Messungen konnten, nach (a) Aufbau und Kalibrierung des gesamten Lidar-Geräts an Bord der "Polarstern", (b) Reparatur einiger Transportschäden und (c) Warten auf klaren Himmel in der Nacht vom 18./19. November bei etwa 37° N geographischer Breite aufgenommen werden. Vom 18.11 bis 8.12. konnte das Fe-Lidar während 14 Nächten messen, 3 Nächte fielen wegen starker Bewölkung für Lidar Beobachtungen aus und nur eine wegen instrumenteller Schwierigkeiten. In Anbetracht der Kompliziertheit des Instruments und der schwierigen Umweltbedingungen ist dies eine recht gute Ausbeute an Beobachtungen.

Wir konnten die Form, mittlere Dichte und Höhe der normalen Eisenschicht in großem Detail von 37° N bis 40° S vermessen. Dabei sollte angemerkt werden, daß es bisher überhaupt noch keine Messungen dieser Art südlich von 40° N gegeben hat. Alle genannten Eigenschaften zeigen natürlich eine gewisse geophysikalische Variabilität. Zum gegenwärtigen, noch frühen Zeitpunkt der Datenanalyse können wir vorläufig nur feststellen, daß über diese Variabilität hinausgehende, grundsätzliche Unterschiede des Schichtverlaufs in äquatorialen Breiten gegenüber dem von uns vorher in polaren Breiten gemessenen nicht beobachtet wurden.

Bei den sog. sporadischen Fe-Schichten (im folgenden mit Fe(s) abgekürzt) handelt es sich um vorübergehend auftretende, schmale Schichten von Eisenatomen

oberhalb 90 km Höhe. Abb. 15 zeigt ein Beispiel einer an Bord der "Polarstern" von unserem Fe-Lidar beobachteten Fe(s). Dabei ist auf der Abszisse die Dichte der Eisenatome in cm^{-3} aufgetragen, - auf der Ordinate die Höhe. Die Fe(s)-Schichten haben häufig Halbwertsbreiten unter 2 km und erreichen im Schichtmaximum Dichten bis zu 50000 Atomen/ccm. Ihr Erzeugungsprozeß ist heute noch weitgehend unbekannt. Jedoch beobachtet man eine deutliche Korrelation des Entstehens dieser Fe(s) mit dem von sporadischen E-Schichten (=E(s)) in der unteren Ionosphäre. Zum Beobachten der E(s) an Bord der "Polarstern" dient die Digisonde der PSU (s. Abschnitt 1.6.5). Unsere Fe-Lidar-Beobachtungen zeigten stets das Auftreten von Fe(s) an, wenn eine E(s) entstand. Andersherum allerdings gilt die Korrelation nicht: es wurden mehrfach Fe(s) beobachtet, ohne daß gleichzeitig eine E(s) auftrat.

Die Metall-Lidars registrieren jedoch nicht nur Photonen, die an Metallatomen gestreut wurden, sondern auch solche von Luftmolekülen und Aerosolen. In allen Meßnächten gestattete es der Fe-Lidar, qualitativ hochwertige Höhenprofile der stratosphärischen Aerosole zu registrieren. Derzeit rührt der größte Teil dieser Aerosole wohl von den Eruptionen des Vulkans Pinatubo auf den Philippinen her. Unsere vorläufigen Ergebnisse werden mit gleichartigen Messungen des Na-Lidars im folgenden Kapitel dargestellt.

Ergebnisse Na-Lidar

Der Na-Lidar konnte seine Beobachtungen ebenfalls in der Nacht des 18./19. November beginnen. Besonders auffällig waren sofort die Signaturen der stratosphärischen Aerosol-Wolke. Dies treten wegen der unterschiedlichen Wellenlängenabhängigkeit der Rückstreuquerschnitte von Luftmolekülen und von Aerosolen bei Beobachtung mit 589 nm deutlich stärker in Erscheinung als bei 372 nm. Abb. 16 zeigt die mit den beiden Lidars gemessenen Rückstreuquerschnitte (jeweils den größten in der Stratosphäre auftretenden Wert) gegen die geographische Breite aufgetragen. Aus unseren Beobachtungen ziehen wir folgende vorläufige Schlußfolgerungen:

- a) Die Struktur und Dichte der Aerosol-Wolke ändern sich signifikant nahe 28° N und $(18 \pm 4)^\circ$ S geographischer Breite.
- b) Die Aerosol-Wolke liegt in den Tropen etwa 5 km höher als in mittleren Breiten.
- c) In mittleren Breiten weist die Wolke eine mehrschichtige Struktur auf, in den Tropen besteht sie hingegen aus einer dicken Monoschicht.
- d) In der südlichen Hemisphäre reicht die Wolke höher als in der nördlichen. Sie erstreckt sich in südlichen Breiten weit über 30 km Höhe hinaus, teilweise über 35 km.
- e) Die in der unteren Stratosphäre gemessenen Rückstreuverhältnisse K (= gemessene Rückstreuung dividiert durch berechnete Rayleigh-Rückstreuung) erreichten für Messungen mit 589 nm Werte bis 20.
- f) Das Verhältnis $K(589)/K(372)$ der Rückstreuverhältnisse K, gemessen bei 589 nm und 372 nm, ist für die stratosphärischen Aerosolteilchen gegenwärtig $3,2 \pm 1$.
- g) Wir schließen aus dem Befund (f) und anderen Hinweisen, daß der Durchmesser der Aerosolteilchen bei etwa $150 \text{ nm} \pm \text{Faktor } 2$ liegt.

Beobachtungen der Na-Schicht von der "Polarstern" aus liegen bisher nur wenige vor. Es trat leider ein Problem mit dem für diese Messungen benötigten Diodenlaser auf, welches mit Bordmitteln nicht befriedigend gelöst werden konnte.

Erfahrungen mit dem Schiffsbetrieb

Bei Betrieb von High-Tech-Lasern an Bord von Schiffen treten, sicher nicht unerwartet, zusätzliche Probleme auf. Nach unseren bisherigen Erfahrungen sind unter diesen die erheblichen Vibrationen und Schwingungen des gesamten Helidecks der "Polarstern" die schwierigsten. Sie wurden durch Aufstellen der Container auf Schwingungsdämpfern und durch gezielte Veränderung(en) der Drehzahl der Hauptmaschinen der "Polarstern" soweit reduziert, daß überhaupt ein Meßbetrieb möglich wurde. Weitere Schwierigkeiten entstanden durch unsaubere Netzspannungen, Schornsteinrauch in den Laserstrahlen, Streulicht von Lampen in der Nähe des Helidecks, Rollen und Stampfen des Schiffes, Mangel einer vertikalen Referenzlinie, korrosive Seeluft, und gelegentliche Seekrankheit einiger Team-Mitglieder. Mit Hilfe einer sehr kooperativen Schiffsführung konnten einige dieser Kalamitäten auf ein Minimum reduziert werden.

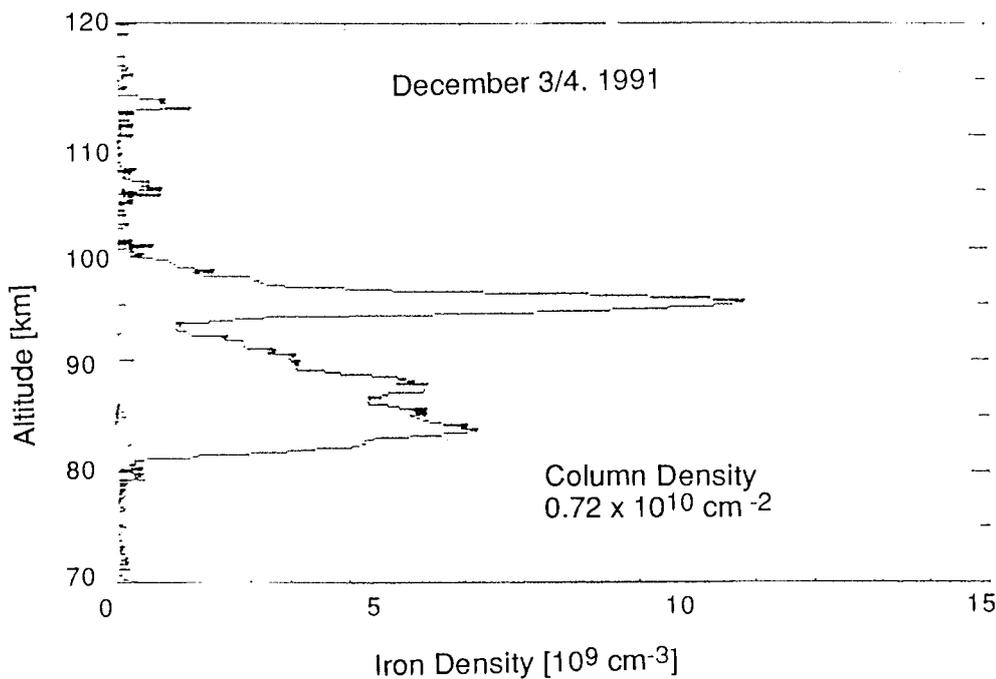


Abb. 15: Normale Fe-Schicht (von 80 bis ca. 95 km Höhe) und sporadische Fe-Schicht (von 94 bis 100 km), gemessen bei 29° S geographische Breite durch das Eisenlidar der Universität Bonn.

Fig. 15: Normal FE layer (altitude: 80 to ca. 95 km) and sporadic FE layer (94 to 100 km) measured at 29° S with the FE-Lidar

PINATOBU AEROSOLE FROM UB LIDARS

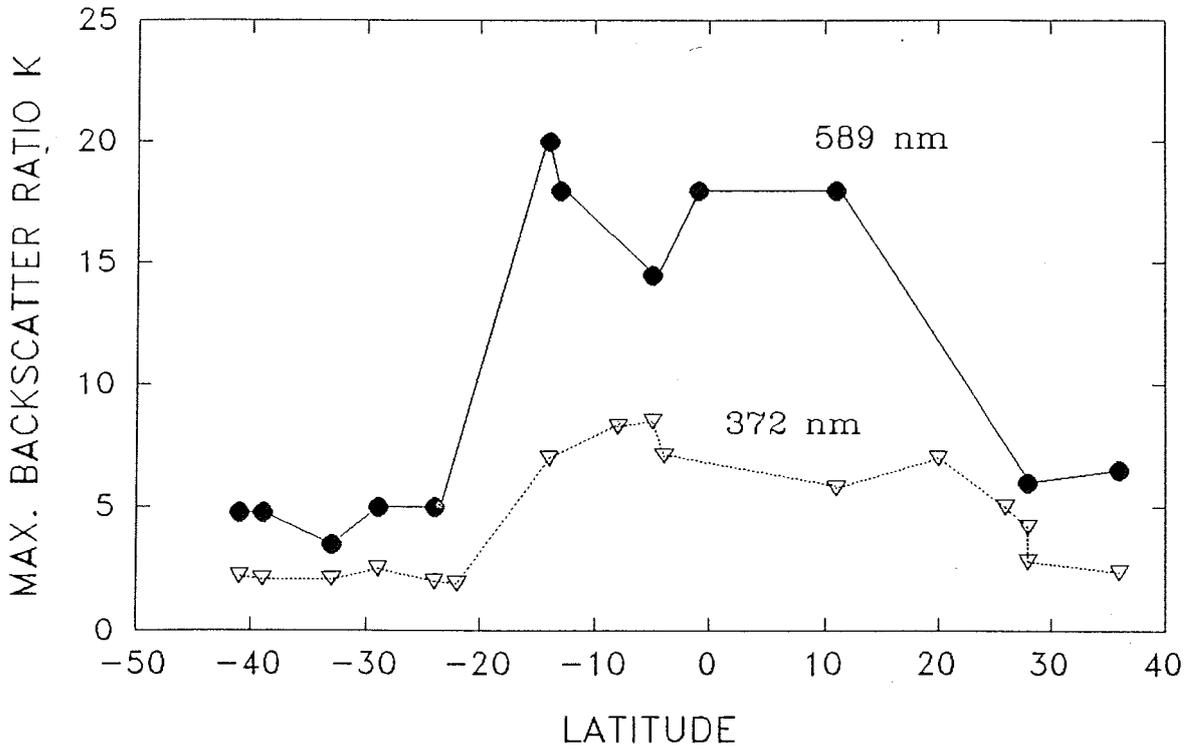


Abb. 16: Die bei verschiedenen Breiten beobachteten maximalen Rückstreuverhältnisse K, einmal mit dem Fe-Lidar bei 372 nm (offene Dreiecke), zum anderen mit dem Na-Lidar bei 589 nm (schwarze Kreise) gemessen.

Fig. 16: Max. backscattering ratios K at various latitudes observed; (a) with the Fe-Lidar at 372 nm (open triangles), (b) with the Na-Lidar at 589 nm (black circles)

Erfahrungen mit tropischen Umwelt-Bedingungen

Obgleich unser Aufenthalt in den Tropen nur einige Nächte betrug, zeitigte auch er zwei spezifische Probleme: hohe Luftfeuchte und ein Vollmond, der aus dem Zenith genau in das Empfangsteleskop schaute. Letzteres tat er in den Nächten um den 19. November herum. Extrem hohe Luftfeuchte führte in 2 Nächten zum Abbruch der Messungen, da sich Kondenswasser so schnell auf den Laserfenstern und dem Empfangsspiegel bildete, daß wir nicht "dagegen anputzen" konnten. Die hohe Luftfeuchte führte ferner zum lästigen Abtropfen von Kondenswasser von den Wänden und Öffnungen der Klimaanlage.

1.6.3 Das Ozon-Photometer der University of Saskatchewan

Dieses Photometer mißt die Intensität der 1,27 µm-Linie des O₂(¹D)-Moleküls im Dämmerungsleuchten. Dieses metastabile Molekül entsteht als Folgeprodukt der Photodissoziation des Ozons durch solares UV-Licht. Das Gerät mißt die Linienintensität speziell kurz vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang, wenn nämlich in der Mesosphäre die Sonne auf oder unter geht. Aus der zeitlichen Änderung der Linienintensität in diesen beiden Zeiträumen läßt sich das Höhenprofil des Ozons in der Mesosphäre berechnen.

Das Gerät läuft weitgehend automatisch und speichert die gewonnenen Meßwerte auf Disketten. Die Datenverarbeitung und -analyse ist Aufgabe der University of Saskatchewan. Zum Zeitpunkt der Abfassung des Berichts ist nur bekannt, daß das Instrument regelmäßig Daten registriert hat.

1.6.4 LAMP - Lidar Atmospheric Measurement Program (P.A.T. Haris, T.D. Stevens)

The LAMP (Lidar Atmospheric Measurements Program) Instrument is an advanced laser remote measurement sensor which has been built during the past year. The instrument measures the molecular and Raman scatter signals at several wavelengths to determine the profile distribution of density, temperature, particle scatters, and water vapor.

Instrumentation

The instrument uses a high power Nd:YAG laser with an output of 1.5 J/pulse at 20 Hz. The laser output power is 30 watts average with peak pulse power of 200 Megawatts. The fundamental frequency output is 1064 nm in the near infrared spectral region. The laser uses non-linear doubling and tripling crystals to shift significant portions of the power to outputs at 532 nm (green) and 355 nm (ultraviolet). The backscattered energy from the atmosphere of each pulse is received by a 16 inch diameter Cassegrain telescope. The time between laser fire and received photons is measured and recorded along with the intensity, to provide altitude and relative density.

The instrument consists of several sub-systems:

- a) Transmitter - laser transmitter, energy monitor, beam expanding telescope and beam steering optics for the high power laser beam.
- b) Receiver - receiving steering mirror, 16 inch receiving telescope, beam forming optics, 8 inch receiving telescope, fiber optic link.
- c) Detector - 4800 rpm mechanical chopper, optical filters, optical beam splitters, photomultiplier tubes, and electronic discriminators.
- d) Data system - DSP digital signal channels in a CAMAC crate with 5 digital channels of 100 MHz count capability and 2 channels of 20 MHz by 12 bits A/D units, a 386 computer for real time data display, a 1 GB WORM optical disk for data storage.
- e) Safety system - a Kodak marine radar pointed vertically for system shut-down on detection of aircraft. This system is provided by the University of Bonn.
- f) Supporting hardware - Shipping container/laboratory, test and calibration instruments.

Objectives

- a) Measure the latitudinal variation of the thermal structure of the middle atmosphere with special emphasis on the temperature profile in the mesosphere.
- b) Map the latitudinal distribution of gravity wave activity in the middle atmosphere with special emphasis on growth and levels of wave breaking.
- c) Map the density and altitude profiles of tropospheric and stratospheric non-molecular Rayleigh scatterers, as well as Mie scatterers, aerosols, and cloud particles.
- d) Map the vertical profile of water vapor of the lower troposphere.
- e) Measure the latitudinal variation of the density structure of the middle Atmosphere (45 - 80 km).

We were first able to collect data on the 18th of November. From then on profiles were collected every night except for two occasions when either the seas were too rough or it rained all night. We collected approximately 17000 profiles of the atmosphere on 7 independent detectors, each profile being 1200 laser shots at 20 Hz. Along with meeting the above goals we were also able to profile the aerosols from the recent eruption of the Pinatubo volcano.

The Shipborne Environment

A few problems were encountered due to the ship and sea environment. First there were problems with the ship's main power on the 19th of November. During a "Station" the fluctuations in the ship's power caused considerable damage to our laser power supply. The next day spare parts were installed and data was collected. The high humidity and salt spray also caused problems with our mirrors, both transmitting and receiving. The reflectivity of the receiving mirrors was seriously degraded and laser steering mirrors had to be replaced regularly due to holes being burned into the coatings. The above problems resulted in some reduction of the overall sensitivity of the instrument.

1.6.5 The Digisonde 256 Ionospheric Diagnostic System (T.W. Collins)

The Instrument

The Digisonde 256 was acquired from the University of Massachusetts, Lowell by the Pennsylvania State University to be used aboard the "Polarstern" as a diagnostic tool in conjunction with the LADIMAS Project. The system was installed about one week before the ship left Bremerhaven on its way to the Antarctic in order to test the unit as well as instruct the Penn State team on the various features. The Digisonde, in its normal configuration, is capable of performing vertical as well as oblique sounding of the ionosphere. A block diagram of the final system is shown in Figure 17.

In order to reduce the interference with the ship's radios, the Digisonde 256 had to be extensively modified during the week before sailing. When the level of interference was finally acceptable by the ship's radiomen, the transmitter power had been reduced from an input power of 10 KW to a power of approximately 50 W. Even with this heavily reduced power, during the first day at sea, the system was able to receive echoes from the F region in the vertical mode. The detection of these signals increased the probability that the system would still be able to detect sporadic E should it occur.

Results

The system recorded sporadic E, even with the reduced power, on twelve different occasions. Table 7 shows the days that sporadic E was detected and indicates whether the Fe-Lidar observed a sporadic iron layer at the same time. In any case that the Digisonde detected sporadic E and the Fe-Lidar was operating the lidar observed also a sporadic iron layer.

It can be concluded that the system is providing ionospheric diagnostic results that are equal to any expectations that the LADIMAS team may have had; and, there is no reason to think that the system will not continue to perform as the expedition continues on to its final destination.

Considerations When Using an Ionosonde Aboard Ship

The primary area that must be addressed when using an ionosonde aboard a ship is Radio Frequency Interference (RFI). Ships have many radio bands that they must use for a variety of reasons. The most important one is the twenty four hour monitoring of international distress bands. On top of this are the frequencies required for such things as telephone calls, FAX messages, news, communication with the company that owns the ship, and many more in order to keep the moral of the ship high.

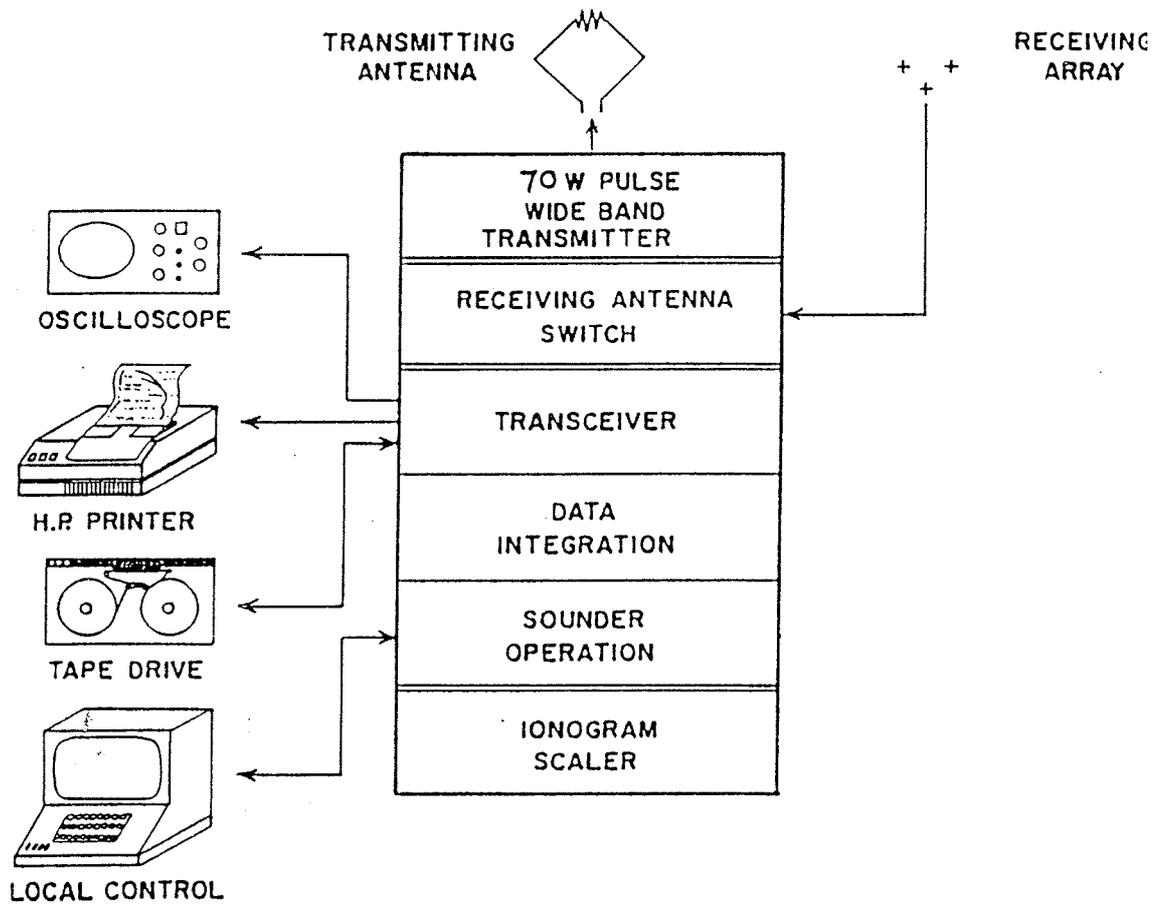


Fig. 17: Digisonde 256 Block Diagram

Tab. 7: Comparison of Digisonde Sporadic E and Simultaneous Fe Lidar Detection of a Sporadic Iron Layer

Date (1991)	Digisonde Event	Time (UT)		Fe-Lidar operate/detect
		Start	Stop	
19 Nov	E(s)	23.15	23.55	no / -
20 Nov	E(s)	01.10	02.35	no / -
25 Nov	E(s)	00.10	00.25	no / -
01. Dec	Absorption (no F layer)	05.50	05.55	yes / Fe(s)
02 Dec	E(s)	02.50	03.30	no / -
02 Dec	E(s)	06.45	06.55	no / -
02 Dec	E(s)	22.35	Only one ionogram	yes / Fe(s)
3/4 Dec	E(s)	23.10	00.45	yes / Fe(s)
04 Dec	E(s)	23.00	23.20	yes / Fe(s)
05 Dec	Absorption (no F layer)	00.30	See Data multiple events	yes / Fe(s)
06 Dec	E(s)	00.10	05.20	no / -
07 Dec	E(s)	00.15	04.15	yes / Fe(s)
8/9 Dec	E(s)	22.00	01.15	yes / Fe(s)

Note: E(s) = Sporadic E layer
Fe(s) = Sporadic Fe layer

An ionosonde is inherently a broadband system and as such is prone to interfere with the ships communications operations. Any design that is to be implemented must take into account the following design considerations. The size of the transmitter, receiver and processor must be compatible with the area that is allocated for ionosonde operations. In this vain, the transmitted power should be kept to a minimum. Since the system is a broadband, the antennas cannot be designed to give optimum gain over the entire band. The space limitations will not allow that the proper spacing above ground and radiating element lengths to be achieved for a system that is to transmit frequencies between 900 Khz and 30 Mhz in as little as 50 Khz steps. Power loss must be accepted in order to allow the system to operate over the broad frequency range without variations in Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) that would damage the output stage of the transmitter. A side effect of overloading the transmitters is harmonic generation. Harmonics must be kept to a minimum if small frequency steps are to be used to insure that the necessary frequencies will be covered to allow for analysis of the ionospheric characteristics. Another feature that is necessary is the ability to block off frequencies that would directly or indirectly (through harmonics) interfere with the ships radios. Another important consideration that has been available and used on the expedition is the ability to set the times that the unit will transmit. These times should be adjustable to at least each minute of every hour. One final requirement is that the system must

have is the ability to determine the angle of incidence of the received signals. Sea scatter and the fact that the receive antennas cannot be placed very far apart dictate that the system be capable of detecting small differences in phase between received signals on each antenna.

The Digisonde 256 addressed some of these problems; however, it does not cover them all. The unit uses a resistor in the transmitter loop antenna to assist in providing the loops nominal impedance (600 ohms). This results in a power loss of 90%, resulting in a 10 db loss between the transmitter's output capability and the maximum power that would be radiated under the best of conditions. Another point that the Digisonde covers is the use of a high power transmitter; thereby, allowing for reduced power output and a better chance of minimized distortion (i.e. harmonic generation). The unit does not however, use octave or sub octave filters in the output path to help further reduce radiated harmonics. Using a class A or AB output stage, as they are, at high power levels dictate the use of this filters on board ship because of the close proximity of the transmit antenna and the ships receive antennas. The unit is also not capable of detecting phase angles small enough to reduce the unwanted signal recognition from sea scatter. On land the spacing of these antennas and the processor algorithm that they use would be adequate; however, the space allocated for the receive antennas on this ship is much too small to reject unwanted echoes.

To cover all of the design considerations that are required for the optimum ionosonde system to be used on board ship would require months of effort into details normally considered in a "system" design. The considerations mentioned above the ones that are obvious after having worked with this system for only one month.

1.6.6 The Penn State Microwave Water Vapor Radiometer (J.P. Martone)

The Penn State Microwave Water Vapor Radiometer located on the helicopter deck inside the Penn State container began taking measurements on Nov. 17, 1991. This system is used to make continuous measurements of stratospheric and mesospheric water vapor using the 22.235 GHz rotational line of water vapor in emission, see Fig. 18. The field of view for this instrument is between 15 and 30 degrees elevation angle and is directed aft. The system has been operating continuously except for a few days due to rain and an obstruction of the field of view due to maintenance on the aft A-frame crane. The software for processing the data is not yet available for use on a PC, therefore, the data collected is being sent to Penn State for further processing and analysis on the mainframe computer.

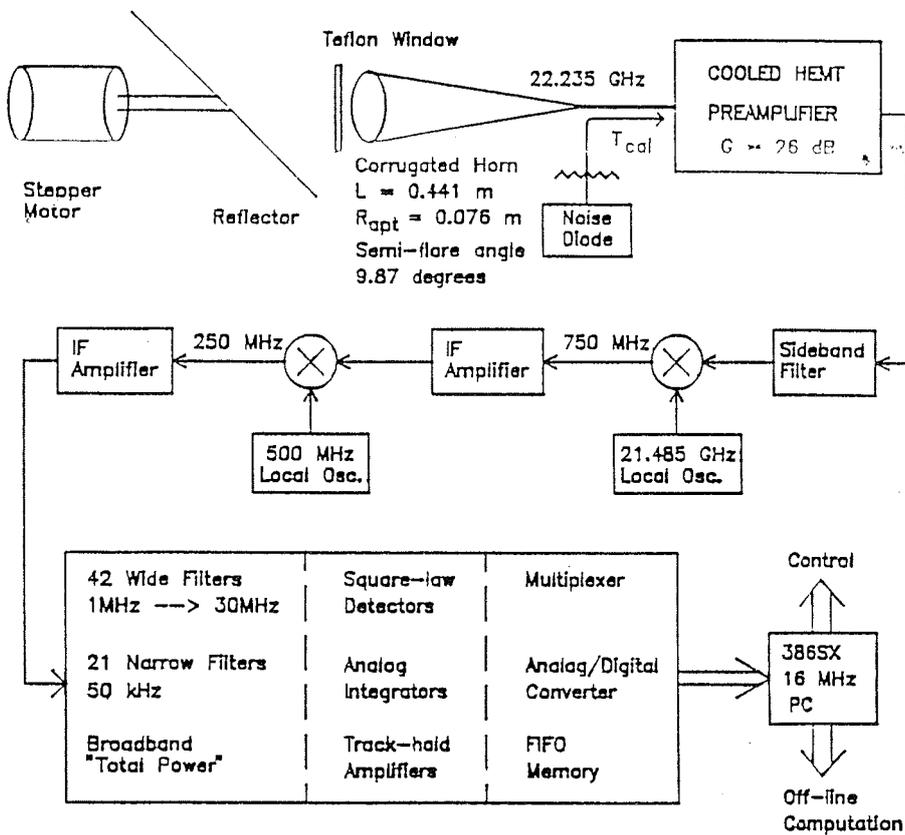


Abb. 18: Schema-Zeichnung des Penn State Microwave Water Vapor Radiometers

Fig. 18: Block Diagram of the Penn State Microwave Water Vapor Radiometer

Stationsliste ANT X/1a

Stat. Nr.	Datum	Zeit (GMT)		Position (m)	Tiefe	Gerät		
		Start	Ende					
20/001	16.11.91	14.41		46°54.4'N 07°24.7'W	4429	XBT z.W.		
20/002		19.30		45°51.5'N 08°06.8'W	4796	XBT z.W.		
20/003		23.24		45°00.0'N 08°39.3'W	4859	XBT z.W.		
20/004	17.11.91	04.00		43°57.4'N 09°20.3'W	3318	XBT z.W.		
20/005		08.17		42°59.2'N 09°55.1'W	2450	XBT z.W.		
20/006		13.03		41°53.8'N 10°25.0'W	2845	XBT z.W.		
20/007		17.21		40°55.0'N 10°51.7'W	4187	XBT z.W.		
20/008		21.28		39°58.0'N 11°18.0'W	5029	XBT z.W.		
20/009		18.11.91	01.34		39°01.2'N 11°41.7'W	4129	XBT z.W.	
20/010	06.25			37°56.4'N 12°10.5'W	5016	XBT z.W.		
20/011	10.20			37°00.0'N 12°34.0'W	5053	XBT z.W.		
20/012	15.04			36°01.1'N 13°00.1'W	4807	CTD z.W.		
	15.34			36°00.0'N 13°00.2'W	4806	CTD a.T.		
	16.19			35°59.7'N 13°00.2'W	4806	CTD a.D.		
	16.39		22.23	35°59.4'N 13°00.7'W	4807	MIC,3 GWS z.W./a.D.		
	17.10		17.17	35°59.3'N 13°00.1'W	4872	HN z. W./a.D. 2x		
	18.51		18.56	35°59.2'N 13°00.6'W	4873	HN z.W./a.D.		
20/013	19.11.91		23.46		35°59.0'N 13°02.0'W	4808	XBT z.W.	
20/014		04.40		34°50.4'N 13°30.8'W	3586	XBT z.W.		
20/015		08.20		34°00.0'N 13°52.0'W	4399	XBT z.W.		
20/016		08.30	11.30	33°57.7'N 13°52.9'W	4398	Regulierung techn.Anlag.		
20/017		14.39		32°58.8'N 14°12.6'W	4291	XBT z.W.		
20/018		19.26		31°54.6'N 14°43.2'W	4359	XBT z.W.		
20/019	23.43		31°00.0'N 15°06.0'W	3914	XBT z.W.			
20/020	20.11.91	04.34		30°00.0'N 15°29.5'W	3342	XBT z.W.		
20/021		09.30		29°02.0'N 15°53.0'W	3617	XBT z.W.		
20/022	21.11.91	10.41		27°59.0'N 21°40.0'W	4792	XBT z.W.		
20/023	22.11.91	03.15	06.12	28°01.1'N 26°00.1'W	5131	CTD z.W./a.D.		
		06.20	14.04	28°01.5'N 25°59.4'W	5217	MIC, 3 GWS z.W./a.D.		
		09.13	09.29	28°00.6'N 25°59.9'W	5209	HN z.W./a.D.		
		10.23	10.37	28°00.9'N 25°59.7'W	5214	HN z.W./a.D.		
		14.11	14.40	28°01.2'N 25°59.4'W	5215	CTD z.W./a.D.		
		14.43	14.57	28°01.4'N 25°59.3'W	5215	BO z.W./a.D.		
		15.07	15.36	28°01.3'N 25°59.3'W	5212	BO z.W./a.D.		
		20/024		20.06		27°00.0'N 26°16.0'W	5145	XBT z.W.
		20/025	23.11.91	00.49		25°54.2'N 26°33.7'W	4012	XBT z.W.
		20/026		05.28		24°47.8'N 26°48.0'W	5409	XBT z.W.
20/027	09.38			23°50.0'N 27°05.0'W	5443	XBT z.W.		

Stat. Nr.	Datum	Zeit (GMT)		Position (m)	Tiefe	Gerät
		Start	Ende			
20/028		13.24		22°57.3'N 27°16.8'W	3984	XBT z.W.
20/029		18.14		21°50.0'N 27°35.2'W	5321	XBT z.W.
20/030		21.30		21°05.0'N 27°47.0'W	5165	XBT z.W.
20/031	24.11.91	02.20		19°58.0'N 28°02.6'W	4890	XBT z.W.
20/032		07.30		18°44.8'N 28°20.5'W	4526	XBT z.W.
20/033		11.00		17°57.0'N 28°33.0'W	4456	XBT z.W.
20/034		15.30		16°54.8'N 28°51.0'W	4896	XBT z.W.
20/035		19.10		16°01.0'N 29°01.7'W	4631	XBT z.W.
20/036		24.00		14°15.0'N 29°19.0'W	5296	XBT z.W.
20/037	25.11.91	04.50		13°41.9'N 29°36.3'W	5579	XBT z.W.
20/038		07.50		12°58.9'N 29°46.3'W	5755	XBT z.W.
20/039		11.40		12°05.0'N 29°58.0'W	5691	XBT z.W.
20/040		12.31	13.00	12°00.0'N 30°00.0'W	5800	BO a.D.
		13.12	13.45	12°00.0'N 30°00.0'W	5800	CTD z.W./a.D.
		14.32	15.05	12°00.0'N 30°00.0'W	5802	CTD z.W./a.D.
20/040	25.11.91	15.17	21.47	12°03.2'N 30°01.5'W	5805	MIC, 3 GWS z.W./a.D.
		17.14	17.26	12°02.4'N 30°01.3'W	5797	HN z.W./a.D.
20/041	26.11.91	02.50		10°55.8'N 29°53.5'W	5769	XBT z.W.
20/042		06.30		10°04.5'N 29°49.8'W	5272	XBT z.W.
20/043		11.00		09°03.0'N 29°44.0'W	5339	XBT z.W.
20/044		15.20		08°04.2'N 29°38.8'W	4060	XBT z.W.
20/045		19.30		07°05.4'N 29°33.6'W	4380	XBT z.W.
20/046	27.11.91	00.40		05°57.0'N 29°26.0'W	3772	XBT z.W.
20/047		05.30		04°52.7'N 29°20.6'W	3608	XBT z.W.
20/048		09.10		04°03.1'N 29°16.8'W	3338	XBT z.W.
20/049		13.20		03°04.0'N 29°11.0'W	3936	XBT z.W.
20/050		17.50		02°00.6'N 29°05.5'W	3150	XBT z.W.
20/051		22.30		00°50.0'N 29°00.0'W	3493	XBT z.W.
20/052	28.11.91	02.20		00°00.7'S 28°57.7'W	3413	XBT z.W.
20/053		06.20		00°57.2'S 28°49.9'W	3802	XBT z.W.
20/054		10.40		01°57.0'S 28°45.0'W	4998	XBT z.W.
20/055		15.40		02°59.6'S 28°39.1'W	4986	XBT z.W.
20/056		20.00		04°01.4'S 28°33.2'W	5170	XBT z.W.
20/057	29.11.91	00.40		05°08.0'S 28°27.0'W	5422	XBT z.W.
20/058		05.00		06°01.6'S 28°39.6'W	5561	XBT z.W.
20/059		09.20		07°00.4'S 28°24.2'W	5573	XBT z.W.
20/060		13.28	14.01	07°56.4'S 28°11.9'W	5523	CTD z.W./a.D.
		14.16	20.32	07°57.7'S 28°12.3'W	5527	MIC, 3 GWS, z.W./a.D.
		16.09	16.25	07°56.4'S 28°12.1'W	5395	HN z.W./a.D.
		20.40	23.22	07°58.3'S 28°12.4'W	5487	CTD z.W./a.D.
		23.30		07°58.4'S 28°12.7'W	5521	BO z.W.

Stat. Nr.	Datum	Zeit (GMT)		Position (m)	Tiefe	Gerät
		Start	Ende			
	30.11.91	00.07		07°58.5'S 28°12.6'W	5584	BO a.D.
20/061		00.20		08°00.9'S 28°13.0'W	5522	XBT z.W.
20/062		05.10		09°02.8'S 28°23.1'W	5493	XBT z.W.
20/063		09.10		09°57.7'S 29°09.5'W	5015	XBT z.W.
20/064		14.00		11°00.3'S 29°39.5'W	5381	XBT z.W.
20/065		18.20		11°58.9'S 30°07.5'W	5417	XBT z.W.
20/066		23.00		13°02.0'S 30°37.0'W	5109	XBT z.W.
20/067	01.12.91	03.20		13°58.7'S 31°05.5'W	4428	XBT z.W.
20/068		08.10		15°03.7'S 31°25.7'W	4677	XBT z.W.
20/069		12.30		15°59.0'S 32°03.0'W	4663	XBT z.W.
20/070		17.00		17°00.4'S 32°31.2'W	4571	XBT z.W.
20/071		21.30		17°59.9'S 33°01.9'W	4392	XBT z.W.
20/072	02.12.91	02.30		19°05.3'S 33°34.0'W	4214	XBT z.W.
20/071a		06.10		19°54.4'S 34°54.5'W	4167	XBT z.W.
20/072a		11.00		20°57.0'S 34°25.0'W	3364	XBT z.W.
20/073		16.10		22°00.4'S 34°58.4'W	4561	XBT z.W.
20/074		21.20		23°04.0'S 35°30.7'W	4167	XBT z.W.
20/075	03.12.91	02.00		24°03.3'S 36°03.0'W	4108	XBT z.W.
20/076		06.10		24°56.6'S 36° 28.9'W	4156	XBT z.W.
20/077		11.10		26°01.0'S 37°03.0'W	4272	XBT z.W.
20/078		15.30		26°57.9'S 37°33.8'W	4576	XBT z.W.
20/079		20.10		28°00.1'S 38°06.3'W	4331	XBT z.W.
20/080	04.12.91	01.00		29°02.2'S 38°42.2'W	4678	XBT z.W.
20/081		05.30		30°02.8'S 39°12.8'W	4316	XBT z.W.
20/082		06.24	08.37	30°12.6'S 39°17.8'W	4590	CTD
		08.49	12.26	30°12.6'S 39°17.8'W	4589	z.W./a.D. MIC, 3 GWS
		10.27	10.40	30°13.5'S 39°17.3'W	4522	z.W./a.D. HN z.W./a.D.
		12.34	13.02	30°14.4'S 39°16.4'W	4304	CTD
20/082	04.12.91	13.07	13.33	30°14.6'S 39°16.0'W	4330	z.W./a.D. BO
						z.W./a.D.
20/083		23.30		32°03.0'S 41°08.0'W	4116	XBT z.W.
20/084	05.12.91	05.20		33°05.3'S 42°14.0'W	4466	XBT z.W.
20/085		10.00		33°58.9'S 43°06.3'W	4448	XBT z.W.
20/086		15.50		35°01.6'S 44°12.7'W	4820	XBT z.W.
20/087		21.20		36°03.6'S 45°18.3'W	4917	XBT z.W.
20/088	06.12.91	02.30		37°03.0'S 46°22.2'W	5046	XBT z.W.
20/089		07.50		38°02.5'S 47°26.9'W	5131	XBT z.W.
20/090		13.00		38°57.5'S 48°26.8'W	5279	XBT z.W.
20/091		14.05	19.45	39°03.0'S 48°33.1'W	5303	MIC, 3 GWS, z.W./a.D.
		16.58	17.10			HN z.W.
		19.53		39°03.7'S 48°30.5'W	5261	CTD, BO,CTD
	07.12.91		00.13	39°04.3'S 48°30.2'W	5296	z.W./a.D.
20/092		13.30		39°58.0'S 51°57.0'W	4853	XBT z.W.
20/093		18.00		40°13.2'S 53°07.0'W	5197	XBT z.W.
20/094		21.00		40°25.5'S 53°55.0'W	4772	XBT z.W.
20/095	08.12.91	01.00		40°46.0'S 55°04.0'W	3484	XBT z.W.
20/096		06.10		41°05.0'S 56°30.4'W	1257	XBT z.W.

Meßdaten der Bordwetterwarte FS "Polarstern"

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strahlung (W/m ²)	Wolken. basis (Fuß)
14.11.91	09.00	53°59,35'N	7°24,79'O	4.7	2.1	93	19.5	322	993	3	1322
14.11.91	12.00	53°52,41'N	6°39,70'O	5.7	2.8	89	14.9	209	993	35	1289
14.11.91	15.00	53°41,23'N	5°34,57'O	6.6	3.9	92	12.6	197	992	29	1059
14.11.91	18.00	53°22,75'N	4°32,12'O	7.8	1.5	63	9.9	234	994	0	3168
14.11.91	21.00	52°52,30'N	3°49,25'O	8.1	2.4	67	9.0	251	994	0	2607
15.11.91	00.00	52°18,20'N	3°09,68'O	8.3	2.7	69	11.6	248	995	0	2495
15.11.91	03.00	51°42,08'N	2°24,06'O	7.8	3.4	79	13.3	283	996	0	1869
15.11.91	06.00	51°09,77'N	1°40,54'O	7.1	2.7	78	11.9	295	998	0	9999
15.11.91	09.00	50°43,91'N	0°51,22'O	7.1	2.3	75	8.7	300	1001	138	9999
15.11.91	12.00	50°27,75'N	0°12,62'W	7.8	1.9	69	7.8	300	1003	296	9999
15.11.91	15.00	50°18,11'N	1°10,90'W	8.5	1.9	65	7.3	292	1004	119	2840
15.11.91	18.00	50°06,97'N	2°14,33'W	9.1	1.2	58	5.4	291	1005	0	3534
15.11.91	21.00	49°50,68'N	3°20,77'W	8.8	3.0	70	4.7	331	1005	0	9999
16.11.91	00.00	49°32,37'N	4°20,33'W	9.8	2.4	63	99.0	999	1005	0	3066
16.11.91	03.00	49°13,16'N	5°18,86'W	8.1	3.9	80	2.8	286	1006	0	9999
16.11.91	06.00	48°47,17'N	6°09,11'W	8.9	4.1	77	10.7	317	1008	0	2682
16.11.91	09.00	48°08,08'N	6°35,11'W	9.5	4.9	78	13.5	319	1011	51	2480
16.11.91	12.00	47°29,68'N	7°01,01'W	0.4	4.4	71	11.9	312	1014	339	9999
16.11.91	15.00	46°50,93'N	7°26,93'W	0.9	4.1	66	13.2	304	1016	129	9999
16.11.91	18.00	46°11,98'N	7°53,44'W	1.5	4.5	66	12.0	293	1017	0	9999
16.11.91	21.00	45°31,90'N	8°19,28'W	2.2	5.6	67	9.3	267	1019	0	9999
17.11.91	00.00	44°51,97'N	8°44,46'W	1.9	8.4	86	11.3	228	1019	0	1522
17.11.91	03.00	44°11,00'N	9°12,01'W	4.2	13.0	99	11.9	268	1018	0	942
17.11.91	06.00	43°30,34'N	9°37,36'W	4.5	12.8	97	10.3	257	1020	0	9999
17.11.91	09.00	42°49,89'N	9°59,89'W	4.6	13.2	98	8.9	241	1023	45	9999
17.11.91	12.00	42°08,87'N	10°18,52'W	5.8	14.0	98	9.8	239	1024	230	961
17.11.91	15.00	41°27,32'N	10°36,44'W	6.1	14.0	95	9.6	262	1025	117	3252
17.11.91	18.00	40°45,79'N	10°55,93'W	6.4	12.9	85	7.7	275	1025	1	2498
17.11.91	21.00	40°03,46'N	11°14,79'W	6.7	13.0	85	6.9	278	1027	0	2395

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strah. lung (W/m ²)	Wolken. basis (Fuß)
18.11.91	00.00	39°21,90'N	11°32,69'W	6.8	13.2	86	6.6	264	1027	0	2273
18.11.91	03.00	38°42,95'N	11°50,32'W	7.1	11.8	75	7.9	286	1026	0	2433
18.11.91	06.00	38°01,10'N	12°08,44'W	7.2	11.8	75	5.9	289	1026	0	2461
18.11.91	09.00	37°18,81'N	12°26,42'W	7.3	11.8	74	4.8	276	1028	79	2478
18.11.91	12.00	36°37,00'N	12°44,46'W	7.7	12.3	75	6.6	308	1028	310	2420
18.11.91	15.00	36°00,08'N	13°00,03'W	7.8	12.6	77	5.8	324	1026	184	2187
18.11.91	18.00	35°59,27'N	13°00,41'W	7.6	13.5	85	6.5	323	1026	0	2083
18.11.91	21.00	35°59,09'N	13°01,31'W	7.8	14.0	86	7.5	330	1026	0	1928
19.11.91	00.00	35°55,49'N	13°03,56'W	7.8	15.1	94	8.2	337	1026	0	1521
19.11.91	03.00	35°13,97'N	13°21,09'W	7.6	13.6	85	9.1	7	1026	0	9999
19.11.91	06.00	34°32,71'N	13°39,29'W	7.8	13.2	83	9.4	5	1026	0	2150
19.11.91	09.00	33°53,54'N	13°52,58'W	8.3	12.9	77	9.8	8	1026	64	3154
19.11.91	12.00	33°32,65'N	13°55,84'W	9.9	12.6	62	7.6	21	1026	516	3250
19.11.91	15.00	32°55,24'N	14°14,27'W	8.7	12.2	65	9.6	16	1024	158	2993
19.11.91	18.00	32°15,71'N	14°34,64'W	9.0	11.6	64	10.5	20	1024	0	4150
19.11.91	21.00	31°33,26'N	14°51,77'W	9.0	11.3	66	11.8	31	1025	0	9999
20.11.91	00.00	30°55,77'N	15°07,61'W	9.2	11.3	64	8.0	31	1024	0	9999
20.11.91	03.00	30°20,39'N	15°22,21'W	9.3	12.1	68	10.5	35	1023	0	9999
20.11.91	06.00	29°44,42'N	15°36,90'W	9.2	10.6	62	10.4	28	1023	0	9999
20.11.91	09.00	29°08,62'N	15°51,17'W	9.6	11.3	63	9.4	31	1024	67	9999
20.11.91	12.00	28°34,01'N	16°04,67'W	9.9	12.0	64	10.2	35	1023	396	9999
20.11.91	15.00	28°09,31'N	16°23,27'W	9.9	13.2	70	13.1	50	1020	608	9999
20.11.91	18.00	27°58,51'N	17°05,48'W	9.8	13.4	71	99.0	999	1020	43	3550
20.11.91	21.00	27°59,44'N	17°55,89'W	9.4	13.4	75	12.3	46	1022	0	3900
21.11.91	00.00	28°01,90'N	18°48,50'W	0.0	14.5	76	11.1	90	1022	0	9999
21.11.91	03.00	28°00,58'N	19°37,93'W	7.9	14.6	90	12.6	65	1022	0	1700
21.11.91	06.00	27°59,44'N	20°27,18'W	0.0	12.9	68	9.5	59	1022	0	9999
21.11.91	09.00	27°59,40'N	21°13,97'W	0.0	12.8	68	8.8	60	1023	21	9999
21.11.91	12.00	27°59,32'N	22°01,84'W	0.3	13.5	67	9.0	67	1023	605	9999
21.11.91	15.00	27°59,81'N	22°50,59'W	1.0	12.9	63	8.7	67	1021	653	3600
21.11.91	18.00	28°00,19'N	23°39,64'W	1.0	12.2	61	7.7	64	1021	128	9999
21.11.91	21.00	28°00,52'N	24°28,99'W	0.6	12.4	63	6.7	70	1022	0	9999

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strah. lung (W/m²)	Wolken. basis (Fuß)
22.11.91	00.00	28°00,29'N	25°17,66'W	0.5	12.1	62	5.4	83	1023	0	9999
22.11.91	03.00	28°00,88'N	25°59,51'W	1.1	12.6	64	6.6	95	1022	0	9999
22.11.91	06.00	28°00,33'N	26°00,04'W	0.4	13.3	68	7.3	83	1021	0	9999
22.11.91	09.00	28°00,58'N	25°59,96'W	0.5	14.0	72	5.4	77	1022	22	9999
22.11.91	12.00	28°03,21'N	26°03,04'W	0.7	13.1	67	9.4	103	1022	266	9999
22.11.91	15.00	28°01,33'N	25°59,33'W	1.4	15.0	74	99.0	999	1021	437	9999
22.11.91	18.00	27°30,21'N	26°08,27'W	1.3	14.2	71	7.4	90	1020	49	2950
22.11.91	21.00	26°48,16'N	26°19,52'W	1.6	13.4	67	5.9	94	1021	0	9999
23.11.91	00.00	26°06,37'N	26°30,46'W	1.9	14.6	70	6.9	88	1020	0	9999
23.11.91	03.00	25°24,12'N	26°41,23'W	1.5	16.1	81	5.3	95	1019	0	9999
23.11.91	06.00	24°40,52'N	26°50,77'W	2.2	14.8	71	3.4	87	1018	0	3000
23.11.91	09.00	23°58,63'N	27°03,26'W	2.5	13.9	65	4.1	111	1019	36	9999
23.11.91	12.00	23°16,88'N	27°12,35'W	3.2	14.3	64	5.0	88	1019	659	3750
23.11.91	15.00	22°35,90'N	27°22,70'W	3.0	15.9	71	5.2	114	1017	726	3732
23.11.91	18.00	21°55,25'N	27°34,72'W	3.4	14.5	64	5.0	113	1017	217	9999
23.11.91	21.00	21°11,77'N	27°45,37'W	3.0	15.6	71	6.4	85	1018	0	9999
24.11.91	00.00	20°18,64'N	26°22,26'W	3.3	16.2	72	5.0	102	1018	0	3989
24.11.91	03.00	19°49,36'N	28°04,74'W	3.2	16.5	75	5.6	88	1018	0	2769
24.11.91	06.00	19°06,44'N	28°14,33'W	3.1	16.7	76	7.6	74	1016	0	2600
24.11.91	09.00	18°24,67'N	28°26,48'W	3.3	17.0	77	8.6	63	1017	32	2665
24.11.91	12.00	17°43,06'N	28°37,76'W	4.0	17.7	77	8.6	65	1018	371	2818
24.11.91	15.00	17°02,11'N	28°49,23'W	4.2	18.0	78	8.3	58	1016	632	2377
24.11.91	18.00	16°18,02'N	28°57,59'W	4.2	18.4	81	7.9	62	1015	98	2375
24.11.91	21.00	15°34,12'N	29°08,51'W	4.5	19.1	83	7.3	52	1016	0	2288
25.11.91	00.00	14°50,47'N	29°19,03'W	4.7	19.9	86	8.1	39	1017	0	1877
25.11.91	03.00	14°06,76'N	29°29,58'W	4.9	20.4	88	9.9	36	1015	0	2140
25.11.91	06.00	13°25,03'N	29°40,40'W	5.2	20.9	90	8.5	34	1014	0	1880
25.11.91	09.00	12°42,31'N	29°49,75'W	5.5	20.8	86	9.6	33	1015	0	1500
25.11.91	12.00	12°01,16'N	30°00,20'W	6.3	20.3	79	9.7	51	1016	696	9999
25.11.91	15.00	12°00,92'N	30°00,84'W	5.6	20.3	82	9.9	62	1014	654	2100
25.11.91	18.00	12°02,58'N	30°01,19'W	5.6	20.7	85	9.1	68	1013	155	9999
25.11.91	21.00	12°03,13'N	30°01,36'W	5.7	20.9	86	9.0	62	1014	0	2150

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strah. lung (W/m ²)	Wolken. basis (Fuß)
26.11.91	00.00	11°36,46'N	29°59,71'W	6.1	21.1	86	9.5	60	1015	0	9999
26.11.91	03.00	10°53,47'N	29°53,32'W	5.9	21.5	90	9.0	52	1014	0	1800
26.11.91	06.00	10°12,13'N	29°50,00'W	6.1	21.4	88	9.3	58	1013	0	9999
26.11.91	09.00	9°30,70'N	29°46,42'W	6.5	21.7	87	10.2	55	1013	37	9999
26.11.91	12.00	8°49,52'N	29°42,58'W	6.9	22.3	88	10.7	54	1014	619	9999
26.11.91	15.00	8°08,65'N	29°39,10'W	7.2	22.1	85	8.9	56	1012	886	2244
26.11.91	18.00	7°27,08'N	29°36,01'W	7.3	20.9	79	10.6	51	1011	304	3000
26.11.91	21.00	6°45,39'N	29°31,23'W	7.0	21.9	86	10.7	40	1012	0	2504
27.11.91	00.00	6°04,86'N	29°27,25'W	5.7	22.6	96	9.7	43	1013	0	1173
27.11.91	03.00	5°25,16'N	29°22,98'W	6.4	21.8	87	5.3	105	1012	0	2347
27.11.91	06.00	4°46,06'N	29°20,27'W	6.0	21.4	86	6.3	94	1011	0	9999
27.11.91	09.00	4°05,43'N	29°17,01'W	5.9	21.9	91	4.5	77	1013	94	9999
27.11.91	12.00	3°22,34'N	29°13,27'W	5.6	21.7	91	5.7	87	1013	431	9999
27.11.91	15.00	2°38,88'N	29°09,58'W	4.7	21.8	97	5.1	158	1013	254	9999
27.11.91	18.00	1°58,27'N	29°05,26'W	4.3	21.6	97	6.3	138	1012	92	9999
27.11.91	21.00	1°15,68'N	29°01,70'W	3.9	21.9	98	8.3	87	1013	0	9999
28.11.91	00.00	0°32,66'N	28°58,20'W	5.7	21.8	91	8.7	138	1014	0	9999
28.11.91	03.00	0°09,90'S	28°57,25'W	5.4	21.5	91	8.5	138	1012	0	9999
28.11.91	06.00	0°52,49'S	28°50,24'W	5.3	21.2	90	9.9	138	1012	0	9999
28.11.91	09.00	1°34,52'S	28°46,33'W	5.5	21.2	90	10.1	141	1013	101	9999
28.11.91	12.00	2°16,39'S	28°42,67'W	5.6	21.2	89	9.5	135	1014	572	9999
28.11.91	15.00	2°51,45'S	28°39,58'W	5.6	21.3	89	8.3	122	1013	746	9999
28.11.91	18.00	3°32,95'S	28°35,90'W	5.7	21.4	89	8.0	133	1012	435	9999
28.11.91	21.00	4°15,57'S	28°31,91'W	5.5	21.1	89	7.6	132	1013	0	9999
29.11.91	00.00	4°58,28'S	28°27,88'W	5.3	21.2	91	7.6	128	1015	0	9999
29.11.91	03.00	5°33,78'S	28°48,04'W	5.2	21.3	93	7.3	125	1013	0	9999
29.11.91	06.00	6°15,19'S	28°35,71'W	5.3	21.2	91	8.3	119	1013	0	9999
29.11.91	09.00	6°55,58'S	28°25,44'W	5.4	20.5	87	7.6	106	1014	215	9999
29.11.91	12.00	7°38,53'S	28°15,17'W	5.6	21.1	89	5.7	99	1015	665	9999
29.11.91	15.00	7°56,26'S	28°12,04'W	5.4	21.2	88	8.3	111	1014	975	9999
29.11.91	18.00	7°56,93'S	28°12,20'W	5.7	20.0	81	8.3	101	1013	228	9999
29.11.91	21.00	7°57,77'S	28°12,44'W	5.2	19.6	81	8.5	94	1014	0	9999

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strah. lung (W/m ²)	Wolken. basis (Fuß)
30.11.91	00.00	7°58,51'S	28°12,66'W	5.1	19.7	82	7.5	104	1016	0	9999
30.11.91	03.00	8°34,69'S	28°29,61'W	5.2	19.8	85	7.6	113	1014	0	9999
30.11.91	06.00	9°13,99'S	28°48,15'W	4.8	20.3	90	9.2	108	1013	0	9999
30.11.91	09.00	9°54,80'S	29°08,09'W	5.1	18.7	79	7.6	97	1015	86	9999
30.11.91	12.00	10°33,40'S	29°26,20'W	5.2	20.0	86	5.9	90	1016	742	9999
30.11.91	15.00	11°13,86'S	29°46,04'W	5.3	20.6	88	5.5	96	1015	1032	1795
30.11.91	18.00	11°54,49'S	30°05,39'W	5.6	19.5	81	6.9	97	1014	573	9999
30.11.91	21.00	12°35,39'S	30°24,94'W	4.9	20.1	89	7.5	83	1015	0	9999
01.12.91	00.00	13°15,32'S	30°43,87'W	4.8	19.3	85	8.5	66	1016	0	9999
01.12.91	03.00	13°54,31'S	31°03,42'W	4.5	19.2	86	6.7	57	1014	0	9999
01.12.91	06.00	14°34,37'S	31°22,10'W	4.5	18.8	84	7.5	52	1013	0	9999
01.12.91	09.00	15°14,33'S	31°41,30'W	5.6	19.5	82	8.5	36	1014	221	2350
01.12.91	12.00	15°52,91'S	31°59,60'W	7.0	20.0	70	8.3	25	1015	960	9999
01.12.91	15.00	16°33,34'S	32°19,22'W	6.3	19.1	67	9.5	18	1013	834	9999
01.12.91	18.00	17°13,43'S	32°37,62'W	5.6	19.7	80	9.2	4	1012	585	9999
01.12.91	21.00	17°53,05'S	32°58,37'W	4.7	20.1	90	10.1	8	1012	0	9999
02.12.91	00.00	18°32,66'S	33°18,26'W	4.7	20.4	92	12.2	12	1012	0	9999
02.12.91	03.00	19°11,94'S	33°36,67'W	4.5	20.4	93	12.3	3	1010	0	9999
02.12.91	06.00	19°51,80'S	33°53,13'W	4.5	20.3	92	13.6	2	1008	0	9999
02.12.91	09.00	20°30,85'S	34°12,55'W	4.6	20.8	94	15.3	357	1007	34	9999
02.12.91	12.00	21°09,98'S	34°31,85'W	2.4	20.8	100	17.6	340	1007	145	1349
02.12.91	15.00	21°46,13'S	34°50,96'W	3.6	21.2	88	8.4	292	1006	803	1210
02.12.91	18.00	22°22,19'S	35°09,52'W	3.6	19.8	80	9.2	254	1005	555	9999
02.12.91	21.00	22°59,69'S	35°28,70'W	3.1	18.9	79	9.1	205	1007	1	9999
03.12.91	00.00	23°38,37'S	35°49,30'W	2.7	18.6	80	8.1	187	1009	0	9999
03.12.91	03.00	24°15,87'S	36°09,01'W	2.0	18.3	84	8.4	175	1009	0	9999
03.12.91	06.00	24°53,34'S	36°27,67'W	1.7	15.4	68	9.8	187	1009	0	9999
03.12.91	09.00	25°33,13'S	36°48,17'W	1.6	14.5	64	5.9	180	1011	188	2908
03.12.91	12.00	26°12,47'S	37°08,98'W	0.9	12.7	59	8.0	187	1013	928	9999
03.12.91	15.00	26°51,49'S	37°30,01'W	0.8	13.2	61	5.4	185	1013	1108	9999
03.12.91	18.00	27°30,86'S	37°51,22'W	0.3	12.1	58	3.5	179	1013	749	3397
03.12.91	21.00	28°11,54'S	38°12,43'W	0.1	11.9	58	5.1	188	1014	44	3346

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strahl. lung (W/m²)	Wolken. basis (Fuß)
04.12.91	00.00	28°50,71'S	38°34,03'W	9.8	12.8	64	99.0	0	1016	0	9999
04.12.91	03.00	29°28,94'S	38°54,77'W	9.3	13.1	66	99.0	0	1015	0	9999
04.12.91	06.00	30°09,68'S	39°16,50'W	7.3	13.6	85	99.0	0	1015	0	9999
04.12.91	09.00	30°12,90'S	39°17,83'W	9.0	15.1	81	3.4	237	1016	203	2134
04.12.91	12.00	30°14,03'S	39°16,63'W	0.2	15.1	76	2.9	167	1018	711	2254
04.12.91	15.00	30°28,83'S	39°28,63'W	9.7	15.1	78	4.4	95	1018	958	9999
04.12.91	18.00	31°00,23'S	40°05,31'W	9.2	14.9	81	4.4	87	1018	440	1800
04.12.91	21.00	31°34,42'S	40°40,09'W	9.1	15.3	86	5.3	71	1018	40	9999
05.12.91	00.00	32°07,98'S	41°13,94'W	8.8	14.2	81	7.0	81	1019	0	1995
05.12.91	03.00	32°39,66'S	41°47,83'W	8.7	14.4	83	8.8	76	1018	0	9999
05.12.91	06.00	33°12,53'S	42°21,46'W	8.9	13.9	78	7.9	58	1017	0	1700
05.12.91	09.00	33°47,57'S	42°54,73'W	9.6	13.5	71	8.0	55	1018	78	9999
05.12.91	12.00	34°19,49'S	43°26,39'W	0.4	15.1	76	6.7	51	1018	756	9999
05.12.91	15.00	34°52,17'S	44°02,67'W	1.5	15.9	72	7.3	40	1017	900	9999
05.12.91	18.00	35°26,53'S	44°38,64'W	1.3	16.3	74	7.6	44	1015	738	9999
05.12.91	21.00	35°59,89'S	45°14,48'W	9.3	16.1	86	8.9	27	1014	176	9999
06.12.91	00.00	36°34,00'S	45°51,17'W	9.3	17.1	97	9.4	17	1013	0	9999
06.12.91	03.00	37°08,35'S	46°28,17'W	9.8	17.4	95	10.4	5	1010	0	9999
06.12.91	06.00	37°42,79'S	47°04,97'W	9.5	17.4	97	8.4	358	1008	0	9999
06.12.91	09.00	38°15,92'S	47°40,69'W	9.7	17.8	98	7.5	328	1007	20	9999
06.12.91	12.00	38°47,30'S	48°15,31'W	9.7	17.9	99	8.2	339	1006	245	9999
06.12.91	15.00	39°03,17'S	48°32,58'W	7.9	16.7	100	8.9	319	1005	1132	9999
06.12.91	18.00	39°03,29'S	48°31,16'W	8.1	16.2	95	8.2	319	1005	854	9999
06.12.91	21.00	39°03,91'S	48°30,39'W	8.2	15.9	94	9.5	327	1004	287	9999
07.12.91	00.00	39°04,51'S	48°30,25'W	8.0	15.7	99	9.5	304	1005	0	9999
07.12.91	03.00	39°14,44'S	49°15,88'W	6.7	11.4	73	11.2	235	1007	0	9999
07.12.91	06.00	39°28,03'S	50°08,78'W	4.8	4.4	46	12.8	230	1009	0	9999
07.12.91	09.00	39°42,10'S	50°55,72'W	3.5	2.5	43	10.3	222	1012	87	9999
07.12.91	12.00	39°53,19'S	51°36,01'W	3.0	3.6	48	7.3	258	1014	551	9999
07.12.91	15.00	40°02,44'S	52°19,90'W	2.6	5.7	60	8.1	281	1014	1140	9999
07.12.91	18.00	40°13,27'S	53°07,23'W	3.5	2.7	45	9.8	287	1013	1042	9999
07.12.91	21.00	40°25,85'S	53°54,78'W	3.5	4.9	52	9.3	315	1011	361	9999

Datum	Zeit UTC	Position		Temp. Luft (°C)	Tau. punkt (°C)	Feucht. (%)	Wind (m/s)	Wind. richt. Grad	Druck hPa	Strah. lung (W/m ²)	Wolken. basis (Fuß)
08.12.91	00.00	40°41,38'S	54°46,12'W	2.1	8.3	84	7.5	329	1011	0	9999
08.12.91	03.00	40°52,59'S	55°38,60'W	1.4	8.0	87	8.6	352	1009	0	9999
08.12.91	06.00	41°04,34'S	56°27,58'W	2.1	7.5	80	3.4	156	1010	0	9999
08.12.91	09.00	41°17,40'S	57°18,06'W	0.8	7.4	88	7.9	100	1008	0	9999
08.12.91	12.00	41°31,27'S	58°12,78'W	2.7	9.7	80	7.8	68	1007	198	4534
08.12.91	15.00	41°45,58'S	59°07,43'W	3.1	9.1	80	9.7	51	1006	342	9999
08.12.91	18.00	41°58,94'S	60°00,52'W	4.3	10.8	84	4.7	78	1005	1012	9999
08.12.91	21.00	42°11,24'S	60°53,15'W	4.0	10.1	87	6.6	130	1004	434	9999
09.12.91	00.00	42°24,73'S	61°47,61'W	3.8	9.1	80	5.2	129	1006	0	9999
09.12.91	03.00	42°37,27'S	62°39,73'W	3.8	9.4	83	6.3	90	1008	0	1650
09.12.91	06.00	42°51,06'S	63°34,69'W	2.7	10.0	96	5.4	82	1007	0	9999
09.12.91	09.00	42°45,57'S	64°25,27'W	2.6	9.7	90	8.0	70	1006	1	1198

II ANT-X/2, Punta Arenas - Kapstadt

2 Zusammenfassung und Fahrtverlauf (H. Miller)

Dieser Fahrtabschnitt, der am 04.01.1992 in Punta Arenas begann und am 26.03.1992 in Kapstadt endete, galt überwiegend geowissenschaftlichen und glaziologischen Fragestellungen und war verbunden mit umfangreichen Arbeiten an Land, beziehungsweise auf dem Eis.

Da während dieser Saison der Neubau der Neumayer Station erfolgte und hierfür ein eigenes Schiff gechartert war, war "Polarstern" weitgehend von den sonst üblichen Versorgungsaufgaben entlastet, hatte aber zwei unabhängige Forschergruppen abzusetzen und zu unterstützen.

Biologen beobachteten im Drescher-Inlet über mehrere Wochen hinweg das Freß- und Tauchverhalten von Robben und Pinguinen. Sie setzten damit bereits früher begonnene Arbeiten fort und konnten mit Hilfe weiterentwickelter Verfahren zur Tauchtiefenbestimmung und zum Freßverhalten der Tiere neue Ergebnisse zur Ökophysiologie dieser Tiere gewinnen.

Eine große Gruppe von Glaziologen setzte die Arbeiten auf dem Ronne-Schelfeis fort. Dieses Langfristprogramm ist Teil des internationalen Filchner-Ronne-Schelfeis-Programms und befaßt sich mit dem Massenhaushalt und der Dynamik des Schelfeises. Dabei wurde in dieser Kampagne, aufbauend auf Ergebnissen früherer Expeditionen, besonderes Augenmerk auf die Prozesse an der Schelfeisunterseite gelegt. Daneben wurden umfangreiche "ground truth" Studien sowohl für das SAR als auch das Altimeter des ERS-1 Satelliten durchgeführt und die Vermessung von Bewegung und Deformation des Schelfeises fortgesetzt. Als geodätischer Bezugspunkt für die präzisen Lage- und Höhenbestimmungen diente dabei die argentinische Station Belgrano II, an der 1 Expeditionsteilnehmer die entsprechenden Beobachtungen durchführte.

Ebenfalls von glaziologischem Interesse waren die Arbeiten zur Dynamik und zur Energiebilanz des Meereises, die mit verschiedenen auch an Bord empfangenen und bearbeiteten Satellitendaten sowie durch direkte Beobachtungen mit Hilfe von Meßbojen und einer vom Hubschrauber aus eingesetzten Zeilenbildkamera ausgeführt wurden. Den Schwerpunkt des marinen Programms jedoch bildeten geophysikalische Arbeiten zur Untersuchung der Erdkruste und ihrer sedimentären Bedeckung sowie auf begleitenden marin-geologischen Untersuchungen. Es wurde, ebenfalls aufbauend auf Ergebnissen früherer Expeditionen in ausgewählten Gebieten zwischen der antarktischen Halbinsel und dem Astrid-Rücken gearbeitet und die Kartierung der sedimentären Bedeckung sowie der Strukturen der tieferen Erdkruste in Schlüsselgebieten vervollständigt.

Während der Reise mußte das wissenschaftliche Programm für einige Zeit unterbrochen werden, um das südafrikanische Versorgungsschiff "Agulhas", das mit einem irreparablen Ruderschaden weitgehend manövrierunfähig war, aus der Packeiszone bis zu einem Rendezvous mit einem weiteren Hilfsschiff aus Südafrika zu eskortieren. Für die Rückreise nach Kapstadt nahm "Polarstern" noch den Rest

der an Neumayer verbliebenen Baummannschaft sowie die 14 Teilnehmer der Sommerkampagne an der Georg Forster Station an Bord.

Summary and Itinerary

This leg, which started in Punta Arenas on 4 January 1992 and which ended in Cape Town on 26 March 1992, was planned to mainly answer geoscientific and glaciological questions, and was carried out in connection with comprehensive work on land and ice.

As during this season the new Neumayer Station was built and as for this purpose another vessel was chartered, "Polarstern" was relatively free from its normal supply function; she had, however, to disembark and support two independent groups of scientists.

In Drescher Inland, biologists observed for several weeks the eating and diving behaviour of seals and penguins. They continued earlier studies, and were able to obtain new results on the ecophysiology of these animal in using newly developed techniques to determine diving depths and eating behaviour.

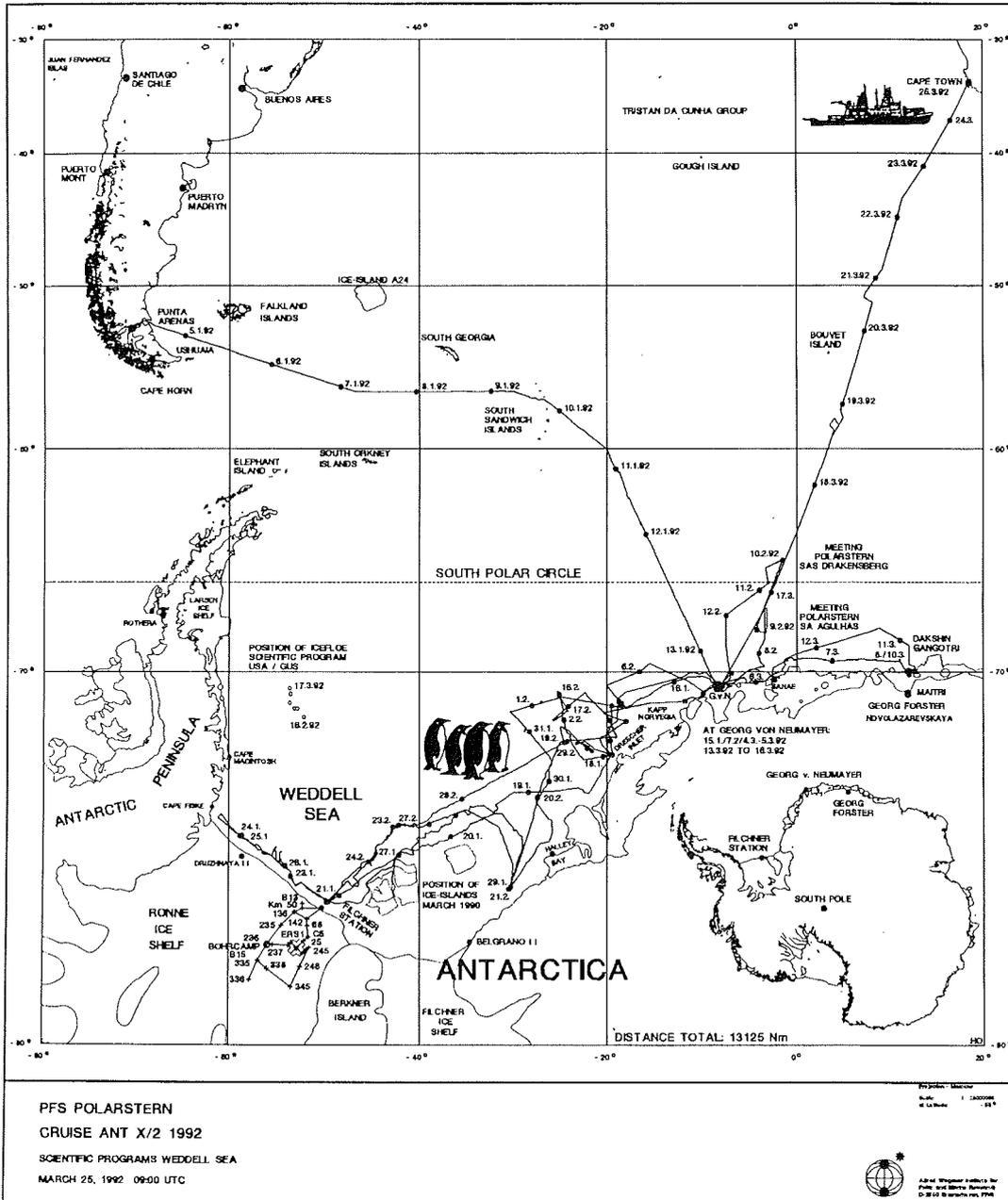
A group of glaciologists continued work on the Ronne Ice Shelf. This long-term programme is part of the international Filchner Ronne Ice Shelf Programme, and includes studies of mass balance and dynamics of the ice shelf. Based on results of former expeditions, particular attention during this campaign was given to processes at the underside of the ice shelf.

Apart from this, comprehensive ground truth observations for the SAR and altimeter of ERS-1 were carried out, and the measurements of the movement and deformation of the ice shelf continued. For this purpose the Argentine Belgrano II Station was used by one expedition member as geodetic reference point to determine exact positions and attitudes.

Also of glaciological interest were the studies of the dynamics and mass balance of the sea ice, which were carried out with the help of various satellite data received and treated on board, as well as through direct observations using buoys and a helicopter mounted camera. Main tasks of the marine programme were, however, the geophysical measurements of the Earth crust and its sediment cover, and the parallel marine geological investigations.

Again based on results of former expeditions, work was continued in selected areas of the Antarctic Peninsula and on Astrid Ridge, and the mapping of the sediment cover and of deep crustal structures was completed.

During this voyage the scientific program had to be interrupted to accompany the South African supply vessel "Agulhas", which had difficulties to manoeuvre properly due to a damaged rudder, out of the pack-ice zone to a meeting point with a South African repair ship. Before returning to Cape Town "Polarstern" took the last members of the Neumayer construction team on board as well as 14 participants of the summer campaign to Georg Forster Station.



PFS POLARSTERN
 CRUISE ANT X/2 1992
 SCIENTIFIC PROGRAMS WEDDELL SEA
 MARCH 25, 1992 09:50 UTC

Printed: Munich
 Scale: 1:500000
 at 1:500000



FS "Polarstern" Fahrtroute ANT-X/2 1992
 RV "Polarstern" Cruise ANT-X/2 1992

2.1 Geologie

2.1.1 Marin-geologische Untersuchungen im Weddellmeer und der Lazarevsee (F. Gingele, B. Maus und N. Lensch)

Einführung

Das Ziel des sedimentologischen Programmes des Fahrtabschnittes ANT X/2 war die Verdichtung des vorhandenen Probennetzes im Bereich des Weddellmeeres und der Lazarevsee, bzw. Schließung der Lücken in geologischen Profilen früherer Fahrtabschnitte, die auf schlechte Wetterbedingungen, ungünstige Eislagen oder technische Ausfälle zurückzuführen waren. Der geplante Fahrtverlauf des Abschnittes ANT X/2 vom südwestlichen Weddellmeer bis in die östliche Lazarevsee wurde durch die diesjährigen Eisbedingungen nur wenig beeinträchtigt und ermöglichte eine Erweiterung des bisherigen geologischen Datensatzes in nahezu allen vorgesehenen Gebieten. In den Abb. 19 und 20 sind die Stationen getrennt nach Arbeitsgebieten eingetragen.

Diese Daten - gewonnen aus der Beprobung und Interpretation rezenter und älterer Sedimente - tragen zur Entwicklung eines räumlichen und zeitlichen Sedimentationsmodelles an einem glaziomarin beeinflussten Kontinentalrand bei.

Geräteeinsatz und Probennahme

Die Beprobung oberflächennaher Sedimente erfolgte mit einem Großkastengreifer (GKG, 50 x 50 cm, Eindringung bis zu 60 cm). Nach fotografischer Dokumentation, Beschreibung der Oberfläche und wenn möglich eines Profils wurden standardmäßig folgende Proben entnommen:

- benthische Foraminiferen (412 cm² der Oberfläche, 1-1,5 cm tief)
- Radiolarien und Diatomeen (412 cm² der Oberfläche, 0,3-0,5 cm tief)
- Sedimentologie (200 cm³ der Oberfläche, 0,5 cm tief)
- organischer Kohlenstoff und Karbonat (20 cm³ der Oberfläche, 0,3 cm tief).

Zur Unterscheidung der Lebend- von der Totfauna wurde die Foraminiferenprobe mit Bengalrosa angefärbt. Die Radiolarien- und Diatomeenprobe wurde mit Methanol konserviert, die Probe für organischen Kohlenstoff und Karbonat bei -27° C tiefgefroren.

Ein Archivkern (PVC-Rohr, 12,5 cm Ø) wurde an geeigneter Stelle des Kastens für weitergehende Untersuchungen im Labor ausgestochen.

Zur Gewinnung längerer Sedimentkerne wurde ein Schwerelot (SL, 12,5 cm Ø, 1,5 Tonnen, 3-10 m Rohrlänge), bzw. ein Kolbenlot (KOL, 8,5 cm Ø, 1 Tonne, bis 15 m Rohrlänge) eingesetzt. Die PVC-Futterrohre (= Liner) mit dem darin enthaltenen Sedimentkern wurden jeweils in Meterstücke zersägt. An den Schnittstellen wurde eine Spatelprobe Sediment zur Anfertigung von "smear slides" und zur Bestimmung der Lithologie entnommen.

Untersuchungsgebiete

a) Ronne-Filchner-Schelf

Mit den Stationen PS2216 und PS2217 konnten zwei Lücken im Profil vor der Kante des Ronne-Filchner Schelfeises geschlossen werden. Die ursprünglich geplanten Positionen - basierend auf den Vorgaben der Expeditionen ANT IV/3 und ANT VIII/5 mußten wegen der weiter nach Norden vorgerückten Schelfeiskante um 12, bzw. 16 Kilometer verlegt werden. Die Kastengreifer beider Stationen erbrachten terrigene, sandig-siltige (PS2216), bzw. siltig-tonige Sedimente (PS2217). Die Besiedlungsdichte mit Makrofauna war bei den beiden Oberflächenproben sehr unterschiedlich. Während PS2216 nur wenige große agglutinierende Foraminiferen aufwies, zeigte PS2217 eine etwas diversere Fauna aus Bryozoen, Crinoiden, Würmern und Asseln. Eine fleckenhafte Besiedlung, bzw. eine kleinräumig wechselnde Sediment- und Biofazies konnte auch vor der Schelfeiskante der Lazarevsee beobachtet werden.

An der Station PS2217 konnte zusätzlich ein Schwerelotkern mit 300 cm gleichförmigem, terrigenem, siltig-tonigem Sediment gewonnen werden. "Smear Slide"-Analysen zeigten neben den Hauptbestandteilen Quarz, Glimmer und Feldspäten nur wenige biogene Komponenten, vor allem Bruchstücke von Diatomeen.

An der etwa 200 Kilometer von der Schelfeiskante entfernten Station PS2223 konnten 20 cm eines stark kompaktierten, siltig-tonigen Sedimentes mit dem Kastengreifer beprobt werden, das nur eine dünne (< 1 cm) Auflage aus weicherem, sandig-siltigem Material aufwies. Die Fauna beschränkte sich auf wenige agglutinierende Foraminiferen. Ein Beprobungsversuch mit dem Schwerelot scheiterte an der Zähigkeit des Sedimentes. Glazialzeitliche, direkt aus dem Eis abgelagerte Diamiktite und durch die Eisauflast kompaktierte marine Sedimente treten im Norden des Ronne-Filchner-Schelfs an die Oberfläche, während sie im Süden von weicherem, nacheiszeitlichen Sedimenten überlagert werden (MELLES 1991).

Ein Beprobungsversuch mit dem Kastengreifer vor der Küste von "Coats Land", wo bereits im Vorjahr (ANT IX/3) sechs Versuche mit dem Großschwerelot gescheitert waren, blieb wieder ohne Kerngewinn, was die Annahme unterstützt, daß auf diesem Teil des Schelfs der anstehende Fels zutage tritt und weicherer Sediment nur in Taschen oder als dünne Auflage vorhanden ist.

b) "Polarstern" "Seamount"

An zwei Stationen an der Ostflanke des 1991 (ANT IX/3) detailliert beprobten "Polarstern" "Seamounts", zu denen bereits Schwerelotkerne von 476 cm (PS2007-1) und 672 cm (PS2008-1) vorliegen, sollte versucht werden, durch den Einsatz des Kolbenlotes längere Sedimentkerne zu erhalten. Eine geringfügige Steigerung des Kerngewinnes auf 774 cm konnte an der Station PS2221 (entspricht PS2007) erzielt werden, während PS2222 (entspricht PS2008) nur 96 cm Kerngewinn erbrachte. Bei beiden Einsätzen des Kolbenlotes wurde der Kernfänger jeweils durch große "dropstones" blockiert, was darauf schließen läßt, daß Steine mit mehr als 10 cm Durchmesser in den ansonsten siltig-tonigen Sedimenten relativ häufig auftreten. Daher sollte von einem weiteren Einsatz von Kerngeräten mit geringem Rohrdurchmesser abgesehen werden. Videoaufnahmen einer Unterwasserkamera, die 1991 (ANT IX/3) eingesetzt wurde, zeigen, daß der "Polarstern" "Seamount" dicht mit manganüberzogenen "dropstones" bedeckt ist,

die allerdings 7 cm Durchmesser nicht überschreiten. Der Stein im Kernfänger des Kolbenlotes KOL 2221 weist keinerlei Spuren von Mangan auf, und sollte daher nicht von der Sedimentoberfläche stammen. Mangankrusten an einer Ecke des Steins im Kernfänger des Kolbenlotes KOL 2222 lassen vermuten, daß er teilweise über die Sedimentoberfläche herausgeragt sein muß.

Die Sedimente der Station PS2221 setzen sich vor allem aus siltig-tonigem, terrigenem Detritus mit wenigen kieseligen, biogenen Komponenten (Diatomeen, Schwammnadeln) im obersten Kernmeter zusammen. Bei 183 cm und 485 cm kann eine Vergrößerung des Sedimentes durch einen erhöhten Sandanteil beobachtet werden.

Planktische Foraminiferen in den ansonsten siltig-tonigen, terrigenen Sedimenten der Station PS2222 können nach Bestimmung der stabilen Sauerstoffisotopen zur Datierung und Korrelation mit dem bereits vorhandenen Kern SL 2008-1 benutzt werden, was wiederum Aussagen zur Qualität der Kolbenlotkerne ermöglicht.

c) Südöstliches Weddellmeer

Rund 120 Kilometer südlich des "Polarstern" "Seamounts" wurde mit der Station PS2224 eine großräumige, nordwest-südost streichende Erosionsstruktur in der Tiefseeebene beprobt (Abb. 21). Die PARASOUND-Aufzeichnungen zeigen bei Wassertiefen um 3500 m auf der südwestlichen Begrenzung der Struktur gut geschichtete Sedimente mit einer Eindringung des Signals von 50-60 m. Nordöstlich eines Steilabfalls von 400 m, mit einem Ausstreichen der Reflektoren, erreicht die Eindringung nur noch 10-15 m, was auf eine Vergrößerung des Sedimentes durch Abtransport der Feinfraktion mittels Kontour- oder Bodenströmungen interpretiert werden kann.

Die Oberflächensedimente setzen sich am Grunde der Struktur aus homogenem, sandig-siltigem Terrigenmaterial mit vereinzelt Kieskomponenten ("dropstones") zusammen. Bei 10 cm Tiefe tritt eine gröbere, sandige Lage auf. Die mit dem Schwerelot an derselben Position gewonnenen 248 cm terrigenes Sediment weisen hingegen einen durchgehend feinkörnigeren, siltig-tonigen Charakter auf, und deuten darauf hin, daß die Sedimentoberfläche im Kern möglicherweise nicht erhalten ist. Der Wechsel von älteren, feinkörnigen zu rezenten, gröberen Sedimenten kann möglicherweise als eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit in der Erosionsrinne interpretiert werden.

d) Lazarevsee - Kontinentalhang und Tiefseeebene

Am Kontinentalhang der Lazarevsee, ca. 200 Kilometer westlich des 1991 (ANT IX/3) beprobten Profilschnittes konnte aus ca. 3000 m Wassertiefe der Schwerelotkern PS2219-1 mit 774 cm Kerngewinn gezogen werden, womit eine Beprobungslücke auf dieser Tiefenstufe geschlossen wurde. Die terrigenen, siltigen Sedimente führen durchgehend geringe Mengen an kalkigen Foraminiferen, die eine stratigraphische Einstufung mittels stabiler Sauerstoffisotopen ermöglichen sollten.

Ein Beprobungsversuch mit Kastengreifer und Schwerelot in der Tiefseeebene (PS2220) blieb ohne Kerngewinn.

e) Lazarevsee - Schelfbereiche

Die Oberflächensedimente im Schelfbereich der Lazarev-See können in zwei Faziestypen unterschieden werden, die ein sehr unregelmäßiges Verteilungsmuster aufweisen (KUHN et al. 1992). Biogene Sedimente, reich an hochdiverser Fauna aus Bryozoenschill, Schwämmen, Brachiopoden und verschiedenen anderen benthischen Organismen wechseln mit gutsortierten, terrigenen Sanden mit unterschiedlichem Kiesgehalt. Die groben Korngrößen sind durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten bedingt, die entlang der Eiskante vorherrschen und wahrscheinlich durch den ACC (Antarctic Coastal Current) verursacht werden (KUHN et al. 1992). Unterhalb dieser holozänen Sedimente wird häufig ein fossilfreier, stark kompakterter, glazialer Diamiktit angetroffen.

An der Station PS2225 wurden sandig-siltige, möglicherweise holozäne, Sedimente mit biogenen Komponenten mit dem Kastengreifer beprobt, während im Kernfänger des Schwerelotkernes bei 69 cm bereits der glaziale Diamiktit erreicht ist.

Das 1991 (ANT IX/3) begonnene Probenraster vor dem Nivl-Schelfeis wurde durch die Stationen PS2226, PS2227, PS2228 und PS2229 verdichtet und nach Osten in die "Leningrad"-Bucht ausgeweitet. Durch eine engräumige Beprobung in einem begrenztem Gebiet sollen Faziesvariationen besser erfaßt werden und differenziertere Aussagen zu Liefergebieten des Terrigenmaterials, sowie zur Dynamik der Eisbewegungen und des Sedimenttransports ermöglichen.

Zwei der drei Stationen (PS2226 und PS2228) auf dem 150-200 m tiefen Schelf erbrachten gut sortierte, feinsandige bis siltige, terrigene Sedimente mit einer flächenhaften, 5-10 cm mächtigen biogenen Bedeckung aus Bryozoenschill, Kiesel-schwämmen, Brachiopoden, Schlangen- und Seesternen, sowie verschiedenen anderen benthischen Organismen. Die etwas weiter nördlich gelegene Station PS2229 war durch sandiges bis feinkiesiges Sediment, gröbere Korngrößen, eine geringere Besiedlung mit Organismen und fehlenden Bryozoenschill charakterisiert.

Das im Osten der "Leningrad"-Bucht gelegene "Fenno-Deep", eine bis zu 700 m tiefe Depression im Schelf wurde mit den Systemen HYDROSWEEP und PARASOUND in drei Nord-Süd Profilen und einem West-Ost Profil aufgenommen. Als vermutlich glazialzeitlich angelegte, West-Ost streichende und unter das Nivl-Schelfeis abtauchende Erosionsstruktur dürfte sich das "Fenno-Deep" wahrscheinlich unter dem Schelfeis weiter fortsetzen. Obwohl das PARASOUND-Signal durchgehend nur geringe Eindringtiefen von 5-15 m erreichte, wurde Station PS2227 an der tiefsten Stelle der Struktur mit möglichst ebener Meeresbodentopographie ausgewählt, um die hier abgelagerten, postglazialen Sedimente zu beproben.

Der Kastengreifer der Station erbrachte jedoch nur 3 cm sandiges bis grobsiltiges, vermutlich holozänes Sediment mit biogenen Komponenten. Darunter folgte auf eine feinkiesige bis sandige, 1 cm mächtige Trennschicht ein stark kompaktiertes, nahezu fossilfreies, siltiges Sediment, das bereits als glazialer Diamiktit angesprochen werden muß. Als weiteres Indiz für eine geringe holozäne Sedimentation

kann eine 11 cm x 8 cm große, rotbraune Fe-Mn-Konkretion gewertet werden, die aus den obersten Zentimetern des Sedimentes geborgen wurde.

Kontinentale Vergleichsproben

Das Verteilungsmuster der Tonminerale in marinen Sedimenten des antarktischen Kontinentalrandes wird im wesentlichen durch Strömungen gesteuert. Bedingt durch das kalte Klima und die großflächige Eisbedeckung erreicht nahezu ausschließlich physikalisch verwittertes und erodiertes Material mittels Eistransport den Ozean. Da durch die Abwesenheit der chemischen Verwitterung bestimmte Tonmineralgruppen, wie Kaolinit und Smektit rezente nicht gebildet werden, muß ihr Vorkommen in marinen Sedimenten als eine Zufuhr aus umgelagerten Paläoböden oder entsprechenden verfestigten, älteren Sedimenten interpretiert werden. Bei Kenntnis der Liefergebiete können diese Minerale Aufschluß über rezente Strömungssysteme bzw. deren zeitliche und räumliche Fluktuationen im Südozean liefern.

Durch die Eisbedeckung des Kontinents sind die Gesteine der Antarktis nur an wenigen Stellen zugänglich, um Proben zur Bestimmung der Tonminerale bzw. Schichtsilikate zu gewinnen und damit Informationen zum primären Eintrag dieser Mineralgruppe zu erhalten. Über die Kenntnis möglichst vieler Analysen eistransportierten und anstehenden Materials an Land in Verbindung mit der Kenntnis der Eisdynamik können Liefergebiete für bestimmte Mineralgruppen festgelegt werden und mit dem Mineralbestand im marinen Sediment verglichen werden. Dabei ist es wichtig ein einheitliches Meßverfahren zu verwenden um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Zur Analyse der Tonminerale bzw. Schichtsilikate wurden Proben aus der Verwitterungsdecke und dem anstehenden Rhyolith des Bertrab-Nunataks (Coats Land), nahe der argentinischen Station "Belgrano II" entnommen.

In der Schirmacher Oase (Ostantarktis) wurde eine Grund- und Seitenmoräne eines Toteisfeldes, sowie feinkörniges Moränenmaterial auf einem Rundhöcker zwischen den Stationen Georg Forster und Novolazarevskaya beprobt. Zusätzlich wurde sedimentführendes Eis aus dem Toteisfeld und aus einer gefrorenen Schmelzwasserrinne am Abbruch des Inlandeises südlich der Station Novolazarevskaya gewonnen.

2.1.2 Sediment-Echographie mit dem PARASOUND-System (B. Maus und F. Gingele)

Sedimentechographische Registrierungen mit dem PARASOUND-System wurden während des gesamten Fahrtabschnitts ANT X/2 routinemäßig durchgeführt. Neben der analogen Darstellung als Papieraufzeichnung wurden die Daten größtenteils auch digital abgespeichert und können in dieser Form zukünftig mit reflexionsseismischen Verfahren prozessiert werden.

Während der Expedition wurden die PARASOUND-Seismogramme vor allem zur geologischen Stationsauswahl herangezogen. Die Eindringtiefe des Signals und

Informationen zur Sedimentstruktur wurden zur Auswahl der Länge des Kerngerätes, sowie zur genauen Positionierung der Kernstation benutzt.

Im Anschluß an ausgewählte Kernstationen wurde ein halbstündiger Frequenztest durchgeführt, bei dem alle Frequenzen von 2,5 bis 5,5 kHz für die Pulslängen 1 und 4 durchfahren wurden. Die Aufzeichnungslänge betrug zwei Minuten je Frequenz-Puls Kombination. Für die Dauer des Tests waren die Querstrahlruder des Schiffes ausgeschaltet, um Störungen der Signale zu vermeiden.

Die Daten der Frequenzvariationen dienen zum Vergleich mit sedimentphysikalischen Parametern, die an den entsprechenden Schwerelot- oder Kolbenlotkernen bestimmt werden sollen.

Ausführliche Informationen zu technischen Einzelheiten der PARASOUND-Anlage können dem Fahrtbericht der "Polarstern"-Reise ANT VIII/6 entnommen werden.

Literatur

KUHN, G., EHRMANN, W.U., HAMBREY, M.J., MELLES, M. and SCHMIEDL, G. (1992): Glaciomarine sedimentary processes in the Weddell Sea and Lazard Sea.- Ber. Polarforsch. (subm.).

MELLES, M. (1991): Paläoglazologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis.- Ber. Polarforsch. 81, 190 S.

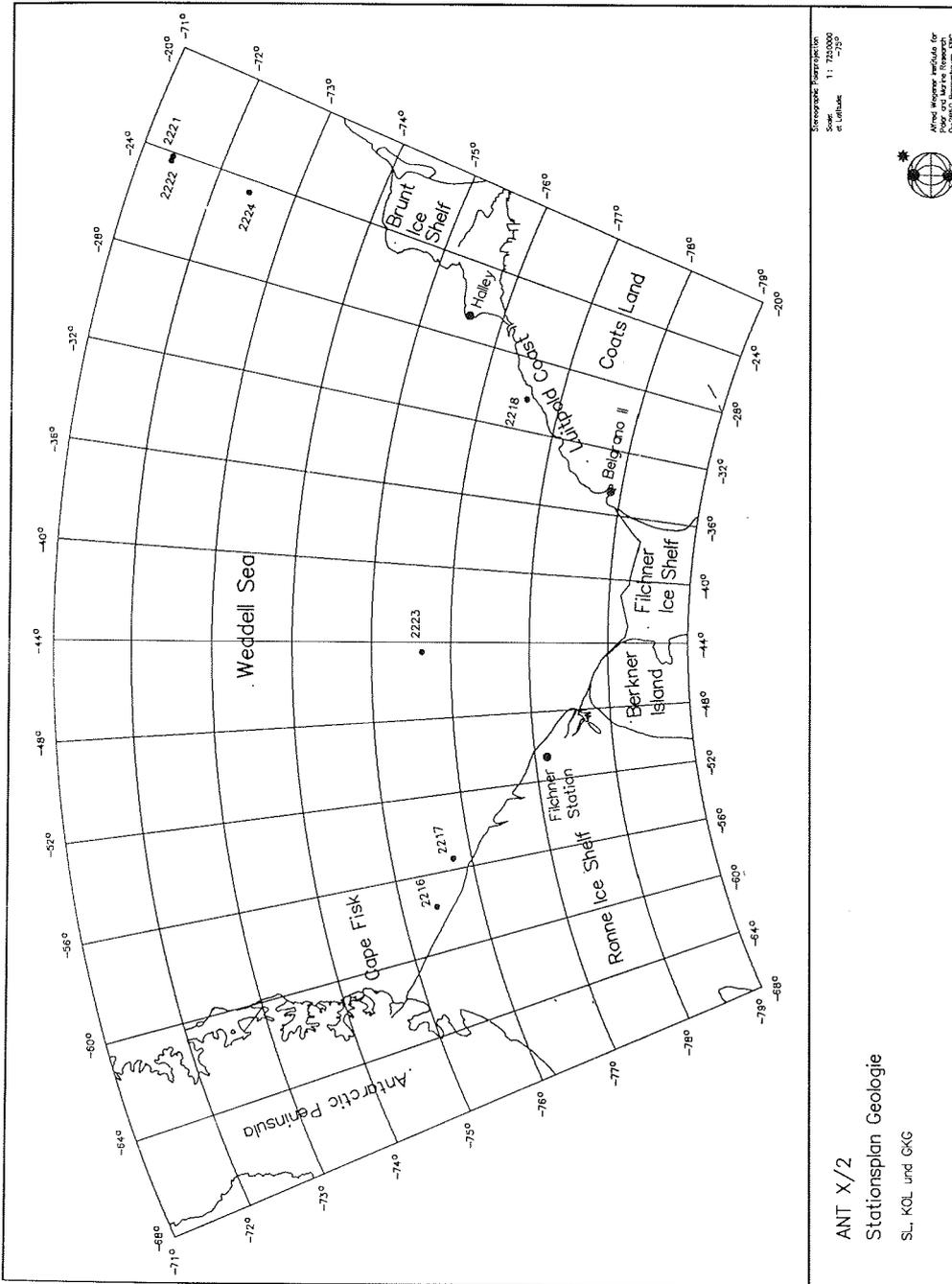


Abb. 19: Geologische Stationen im Weddellmeer.
Fig. 19: Geological stations in the Weddell Sea.

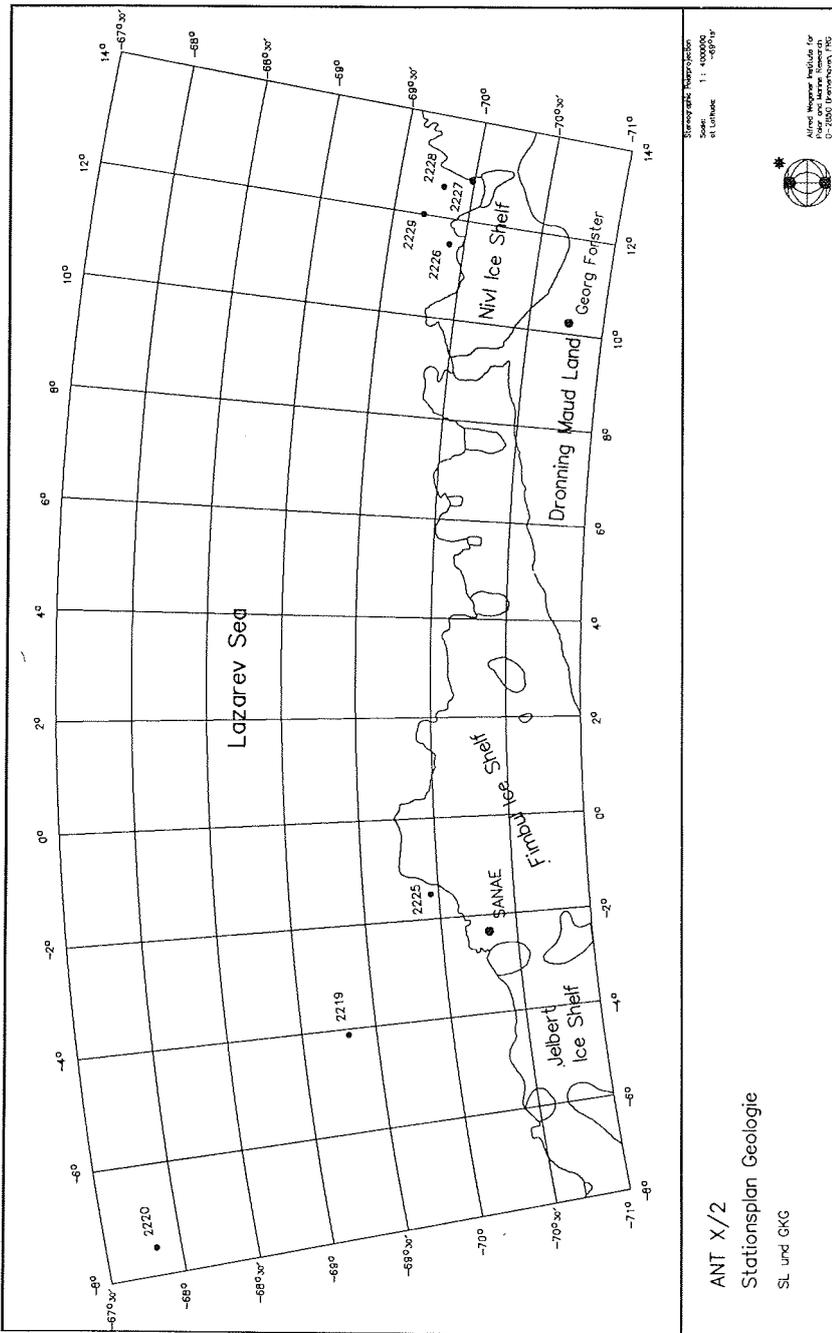


Abb. 20: Geologische Stationen in der Lazarevsee.
Fig. 20: Geological stations in the Lazarev Sea.

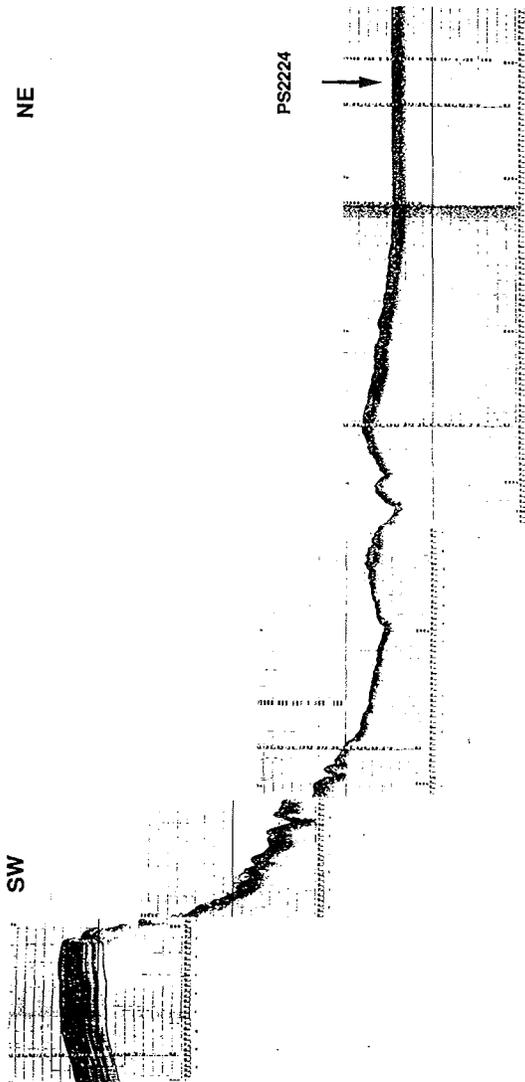


Abb. 21: PARASOUND-Querprofil durch eine nordwest-südost streichende Erosionsstruktur im südöstlichen Weddellmeer. Gut geschichtete Sedimente auf der südwestlichen Begrenzung der Struktur, mit einer Eindringtiefe des PARASOUND-Signals von 50-60 m, brechen nach Nordosten ab und werden im Steilabfall von einem Bereich mit chaotischem Sedimentgefüge abgelöst, der als Rutschmasse interpretiert werden kann. In der Erosionsstruktur selbst dringt das PARASOUND-Signal nur 10-15 m tief ein und deutet auf härteres, bzw. grobkörnigeres Sediment.

Fig. 21: PARASOUND profile across an erosional structure in the south eastern Weddell Sea

Tab. 8 : Liste der Geologiestationen mit Oberflächenproben und Kerngeräten der eingesetzten Geräte.
Tab. 8 : List and details of geological stations.

Station-No.	AWI-No.	Latitude	Longitude	Waterdepth	Sed. surf.		samples		Sediment Cores (cm)
					S.	C.	F.	R.	
20/186	PS 2216-1	75°26,40' S	57°39,48' W	513 m	x	x	x	x	GKG (21cm)
	PS 2216-2	75°26,15' S	57°42,52' W	522 m					SL (no recovery)
20/187	PS 2217-1	75°46,27' S	55°25,25' W	462 m					SL (301cm)
	PS 2217-2	75°46,21' S	55°25,18' W	463 m	x	x	x	x	GKG (44 cm)
20/191	PS 2218-1	76°34,61' S	30°15,85' W	224 m					GKG (no recovery)
20/195	PS 2219-1	69°18,57' S	04°01,00' W	2887 m	x	x	x	x	GKG (surface only)
	PS 2219-2	69°18,52' S	04°01,71' W	2889 m					SL (774 cm)
20/199	PS 2220-1	67°49,74' S	07°29,36' W	4770 m					SL (no recovery)
	PS 2220-2	67°49,09' S	07°27,45' W	4776 m					GKG (no recovery)
20/205	PS 2221-1	71°23,52' S	24°09,73' W	4223 m					KOL (786 cm), trigger core lost
20/206	PS 2222-1	71°23,34' S	24°20,28' W	3934 m					KOL (96 cm), trigger core lost
20/208	PS 2223-1	75°37,90' S	44°30,98' W	316 m	x	x	x	x	GKG (19 cm)
	PS 2223-2	75°37,98' S	44°31,13' W	313 m					SL (no recovery)
20/213	PS 2224-1	72°25,91' S	24°32,64' W	3926 m	x	x	x	x	GKG (51 cm)
	PS 2224-2	72°26,19' S	24°32,32' W	3927 m					SL (248 cm)
20/217	PS 2225-1	69°56,77' S	01°30,16' W	474 m	x				GKG (surface only)
	PS 2225-2	69°56,56' S	01°30,16' W	480 m					SL (69 cm)
20/219	PS 2226-1	69°54,03' S	11°29,79' E	173 m					SL (core catcher sample only)
	PS 2226-2	69°54,15' S	11°29,46' E	165 m					GKG (no recovery)
	PS 2226-3	69°54,10' S	11°29,61' E	170 m	x	x	x	x	GKG (58 cm)
20/221	PS 2227-1	69°59,13' S	12°47,68' E	705 m	x	x	x	x	GKG (19 cm)
	PS 2227-2	69°58,81' S	12°47,94' E	696 m					SL (no recovery)
20/222	PS 2228-1	69°48,14' S	12°36,06' E	189 m					SL (core catcher sample only)
	PS 2228-2	69°47,98' S	12°37,70' E	186 m	x	x	x	x	GKG (16 cm)
20/223	PS 2229-1	69°41,96' S	12°00,18' E	215 m	x	x	x		GKG (surface only)
	PS 2229-2	69°41,80' S	11°59,46' E						

Anhang: Kernbeschreibungen der gewonnenen Schwerelot- und Kolbenlotkerne nach der AWI-Standardbeschreibung

1

CORE DESCRIPTIONS

Lithology

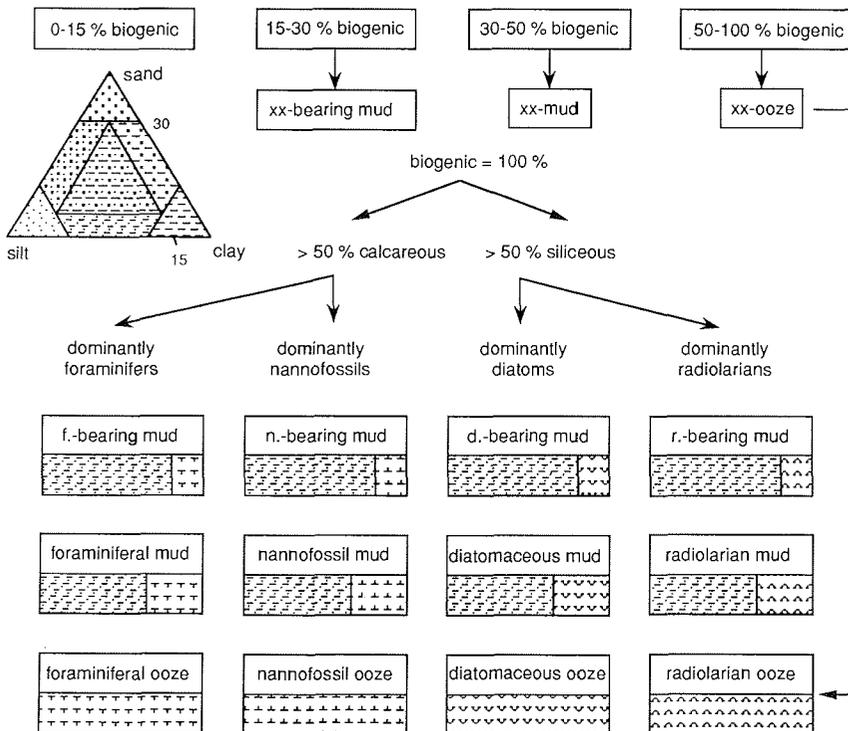
-  sand
-  sandy silt
-  sandy clay
-  sandy mud
-  silt
-  mud
-  clay

-  foraminiferal ooze
-  nannofossil ooze
-  diatomaceous ooze
-  radiolarian ooze
-  volcanic ash
-  chert / porcellanite
-  pebbles, dropstones
-  sediment clasts

Structure

-  bioturbation
-  stratification
-  lamination
-  coarsening upward sequence
-  fining upwards sequence
-  sharp boundary
-  gradational boundary
-  transition zone

Nomenclature



2

PS2217-1 (SL)

Western Ronne Shelf

ANT X/2

Recovery: 3.01 m

75° 46.2'S, 55° 25.2'W

Water depth: 462 m

Lithology	Description
0	surface lost
50 cm	50 cm: mud, with some diatoms and traces of radiolaria and sponge spicules, dark gray (5Y4/1)
151 cm	151 cm: mud, with traces of diatoms and sponge spicules, very dark gray (5Y3/1)
251 cm	251 cm: mud, with traces of diatoms and sponge spicules, very dark gray (5Y3/1)
351 cm	351 cm: mud, with traces of diatoms and sponge spicules, very dark gray (5Y3/1)

3

PS2219-2 (SL)

Lazarev Sea

ANT X/2

Recovery: 7.74 m

69° 18.52'S, 04° 01.71'W

Water depth: 2889 m

Lithology	Description
0	0 cm: mud, with some foraminifera, diatoms and sponge spicules and traces of radiolaria, olive gray (5Y4/2)
1	71 cm: mud, with traces of foraminifera, diatoms and sponge spicules, olive gray (5Y5/2)
2	171 cm: mud, with traces of diatoms and sponge spicules, olive gray (5Y4/2)
3	271 cm: mud, with traces of foraminifera and diatoms, dark gray (5Y4/1)
4	373 cm: mud, with traces of foraminifera, dark gray (5Y4/1)
5	473 cm: mud, with traces of foraminifera, dark gray (5Y4/1)

4

PS2219-2 (SL)

Lazarev Sea

ANT X/2

Recovery: 7.74 m

69° 18.52'S, 04° 01.71'W

Water depth: 2889 m

Lithology	Description
5	
	573 cm: mud, with some foraminifera, dark gray (5Y4/1)
6	
	673 cm: mud, with some foraminifera, olive gray (5Y4/2)
7	
	774 cm: mud, with some foraminifera, olive gray (5Y4/2)

5

PS2221-1 (KOL)		Polarstern Seamount	ANT X/2
Recovery: 7.86 m		71° 23.52'S, 24° 09.72'W	Water depth: 4223 m
Lithology	Description		
0	0 cm: mud, with traces of diatoms, foraminifera and sponge spicules, grayish brown (2.5Y5/2)		
1	83 cm: mud, with traces of diatoms, foraminifera and sponge spicules, dark grayish brown (2.5Y4/2)		
2	183 cm: sandy mud, with some foraminifera and traces of sponge spicules, dark grayish brown (2.5Y4/2)		
3	283 cm: mud, with traces of foraminifera and sponge spicules, dark grayish brown (2.5Y4/2)		
4	385 cm: mud, with traces of foraminifera, dark grayish brown (2.5Y4/2)		
5	485 cm: sandy mud, olive (5Y5/3)		

6

PS2221-1 (KOL) Polarstern Seamount **ANT X/2**
 Recovery: 7.86 m 71° 23.52'S, 24° 09.72'W Water depth: 4223 m

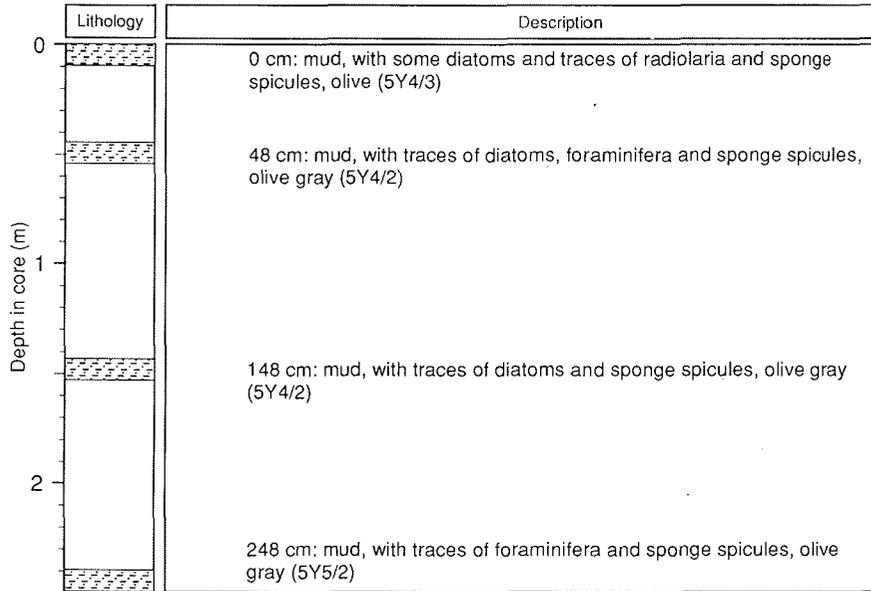
Lithology	Description
5 	585 cm: mud, with traces of sponge spicules, olive (5Y4/3) 685 cm: mud, olive (5Y4/3) 786 cm: mud, olive (5Y4/3), core catcher blocked by dropstone

PS2222-1 (KOL) Polarstern Seamount **ANT X/2**
 Recovery: 0.96 m 71° 23.34'S, 24° 20.28'W Water depth: 3934 m

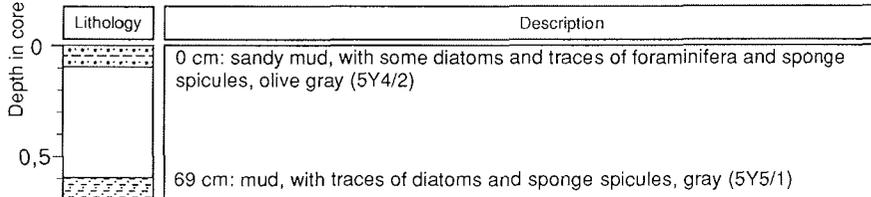
Lithology	Description
0 	0 cm: foraminifera-bearing mud, with traces of diatoms, radiolaria and sponge spicules, dark grayish brown (2.5Y4/2) 96 cm: mud, with some foraminifera and traces of diatoms, dark grayish brown (2.5Y4/2), core catcher blocked by dropstone

7

PS2224-2 (SL) Weddell Sea **ANT X/2**
 Recovery: 2.48 m 72°26,29'S, 24° 32.32'E Water depth: 3927 m



PS2225-2 (SL) Lazarev Sea **ANT X/2**
 Recovery: 0.69 m 69° 56.56'S, 1° 30.16'W Water depth: 480 m



2.2 Geophysik

2.2.1 Marine Seismik (W. Jokat, N. Fechner, B. Heesemann, Ch. Hübscher, B. Kunsch, N. Lensch, H. Mandler, U. Meyer, R. Patzig, H. Rademacher, E. v. Heuverswyn, V. Versteeg)

Einführung

Der Fahrtabschnitt ANT X/2 ist die dritte geophysikalische Meßkampagne des Alfred Wegener Instituts (AWI) in enger Kooperation mit dem Renard Centre for Marine Geology Gent (RCMG) in die Region des Weddellmeeres. Bevor jedoch die Ergebnisse dieser Reise beschrieben werden, soll zunächst der bisherige Wissensstand zusammengefaßt werden.

Das Weddellmeer ist neben dem Ross Meer eines der Kerngebiete für die Entschlüsselung der tektonischen Geschichte der Antarktis. Speziell die Sedimente des Weddellmeeres enthalten Hinweise auf die geologische Geschichte des Aufbrechens von Gondwanaland (Südamerika, Afrika, Antarktis). Allerdings sind die Modellvorstellungen über die Driftgeschichte der Antarktis relativ zu Südamerika und Südafrika noch nicht zufriedenstellend gelöst. So gibt es noch Probleme beim Verständnis der Rolle der antarktischen Halbinsel und der genauen Lage Antarktikas relativ zu Südafrika.

Seismische Reflexions- und Refraktionsmessungen sowie Schwere- und magnetische Messungen sind entscheidende Hilfsmittel, die bestehenden Lücken zu schließen. Auch ist heute die sedimentäre Bedeckung des Kontinentalsockels und der vorgelagerten Tiefsee erst in groben Zügen bekannt, birgt jedoch neben Informationen über die tektonische Geschichte auch über die in der Vergangenheit variable Eisbedeckung. Ein detailliertes Bild der Strukturen und Schichtmächtigkeiten des sedimentären Stockwerks sollte im Laufe der Forschungsreisen erarbeitet werden und als Basis für weiterführende geodynamische Fragestellungen, insbesondere vereisungsgeschichtliche Überlegungen dienen.

Geophysikalische Expeditionen in diese Region, die 1977 begannen, hatten daher folgende Fragestellungen:

- Kartierung der Sedimente, um aus der Stratigraphie Hinweise für große klimatische Änderungen in diesem Gebiet zu extrahieren. Welchen Schwankungen unterlag das Inlandeis der Antarktis in geologischen Zeiträumen ?
- Rekonstruktion der Driftgeschichte des Südkontinents Gondwana. Die Dynamik dieses Prozesses ist bisher weitgehend spekulativ, da die Plattengrenzen des Ostantarktis nicht genau genug bekannt sind.

Obwohl der Schwerpunkt der meisten Expeditionen deutlich auf der Reflexionsseismik lag, wurden begleitend Schwere- und magnetische Messungen durchgeführt. Umfangreiche refraktionsseismische Experimente zur Kartierung des Kontinentalrandes wurden bisher im marinen Bereich nicht durchgeführt.

Trotz der bislang vermessenen ca. 25000 Profilkilometer Reflexionsseismik (Abb. 22) gibt es zu den einzelnen Punkten der Problemkreise noch keine schlüssigen bzw. widerspruchsfreien Resultate. Ursächlich hierfür sind 2 Gründe:

- Gemessen an der Gesamtfläche des Weddellmeeres (ca. 1.6 Mio. km²) ist das seismische Profilnetz immer noch sehr grob. Ferner ist die Profildichte aufgrund der Meereisbedeckung sehr unterschiedlich.
- Geologisch entscheidende Regionen sind ganzjährig von Meereis bedeckt. Entsprechende Profile können nur dann gemessen werden, wenn sich das Meereis außergewöhnlich weit nach Norden oder Westen zurückzieht.

Die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen seit 1977 lassen sich folgendermaßen zusammenfassen :

Aufgrund von magnetischen Messungen wird der Zeitraum der Unterkreide (ca. 130 Mio. Jahre) als Beginn der Öffnung des Weddellmeeres angesehen (La Brecque & Barker, 1981). Da diese Anomalien allerdings nicht sicher datiert worden sind, werden die entscheidenden Randbedingungen durch die magnetischen Anomalien vor Mozambique - dem vermuteten Gegenstück - geliefert. Im südlichen Teil des Weddellmeeres sind bisher keine regelmäßigen magnetischen Spreading Anomalien bekannt.

Die Interpretation dieses Teils des Weddellmeeres wird von zwei seismisch kartierten Strukturen bestimmt, dem Explora und dem Andenes Escarpment (Hinz, 1987; Kristoffersen, 1986).

Das Explora Escarpment (EE) ist als topographische Struktur bathymetrisch gut zu verfolgen. Während des Fahrtabschnittes ANT VIII/5 (1990) wurde diese Struktur erstmalig bathymetrisch Richtung Westen kartiert. Bei 19° W verschwindet das EE als topographische Stufe. Diese Kartierung hat gezeigt, daß es sich hier nicht um ein einheitliches Lineament handelt (Miller et al., 1991), sondern unterschiedliche Streichrichtungen zeigt. Wichtigstes Resultat der bisherigen seismischen Kartierung dieser Struktur ist die Entdeckung von "seaward dipping reflectors", die als vulkanische Ausflüsse beim Aufbrechen Gondwanas interpretiert werden (Hinz, 1981). Sie werden mit den Karoo Vulkaniten in Südafrika korreliert. Damit konnte das Explora Escarpment als kontinentale Grenze interpretiert werden, an der beim Aufbruch Gondwanas ein intensiver Vulkanismus stattgefunden hat.

Das Andenes Escarpment (AE) (Kristoffersen, 1986) ist hingegen vollständig mit Sedimenten bedeckt. Die seismische Kartierung in diesem Gebiet zeigt aber eine bewegte Basement Topographie, die als AE bezeichnet wird. Diese Struktur wird als Fortsetzung des EE interpretiert (Kristoffersen, 1986). Konsequenterweise wird daher das Explora-Andenes Escarpment (EAE) als die kontinentale Plattengrenze der Antarktis interpretiert, an der sich die Trennung von Afrika vollzogen hat.

Im Gegensatz hierzu deuten seismische Messungen des AWI/RCMG an, daß es sich hier um unterschiedliche, geologische Strukturen handelt. Vor allem die Entdeckung der Polarstern-Bank während des Fahrtabschnittes ANT VIII/5 (1990) direkt auf der postulierten Kontinent-Ozean Grenze der Ostantarktis ließen Zweifel an der bisherigen Interpretation der tektonischen Strukturen aufkommen (Miller et al., 1991).

Der Schwerpunkt des geophysikalischen Programmes während des Fahrtabschnittes ANT X/2 lag daher auf der Klärung des Verlaufes und Deutung dieser beiden Escarpment Strukturen (Andenes-Explora Escarpment) im Weddellmeer. Weiterhin sollten geophysikalische Profile die Entstehungsgeschichte der Polarstern-Bank klären. Refraktionsseismische Profile waren in Ergänzung hierzu geplant.

2.2.2 Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm läßt sich gemäß den verwendeten Methoden wie folgt gliedern:

- a) Mehrkanal-Reflexionsseismik mit 2400 m Streamer,
- b) Mehrkanal-Reflexionsseismik mit 600 m Streamer,
- c) Sonobojen Registrierungen zur punktuellen Kartierung seismischer Geschwindigkeiten,
- c) Refraktionsseismik mit 32 l Airgun als seismische Quelle und Beobachtungsstationen (REFTEK Apparaturen) auf dem Schelfeis,
- d) Gravimetrie und Magnetik.

In den Tabellen 9-12 sind die Arbeiten übersichtsmäßig zusammengefaßt. Probleme, Erfahrungen und Ergebnisse der einzelnen Meßanordnungen werden in den folgenden Kapiteln behandelt. Ordnet man die verschiedenen Profile nach der Fragestellung, so lassen sie sich folgendermaßen zusammenfassen:

Refraktionsseismik	(hochauflösend)	559 km	9282	Schüsse
Reflexionsseismik	(hochauflösend)	3329 km	76381	Schüsse
Reflexionsseismik	(hochauflösend)	556 km	39718	Schüsse

Die Lage der Profile kann der Tabelle 9 und den Abbildungen 23-27 entnommen werden. Ergänzend zu den Landstationen und der Reflexionsseismik wurden 40 Sonobojen eingesetzt. Die entsprechenden Positionen sind in der Tabelle 11 enthalten.

2.2.3. Reflexionsseismik

Meßanordnung Luftkanonen

Als Quellen wurden sowohl ein 24 l Airgun Array (8x3 l) als auch erstmals eine GI-Airgun (max. 3.3 l) eingesetzt.

Das Airgun Array, das in einem 2x5 m großen Schlepprahmen hängt, wurde ausschließlich für Linien eingesetzt, die zur Erfassung tieferer Strukturen angelegt waren (Schußintervall 14-15 s). Zum Ende der Fahrt traten Vereisungsprobleme an den Magnetventilen und auch an den Kanonen verstärkt auf. Es wurde während der gesamten Reise kein Frostschutzmittel der Preßluft hinzugefügt. Beschädigungen traten überwiegend an den Druckschläuchen direkt an den Kanonen auf. Dieses ist ausschließlich auf Scheuerung der Schläuche mit dem Gestellrahmen zurückzuführen. Da die Kanonen während der Messungen regelmäßig gegen das Gestell schlugen, traten an den Schweißnähten des Rahmens Risse auf.

Die GI-Airgun wurde nur für hochauflösende Profile (Filchner, Lyddan, Forster) mit einem Schußintervall von 5-10 s eingesetzt. Sie wurde ausschließlich im GI-Mode gefahren, um das Bubble Signal zu unterdrücken. Hierzu wurde die Schußauslösung des Injectors um 32 ms verzögert. Die sehr gute Qualität des Signals und der Eindringung rechtfertigte den Einsatz des Gerätes als einzelne Kanone im GI-Modus. Aufgrund der Empfehlung des Herstellers wurde Frostschutzmittel (NOTOX) der Preßluft beigemischt (ca. jeden 3. Schuß). Die Kanone arbeitete während des gesamten Einsatzes (ca. 40000 Schüsse) ohne Ausfall. Eine vorbeugende Wartung wurde nach ca. 30000 Schüssen durchgeführt, da das Signal stärker zu variieren begann.

Streamer

Der 2400 m-Streamer (96 Kanäle, 25 m Gruppenabstand) konnte aufgrund falscher Tarierung, Zeitmangel und Eisbedeckung nur begrenzt eingesetzt werden. Nachdem jeder Sektion ca. 25 l Streameröl (ISOPAR M) hinzugefügt worden waren, konnte der Streamer mit Hilfe von Syntron Tiefenreglern (RCL 2) auf im Mittel 10 m gefahren werden. Die Tarierung des Streamers nahm etwa einen Tag in Anspruch. Bevor der Streamer jedoch im Schelfbereich vor Halley bzw. Filchner eingesetzt werden konnte, wurde er bei der Fahrt durch ein dichtes Eisfeld stark beschädigt. Alle 8 Tiefenregler gingen verloren oder waren beschädigt; 2 Sektionen zeigten starke Leckagen. Da im eigentlichen Meßgebiet nur noch 2 Tage verblieben waren, lohnte sich ein Auswechseln der defekten Sektionen nicht mehr. Somit wurden insgesamt 2/3 der Profile mit dem 600 m-Streamer (96 Kanäle, 6,25 m Gruppenabstand) vermessen. Da die meisten Profile im Tiefseebereich (ca. 4000 m) vermessen wurden, ergibt sich kein Problem mit der Multipleneliminierung, da diese nicht im interessierenden Zeitbereichen das Nutzsignal überdeckten.

Vorläufige Ergebnisse

Aufgrund des Zeitmangels, der durch die notwendige Hilfeleistung für das südafrikanische Versorgungsschiff AGULHAS entstand, aber auch wegen der schwierigeren Eisverhältnisse, war der Schwerpunkt der Profile in den östlichen Bereich von der Polarstern-Bank gelegt worden. Es galt Rahmenbedingungen für folgende Fragestellungen zu finden:

- Ist das EAE eine einheitliche, geologische Struktur oder sind diese Lineamente aufgrund unterschiedlicher Mechanismen entstanden? Die Entdeckung der Polarstern-Bank hatte erste Hinweise geliefert, daß es sich um unterschiedliche Strukturelemente handelt. Gibt es weitere, unbekannte geologische Strukturen im Nord-Süd Streichen der Polarstern-Bank?
- Endet das Explora Escarpment wie es die bathymetrische Kartierung zeigt oder setzt es sich unterhalb des Meeresbodens fort? Biegt es nach Süden ab?

Die in diesem Gebiet gemessenen seismischen Profile lassen nun folgende Interpretation zu:

Das Explora Escarpment biegt nach Süden ab und verläuft in etwa parallel zur Küstenlinie. Dies läßt sich mit Hilfe einer stratigraphischen Onlap-Struktur nachvollziehen (Abb. 28). Diese Struktur markiert nach dieser Interpretation ein Paläo-Escarpment. Im Südosten der Polarstern-Bank wurde eine neue geologische

Struktur entdeckt ($72^{\circ}25' S$, $22^{\circ}30' W$). Die bathymetrische Kartierung (Abb. 29) zeigt - wie bei der Polarstern-Bank - eine runde Struktur. Die Tiefe der Horizonte östlich der Polarstern-Bank nimmt nach Norden hin in Stufen zu. Eine genaue Kartierung des Basements mit Laufzeiten größer als 7,5 s TWT konnte nicht erfolgen, da die Signale auf den Constant-Offset Abspielung bzw. Monitor-Aufzeichnungen zu schwach waren. Aufgrund der Datenmenge war auch ein Prozessing über den Schritt des Demultiplexens hinaus nicht möglich (Tab. 10).

Auf der westlichen Seite der Polarstern-Bank wird die Interpretation unsicherer, da wir hier nur ein Nord-Süd-Profil schießen konnten. Auf diesem Profil kann man in der Region des postulierten Andenes Escarpments starke Änderungen in der Tiefenlage des Basements (max 1 s TWT) erkennen (Abb. 30). Unserer Meinung nach sind aber die Änderungen der Basementtiefe nicht so groß, daß man diese als Plattengrenze der Ostantarktis bezeichnen kann (Kristoffersen, 1986). Unser Modell tendiert mehr in die Richtung, die kartierte Basement Topographie (Andenes Escarpment) als Variation im Übergangsbereich kontinentale-ozeanische Kruste zu interpretieren und den eigentlichen Kontinentalrand deutlich dichter an den Schelfbereich zu legen.

Die ergänzende, großräumige Kartierung der Region zwischen Explora Escarpment und Polarstern-Bank bestätigt das Vorhandensein einer ausgedehnten vulkanischen Provinz. Zum einen handelt es sich um die "seaward dipping reflectors", die als Relikt des Rift-Vulkanismus angesehen werden, zum anderen besteht ein großer Teil des Basements westlich des Escarpments aus Flutbasalten. Die Polarstern-Bank sowie die neu kartierte Struktur werden ebenfalls als vulkanische Ereignisse interpretiert. Das Auffinden dieses neuen Seamounts führt auch zu einer neuen geologischen Bewertung der Polarstern-Bank. Beide Strukturen zeigen etwa ein N-S-Streichen und liegen am Rand oder in einer vulkanischen Provinz. Damit erscheint eine Interpretation dieser beiden prominenten Strukturen als Teil einer Seamount Kette als schlüssig. Die Vermutung liegt nahe, daß es weitere Seamounts im Norden der Polarstern Bank gibt, die aber mit den vorhandenen Profilen nicht nachgewiesen werden konnten.

Eine sichere geodynamische Bewertung dieser geologischen Strukturen wie auch ihre zetliche Stellung kann aber erst nach einer seismostratigraphischen Interpretation erfolgen.

2.2.4 Refraktionsseismik

Geräte

Folgende Geräte wurden für kombinierte Land/See-Refraktionsexperimente verwendet:

Quelle: 32 l Airgun; Schußintervall 30 s
Empfänger: 4 REFTEK Stationen mit je 440 mb Festspeicher

Die Kanone und die Registrierstationen arbeiteten ohne größere Probleme. Alle seismischen Stationen empfingen kontinuierlich während des Experimentes das OMEGA-Zeitzeichen und liefen über den vollen Beobachtungszeitraum von maximal 4 Tagen trotz Unterschreitung der zulässigen Betriebstemperaturen für die

Festplattenspeicher. Als Empfänger wurden Ketten mit je 6 Geophonen verwendet. Pro seismischem Kanal (insgesamt 3) wurden 6 Ketten parallel gebündelt.

Ergebnisse

Ein wichtiges Ziel der refraktionsseismischen Profile war die Abschätzung von Sediment- und Krustenmächtigkeiten im Bereich des Weddellmeeres. Es sollten so die Randbedingungen für die Interpretation der weiteren marin-geophysikalischen Messungen im Bezug auf den Verlauf des Kontinentalrandes geschaffen werden.

Das Profil 92010 vor der Filchner Schelfeiskante hatte weiterhin die Anbindung der Ergebnisse an Untersuchungen im süd-östlichen Weddellmeer (Haugland 1982, Hinz 1978) zum Ziel. Das Profil begann an der Filchner Station und endete kurz vor der antarktischen Halbinsel. Auf dem ca. 350 km langen Profil wurden insgesamt 3 automatische Registrierstationen in einem Abstand von ca. 100 km aufgestellt. Alle Stationen zeigen gute Signale bis 70 km. Ergänzend hierzu wurde der letzte Teil des Profil auch von einer englischen Gruppe des British Antarctic Service (E. King) mit einer digitalen Apparatur aufgezeichnet, die in dem entsprechenden Zeitraum reflektionsseismische Experimente auf dem Filchner Schelfeis durchführte. Die Qualität der Aufzeichnungen soll gut sein. Die Daten werden uns nach Beendigung der Expedition zur Verfügung gestellt.

Das geplante Profil bei Drescher mußte nach den ersten 20 km wegen der schwierigen Eisverhältnisse abgebrochen werden. Ein weiteres Experiment wurde auf dem Weg nach Forster durchgeführt. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte zum einen mit dem seismologischen Array der Georg von Neumayer Station und zum anderen mit zwei auf dem Ekström Schelfeis aufgestellten REFTEK Stationen. Die Auswertung dieser Daten wird zusammen mit zwei Profilen aus den Jahren 1989/90 erfolgen.

Profile	Date Recording Time		Experiment	Field Tapes		Streamer- Length (m)			Shots	Length of Prof. (km)	Start		End	
	from	to		from	to	AG	Chan.	Lat.			Lon.	Lat.	Lon.	
92010	22.01. 20:55:30	24.01. 08:36:00	Filchn./Refrac.	1	7	Reftek	32 L	5	16480	297	-76.96536	-49.39779	-75.33173	-58.20361
92010	24.01. 16:40:00	25.01. 02:45:00	Filchn./Refrac.	8	9	Reftek	32 L	5		85	-75.21536	-58.86685	-74.65469	-60.95724
92020	30.01. 15:29:30	31.01. 13:24:44	Lydan	10	49	600 m	8X3 L	100	17478	187	-73.52106	-26.17892	-72.00111	-28.56858
92020	31.01. 17:48:00	01.02. 03:20:15	Lydan	50	65	600 m	8X3 L	100		252	-73.29798	-26.23542	-71.39619	-30.24348
92021	01.02. 03:20:15	02.02. 03:28:00	Lydan	66	103	600 m	8X3 L	100	5159	200	-71.39623	-30.24163	-70.96783	-24.95796
92022	02.02. 03:28:00	03.02. 06:26:00	Lydan	104	149	600 m	8X3 L	100	6430	321	-70.96783	-24.95796	-72.99325	-22.50535
92030	03.02. 16:46:30	03.02. 19:18:00	Dresch./Refrac.	150	150	Reftek	32 L	5	302	20	-72.82510	-19.53078	-72.71481	-19.96992
92040	04.02. 00:22:15	04.02. 13:06:45	Dresch./Reflec.	151	173	600 m	8X3 L	100	3041	122	-72.29636	-20.69172	-71.71487	-17.70762
92041	04.02. 13:06:45	04.02. 23:41:15	Dresch./Reflec.	174	191	600 m	8X3 L	100	2672	95	-71.71487	-17.70762	-71.45863	-20.26748
92042	04.02. 23:41:15	05.02. 09:05:15	Dresch./Reflec.	192	207	600 m	8X3 L	100	2224	85	-71.45863	-20.26748	-71.30734	-17.92186
92043	05.02. 09:05:15	05.02. 21:21:15	Expl.-Esc./Refl.	208	228	600 m	8X3 L	100	2927	118	-71.30734	-17.92186	-70.49163	-19.97028
92044	05.02. 21:21:15	06.02. 17:21:45	Expl.-Esc./Refl.	229	262	600 m	8X3 L	100	4794	192	-70.49163	-19.97028	-69.68134	-15.49177
92050	13.02. 21:12:55	14.02. 09:25:00	Ekstr./Kapp N.	263	290	600 m	GI-G	100	8474	111	-70.61734	-09.25773	-71.03197	-11.75013
92060	14.02. 21:49:00	16.02. 10:43:20	Kapp Norv.	291	356	600 m	8X3 L	100	9048	353	-71.12407	-15.63212	-70.73615	-25.25720
92070	17.02. 03:47:56	17.02. 20:51:20	Kapp Norv.	357	387	2400 m	8X3 L	100	4872	162	-71.69518	-25.72198	-70.75878	-22.27810
92071	17.02. 20:51:20	18.02. 18:26:15	Kapp Norv.	388	426	2400 m	8X3 L	100	5357	285	-70.75878	-22.27810	-72.25370	-18.91592
92072	18.02. 18:26:15	19.02. 14:26:27	Kapp Norv.	427	462	2400 m	8X3 L	100	5050	287	-72.25370	-18.91592	-72.41630	-25.00353
92080	19.02. 23:39:40	20.02. 13:16:00	Nördl. Halley	463	501	2400 m	GI-G	100	4854	116	-73.26376	-26.21855	-74.24310	-27.52338
92090	24.02. 08:15:10	24.02. 18:41:35	Nördl. Filchner	502	524	600 m	GI-G	100	7670	98	-75.67449	-44.53144	-76.33493	-46.94257
92091	24.02. 18:41:35	24.02. 21:04:50	Nördl. Filchner	525	529	600 m	GI-G	100	1645	19	-76.33493	-46.94257	-76.46833	-46.51982
92092	24.02. 21:04:50	24.02. 22:46:30	Nördl. Filchner	530	533	600 m	GI-G	100	1205	18	-76.46833	-46.51982	-76.55769	-47.05045
92093	24.02. 22:46:30	25.02. 00:50:50	Nördl. Filchner	534	539	600 m	GI-G	100	1467	20	-76.55769	-47.05045	-76.42647	-47.53578
92094	25.02. 00:50:50	25.02. 07:00:00	Nördl. Filchner	540	552	600 m	GI-G	100	4424	59	-76.42647	-47.53578	-76.81554	-49.10527
92100	29.02. 17:05:15	29.02. 22:55:15	Polarst. Bank	553	565	600 m	8X3 L	100	1381	49	-72.36450	-24.66187	-71.92548	-24.87848
92101	29.02. 22:55:15	01.03. 02:26:45	Polarst. Bank	566	571	600 m	8X3 L	100	846	36	-71.92548	-24.87848	-72.05745	-24.00973
92102	01.03. 02:26:45	01.03. 14:37:33	Polarst. Bank	572	593	600 m	8X3 L	100	3289	114	-72.05745	-24.00973	-72.76591	-21.58705
92103	01.03. 14:37:33	01.03. 15:43:39	Polarst. Bank	594	595	600 m	8X3 L	100	282	8	-72.76591	-21.58705	-72.70347	-21.45933
92104	01.03. 15:43:39	01.03. 21:13:58	Polarst. Bank	595	605	600 m	8X3 L	100	1409	51	-72.70347	-21.45933	-72.44697	-22.73308
92105	01.03. 21:13:58	01.03. 23:25:50	Polarst. Bank	606	609	600 m	8X3 L	100	564	28	-72.44697	-22.73308	-72.44833	-23.33517
92106	01.03. 23:25:50	01.03. 23:59:58	Polarst. Bank	610	610	600 m	8X3 L	100	141	5	-72.44833	-23.33517	-72.49422	-23.32553
92107	01.03. 23:59:58	02.03. 03:17:00	Polarst. Bank	611	616	600 m	8X3 L	100	846	39	-72.49422	-23.32553	-72.40407	-22.43978
92110	03.03. 04:01:24	03.03. 13:25:09	Polarst. Bank	617	633	600 m	8X3 L	100	2396	93	-71.74958	-18.95213	-70.92295	-18.70397
92111	03.03. 13:25:09	03.03. 16:36:20	Polarst. Bank	634	639	600 m	8X3 L	100	818	33	-70.92295	-18.70397	-70.74445	-17.97930
92120	05.03. 14:56:00	06.03. 16:03:00	Neum./Refrac.	640	644	Reftek	32 L	5	2500	180	-70.60508	-8.10623	-70.33406	-03.36186
92130	08.03. 20:20:35	09.03. 01:07:00	Fenno D. Reflec.	645	655	600 m	GI-G	100	3630	44	-69.88355	+11.67015	-69.91012	+12.80425
92131	09.03. 01:07:00	09.03. 02:32:00	Fenno D. Reflec.	655	658	600 m	GI-G	100	1186	14	-69.91013	+12.80425	-70.03398	+12.79230
92132	09.03. 02:32:00	09.03. 02:57:00	Fenno D. Reflec.	658	659	600 m	GI-G	100	301	4	-70.03398	+12.79230	-70.03259	+12.70058
92133	09.03. 03:00:00	09.03. 04:23:00	Fenno D. Reflec.	659	662	600 m	GI-G	100	1187	13	-70.02982	+12.69377	-69.91541	+12.68702
92134	09.03. 04:25:00	09.03. 04:37:00	Fenno D. Reflec.	662	663	600 m	GI-G	100	145	2	-69.91520	+12.67938	-69.91880	+12.62900
92135	09.03. 04:40:00	09.03. 06:05:00	Fenno D. Reflec.	663	666	600 m	GI-G	100	1308	13	-69.92177	+12.61285	-70.03558	+12.60533
92136	09.03. 06:05:00	09.03. 06:57:00	Fenno D. Reflec.	666	668	600 m	GI-G	100	963	9	-70.03558	+12.60533	-69.98637	+12.42552
92137	09.03. 07:05:00	09.03. 08:50:00	Fenno D. Reflec.	668	672	600 m	GI-G	100	1259	16	-69.98074	+12.41985	-69.98491	+12.83163
92140	10.03. 23:39:00	11.03. 07:18:00	Astrid R. Reflec.	673	685	600 m	8X3 L	100	1833	71	-69.63130	+11.97648	-68.99985	+12.00015
92141	11.03. 07:24:00	11.03. 22:00:00	Astrid R. Reflec.	685	710	600 m	8X3 L	100	3524	143	-68.99316	+11.98785	-68.33470	+ 8.98190

Tab. 9: Seismische Profile ANT X/2
 Tab. 9: Details of seismic lines during ANT X/2

Tab. 10: Überblick seismisches Prozessing während ANT X/2
 Tab. 10: Processing carried out on board

Tab. Nr. 2: Seismik - ANT-X/2 -1992.-

Profile	Exp. Type	Field-Tape No.	Demulti-plex	Cairages No.	Geometry	Sorting	Velocity Anal.	Brute Stack	Mute	Plot	Sonobuoys	Lead-in cable (m)	RL (s)	SR (srn)	Shot Interv. (s)
92010	Reflec.	1 - 9	x	2001	x						9201-7		15	2	30
92020	Reflec.	10 - 65	x								9208-10		12	2	15
92021	Reflec.	65 - 103	x	2077-2128	x						9211-12		12	2	15
92022	Reflec.	103 - 149	x	2128-2190	x						9213-16		12	2	15
92030	Reflec.	150											5	2	30
92040	Reflec.	151 - 173	x	2193-2222	x						9217-18		12	2	15
92041	Reflec.	174 - 191	x	2223-2249	x						9219		12	2	15
92042	Reflec.	192 - 207	x	2250-2272	x								12	2	15
92043	Reflec.	208 - 228	x	2273-2301	x								12	2	15
92044	Reflec.	229 - 262	x	2302-2348	x								12	2	15
92050	Reflec.	263 - 290	x	2349-2388	x								12	2	15
92060	Reflec.	291 - 356	x	2389-2477	x								3/2,5	1	5
92070	Reflec.	357 - 387	x	2478-2520	x								12	1	15/14
92071	Reflec.	387 - 426	x	2521-2572	x						9220-21		12	2	14
92072	Reflec.	426 - 462	x	2573-2622	x						9222-25		12	2	14
92080	Reflec.	463 - 501	x	2623-2678	x						9226-29		12	2	14/15
92090	Reflec.	502 - 524	x	2679-2715	x								7	1	10
92091	Reflec.	525 - 529	x	2716-2724	x								2,5	1	5
92092	Reflec.	530 - 533	x	2725-2730	x								2,5	1	5
92093	Reflec.	534 - 538	x	2731-2737	x								2,5	1	5
92094	Reflec.	539 - 552	x	2738-2758	x								2,5	1	5
92100	Reflec.	553 - 565	x	2759-2772	x						9230		12	2	15
92101	Reflec.	565 - 571	x	2773-2781	x						9231		12	2	15
92102	Reflec.	571 - 593	x	2782-2815	x						9232-33		12	2	15/14
92103	Reflec.	594 - 595	x	2816-2818	x								12	2	14
92104	Reflec.	596 - 605	x	2819-2832	x						9234-36		12	2	14
92105	Reflec.	606 - 609	x	2833-2838	x						9237		12	2	14
92106	Reflec.	610	x	2839-2840	x								12	2	14
92107	Reflec.	611 - 616	x	2841-2849	x								12	2	14
92110	Reflec.	617 - 633	x	2850-2873	x						9238/39		12	2	14
92111	Reflec.	634 - 639	x	2874-2882	x								12	2	14
92120	Reflec.	640 - 644	x	2883	x						9240		20	2	30
92130	Reflec.	645 - 655	x	2884-2900	x								2,5	1	5
92131	Reflec.	655 - 658	x	2901-2905	x								2,5	1	5
92132	Reflec.	658 - 659	x	2906-2907	x								2,5	1	5
92133	Reflec.	659 - 662	x	2908-2912	x								2,5	1	5
92134	Reflec.	662 - 663	x	2913	x								2,5	1	5
92135	Reflec.	663 - 666	x	2914-2918	x								2,5	1	5
92136	Reflec.	666 - 668	x	2919-2922	x								2,5	1	5
92137	Reflec.	668 - 672	x	2923-2928	x								2,5	1	5
92140	Reflec.	673 - 685	x	2929-2945	x								12	2	15
92141	Reflec.	685 - 710	x	2946-2980	x								12	2	15

Summary of Sonobuoy Information - ANT-X/2 - 1992

Sonobuoy No.	Type	Profile	Time Range (Carrier)		Shot Range	Quality	Latitude	Longitude
9201	30 L	92010	23.01. 00:10:00	23.01. 04:10:00	-	0	-76,80563	-50,58762
9202	10 L	92010	23.01. 01:38:00	23.01. 04:00:00	-	0	-76,73161	-51,00750
9203	30 L	92010	23.01. 05:22:00	23.01. 07:37:00	no signal		-76,53647	-52,02607
9204	10 L	92010	23.01. 11:27:00	23.01. 15:00:00	-		-76,34644	-53,41913
9205	30 L	92010	23.01. 14:38:00	23.01. 17:00:00	-		-76,11633	-53,83150
9206	30 L	92010	23.01. 23:48:00	24.01. 02:00:00	-		-75,73863	-56,24163
9207	10 L	92010	24.01. 22:01:00	25.01. 01:50:00	-	6	-74,92451	-66,28588
9208	30 L	92020	30.01. 18:31:00	30.01. 21:00:00	-	0	-73,23182	-26,24222
9209	10 L	92020	30.01. 23:25:00	31.01. 02:50:00	-		-72,84985	-26,26042
9210	10 L	92020	31.01. 19:50:00	31.01. 23:10:00	-		-71,86749	-28,94000
9211	30 L	92021	01.02. 03:27:00	01.02. 07:50:00	-		-71,39845	-30,21297
9212	10 L	92021	02.02. 01:36:00	02.02. 05:00:00	-		-70,94880	-25,33232
9213	30 L	92022	02.02. 07:53:00	02.02. 07:58:00	-		-71,35105	-24,64588
9214	10 L	92022	02.02. 11:46:00	02.02. 15:00:00	-		-71,67513	-24,60631
9215	30 L	92022	02.02. 22:10:00	03.02. 01:34:00	-		-72,43108	-23,77715
9216	10 L	92022	03.02. 00:42:00	03.02. 02:04:00	-		-72,60947	-23,41047
9217	30 L	92040	04.02. 03:17:00	04.02. 07:06:00	-		-72,31232	-20,72332
9218	10 L	92040	04.02. 04:30:00	04.02. 06:20:00	-		-72,10543	-19,69212
9219	30 L	92041	04.02. 19:00:00	04.02. 23:09:00	-		-71,62400	-19,08540
9220	10 L	92070	17.02. 06:06:00	17.02. 09:00:00	-		-71,55511	-25,30773
9221	30 L	92070	17.02. 09:29:00	17.02. 13:00:00	-		-71,35892	-24,60323
9222	10 L	92071	17.02. 23:32:00	18.02. 03:27:00	-		-70,93964	-21,84368
9223	30 L	92071	18.02. 04:49:00	18.02. 05:02:00	-		-71,25822	-20,83707
9224	10 L	92071	18.02. 05:30:00	18.02. 09:00:00	-		-71,29705	-20,71433
9225	10 L	92071	18.02. 15:32:00	18.02. 18:23:00	-		-72,02168	-19,25838
9226	30 L	92072	18.02. 19:39:00	19.02. 00:45:00	-		-72,26392	-19,22580
9227	10 L	92072	18.02. 22:07:00	19.02. 04:41:00	-		-72,25961	-19,37130
9228	10 L	92072	19.02. 04:41:00	19.02. 07:40:00	-		-72,32504	-21,98595
9229	30 L	92072	19.02. 05:57:00	19.02. 09:00:00	-		-72,34476	-22,36603
9230	30 L	92100	29.02. 18:35:00	29.02. 23:07:00	-		-72,24590	-24,75672
9231	10 L	92101	01.03. 00:16:00	01.03. 03:30:00	-		-71,97390	-24,54693
9232	30 L	92102	01.03. 02:30:00	01.03. 06:00:00	-		-72,06080	-23,99932
9233	10 L	92102	01.03. 04:54:00	01.03. 08:00:00	-		-72,21278	-23,54308
9234	30 L	92104	01.03. 16:28:00	01.03. 18:25:00	-		-72,66800	-21,62930
9235	10 L	92104	01.03. 19:24:00	01.03. 23:00:00	-		-72,51840	-22,28868
9236	30 L	92104	01.03. 19:46:00	01.03. 23:11:00	-		-72,50562	-22,37035
9237	10 L	92105	01.03. 21:38:00	01.03. 23:11:00	-		-72,43740	-22,83957
9238	30 L	92110	03.03. 04:44:00	03.03. 08:00:00	-		-71,69687	-18,90362
9239	10 L	92110	03.03. 05:38:00	03.03. 08:25:00	-		-71,61532	-18,89633
9240	30 L	92120	05.03. 16:20:00	03.03. 22:15:00	-		-70,52435	-7,96370

Tab. 11: Positionen der Sonoboien
Tab. 11: Sonoboys positions

Tab. 12: Positionen der tiefenseismischen Registrierstationen
 Tab. 12: Location of deep seismic sounding recording sites

Recording_Sites - Deep Seismic Sounding - ANT_X/2 - 1992 -

Profile	Recording Time	Experiment	Latitude	Longitude	Quality
92010	22.01. 20:55:30 - 24.01. 23:19:30	Filchner 11	-76,9550	-49,6988	
		Filchner 12	-76,5667	-53,0073	
		Filchner 13	-75,7722	-55,6390	
92030	03.02. 16:46:30 - 03.02. 19:18:00	Drescher	-72,8865	-19,0690	
92120	05.03. 14:15:00 - 06.03. 16:03:00	Ekström 1	-70,5867	-8,1560	
		Ekström 2	-70,6017	-8,3733	
		OBS GvN*	-70,6017	-8,3733	
		Watzmann*	-70,9226	-7,3927	
		Station*	-70,6240	-8,6330	
		South Station*	-70,7180	-8,4170	
		Geo Obs. Neum.*	-70,6644	-8,2542	

* Seismische Meßstationen

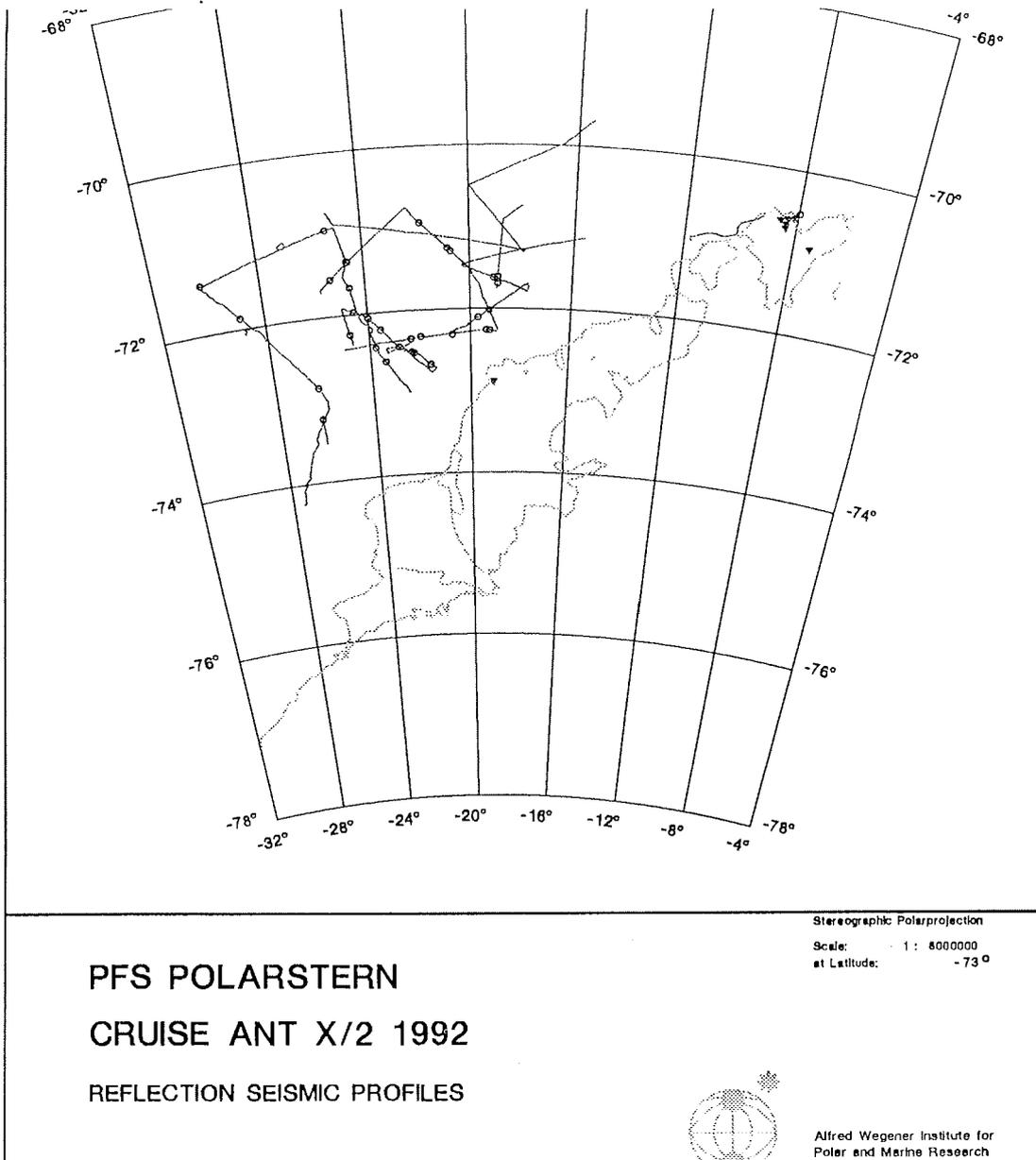


Abb. 23: Reflexionsseismische Profile ANT X/2 - Weddellmeer -
Fig. 23: Seismic reflectionlines ANT X/2 - Weddell Sea

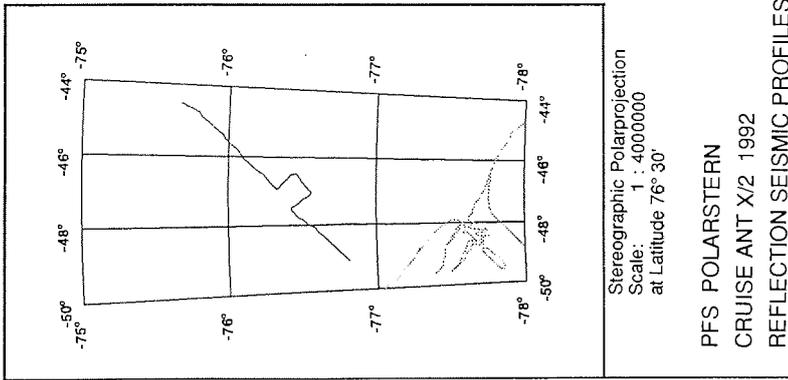


Abb. 24: Reflexionsseismische Profile ANT X/2 - Filchner -
 Fig. 24: Seismic reflection lines ANT X/2 - Filchner -

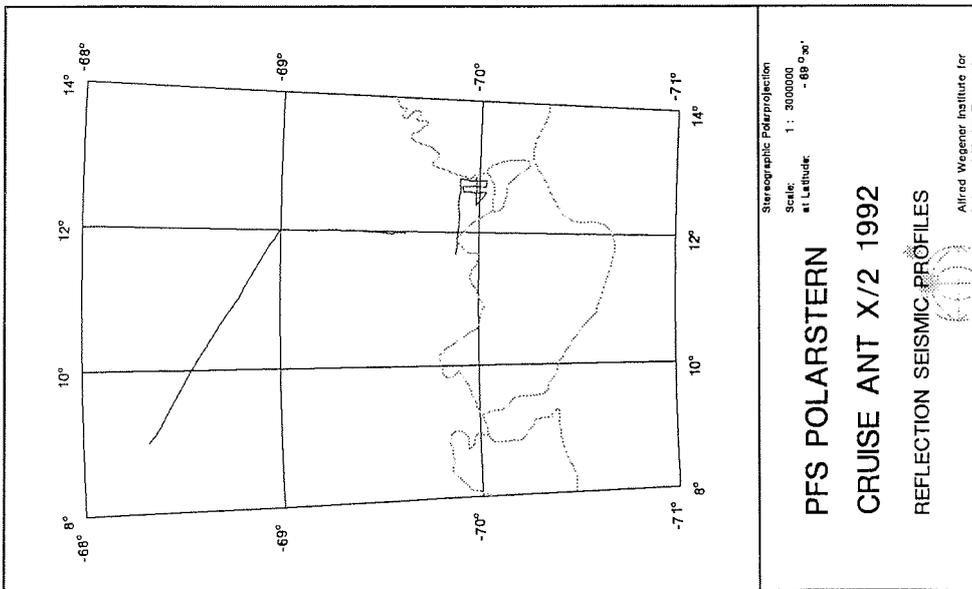


Abb. 25: Reflexionsseismische Profile ANT X/2 - Forster -
 Fig. 25: Seismic reflection lines ANT X/2 - Forster -

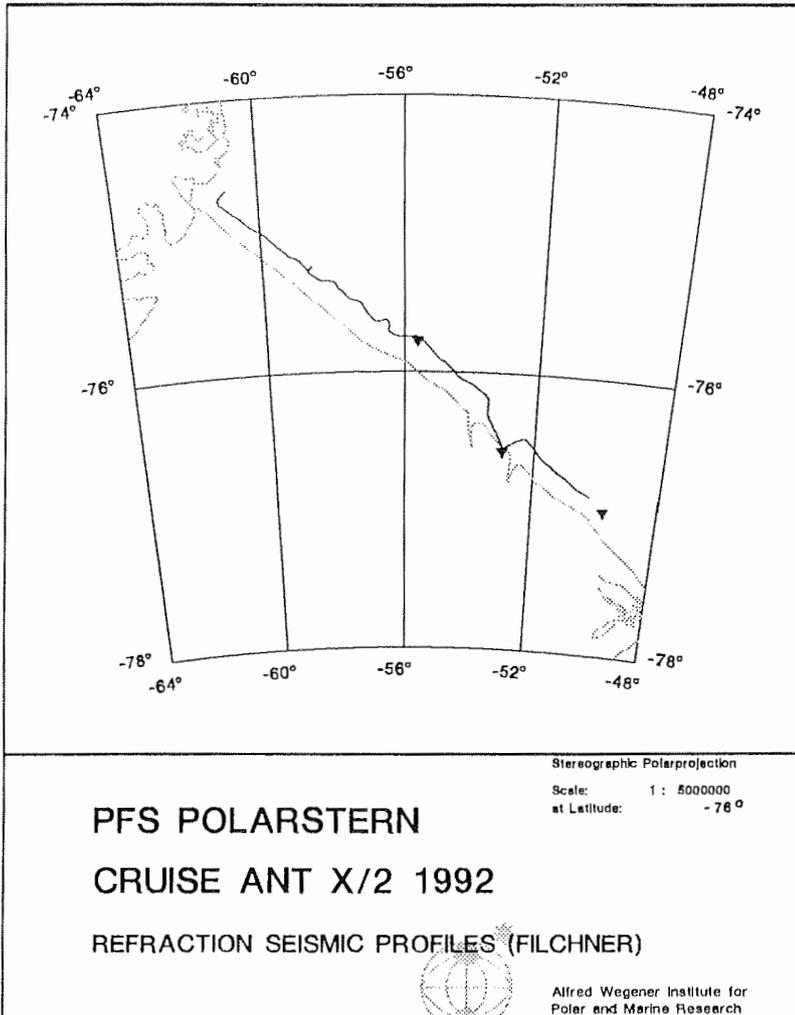


Abb. 26: Refraktionsseismisches Profil ANT X/2 vor dem Ronne Eisschelf
Fig. 26: Deep seismic sounding line ANT X/2 at the Ronne ice shelf front

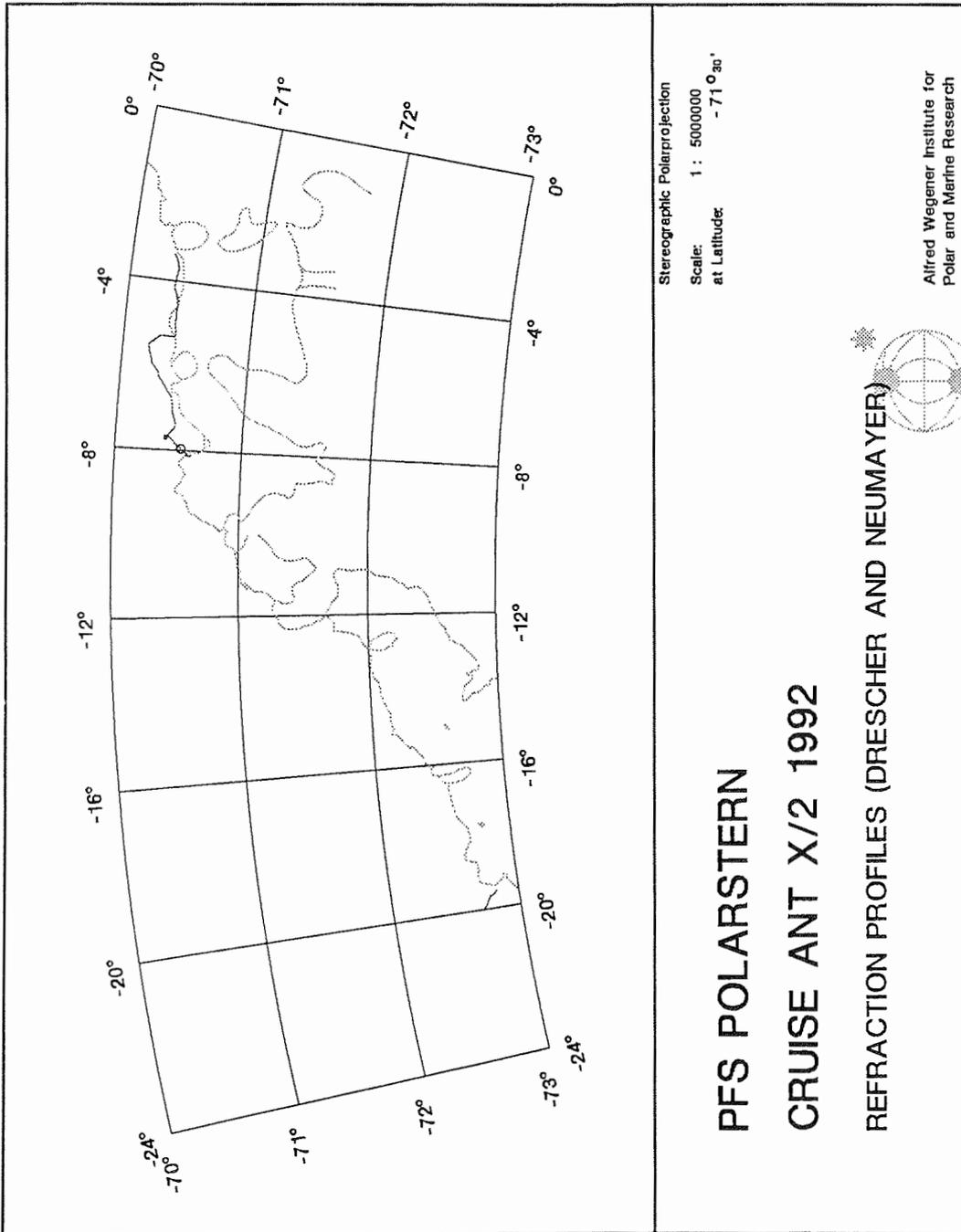


Abb. 27: Refraktionseismische Profile ANT X/2 - Drescher, Neumayer -
Fig. 27: Deep seismic sounding lines ANT X/2 - Drescher, Neumeyer -

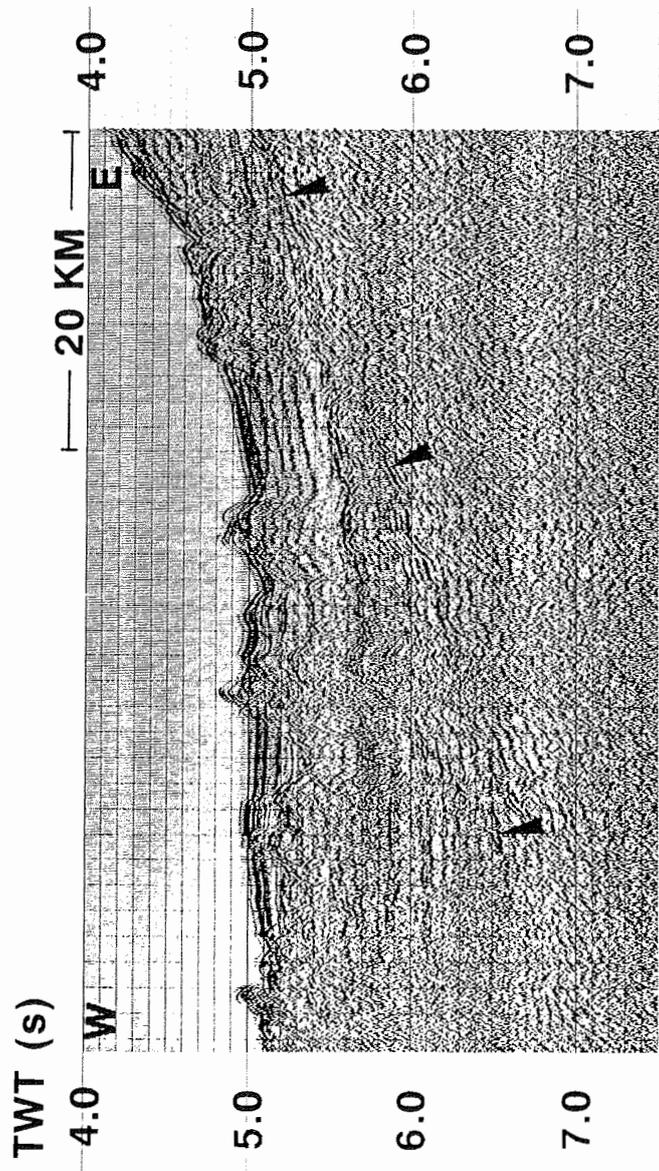
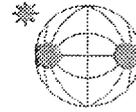
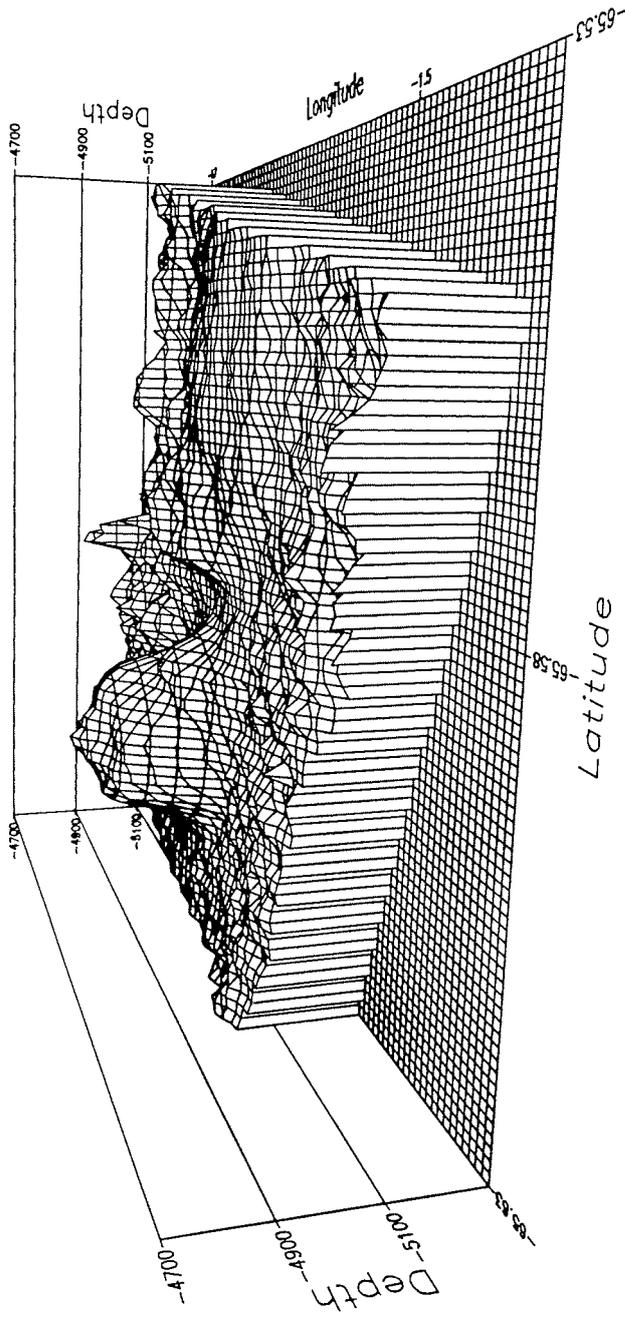


Abb. 28: Ausschnitt von Profil 92 072 - die schwarzen Pfeile markieren das Grundgebirge
Fig. 28: Part of line 92072 - the black arrows mark the basement



Bathymetric Group
Alfred Wegener Institut
Polar and Marine Rese
D-2850 Bremerhaven

ANT X/2

Abb. 29: "Bathymetrie" Seamount
Fig. 29: "Bathymetry" Seamount

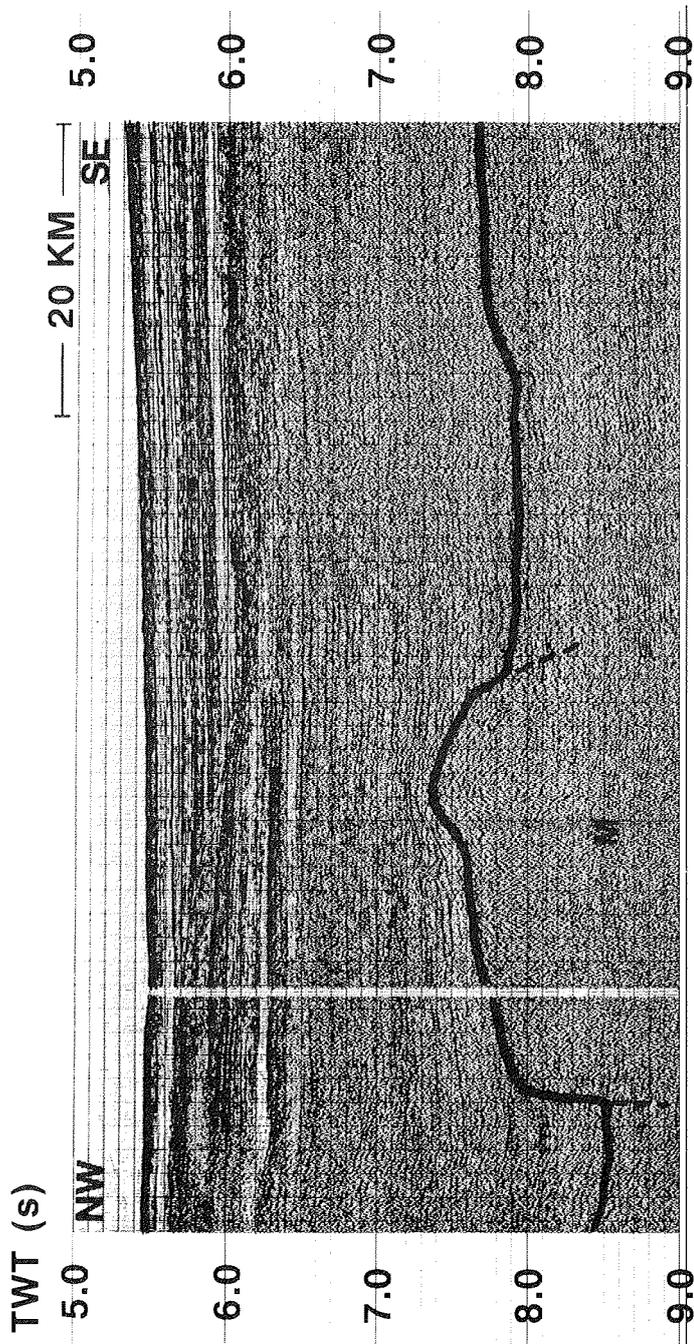


Abb. 30: Ausschnitt Profil 92 022 - das Grundgebirge ist mit einem schwarzem Strich markiert - M : Multiple
Fig. 30: Part of line 92022 - basement is marked in black - M : Multiple

Literatur:

- Haugland, K., 1982: Seismic reconnaissance survey in the Weddell Sea; in Creddock, C. (ed.). Univ. Wisconsin Press, Madison, 405-413.
- Hinz, K. 1978: Bericht über geophysikalische Untersuchungen im Weddellmeer und am ostantarktischen Kontinentalrand mit MS Eclipora. BGR, Hannover, Archiv 79617.
- Hinz, K.: A Hypothesis of Terrestrial catastrophes - Wedges of very thick oceanward dipping layers beneath Passive Continental Margins - Their origin and paleoenvironmental significance; Geol. Jb. E 22 : 3-28; 1981
- Hinz, K. & Kristoffersen, Y.: Antarctica - Recent Advances in the Understanding of the Continental Shelf; Geol. Jb. E 37 : 3-54, 1987
- Kristoffersen, Y. & Haugland, K.: Evidence for the East Antarctic plate boundary in the Weddell Sea; Nature, 322, 538-541, 1986
- La Brecque, J. & Barker, P.: Age of the Weddell Sea Basin; Nature, 290, 5806, 489-492; 1981
- Miller, H.; De Batist, M., Jokat, W.; Kaul, N.; Steinmetz, S.; Uenzelmann-Neben, G.; Versteeg, W.: Revised Interpretation of tectonic features in the Southern Weddell Sea, Antarctica, from new seismic data, Polarforschung, 60(1), 33-38, 1991

2.2.5 Gravimetrie (U. Meyer)

Über den gesamten Fahrtabschnitt ANT X/2 hinweg wurden kontinuierliche Schweremessungen durchgeführt. Dazu wurde das auf dem FS "Polarstern" installierte Seegravimeter KSS31-1725 der Bodenseewerke Überlingen eingesetzt, das auch schon in den vorangegangenen Fahrten der "Polarstern" im Weddellmeer (ANT VIII/5, ANT IX) zuverlässig gearbeitet hatte. Die Datenübertragung vom und zum Seegravimeter wird von dem Bordrechner microVAX 4000 gesteuert. Das Seegravimeter erhält im Sekundentakt über eine serielle Schnittstelle Navigationsdaten zur Stützung der Sensorplattform.

Die vom Seegravimeter gelieferten Daten werden laufend im 10 sec.-Takt erfaßt und stündlich in Dateien gesichert. Diese Datenrate entspricht bei seismischer Meßfahrt mit 5 Knoten einem Meßpunktabstand von 50 Metern. Das Seegravimeter hat während der gesamten Expedition störungsfrei gearbeitet.

Da das Seegravimeter nur relative Schwerewerte liefert, müssen zu Beginn und Ende der Fahrt absolute Schwerewerte als Landanschlüsse aufgenommen werden. Zu diesem Zweck und zu weiteren lokalen Schweremessungen im Verlauf der Expedition wurden zwei Lacoste-Romberg Landgravimeter mitgeführt. Die Ergebnisse der damit durchgeführten Messungen sind (ohne Gezeitenkorrektur) in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

	Länge	Breite	abs. Schwere
Landanschluß Punta Arenas:	70° 49'W	52° 56'S	981.321,07 mgal
Landanschluß Kapstadt 1992:	33° 55'E	18° 26'S	979.640,61 mgal
Landanschluß Kapstadt 1991:			979.640,13 mgal
GvN Observatorium:	08° 22'W	70° 37'S	982.724,14 mgal
Belgrano II 1992:	34° 37'W	77° 52'S	982.890,31 mgal
Belgrano II 1984:			982.890,07 mgal
Forster Station 1992:	11° 50'E	70° 46'S	982.579,19 mgal
Forster Station 1984:			982.578,19 mgal

Die Bestimmung des Landanschlusses in Punta Arenas wurde am Gravimeterpunkt an der Vortreppe zum Gebäude der Hafenverwaltung aufgenommen, während FS "Polarstern" auf Reede lag. Der Landanschluß in Kapstadt wurde aufgenommen als Abschluß der Versorgungsfahrt und als Anfangswert des sich anschließenden Fahrtabschnitts ANT X/3, auf dem die Gravimetermessungen fortgeführt werden.

Die Messung im Observatorium der Georg-von-Neumayer Station wurde neben dem dort installierten Gezeitengravimeter aufgenommen. Die Schwankungen der Meßwerte lagen im Bereich von einigen Zehntel mgal und waren damit etwas größer als gewöhnlich durch die Bewegung des Schelfeises und Bewegungen im Einstiegsschacht.

Dagegen lieferten die Wiederholungsmessungen auf Belgrano II und der Forster Station Ergebnisse, die nur geringe Abweichungen von den früher bestimmten Werten zeigen.

Die Daten des Seegravimeters wurden in wöchentlichem Abstand auf eine SUN Workstation kopiert, mit den Navigationsdaten gekoppelt, und dort mit Hilfe des Programmpakets TerraTools in Teilen vorläufig ausgewertet.

2.2.6 Magnetik (U. Meyer)

Neben den gravimetrischen Profilen wurden auch Profile der Totalintensität des Erdmagnetfeldes vermessen. Als Meßgerät zu diesem Zweck wurde ein Geometrics G811 Protonenmagnetometer benutzt. Um auch die lokalen Gradienten des Erdmagnetfeldes bestimmen zu können und unabhängiger von Basisstationen zu werden, wurde eine Gradientenanordnung aus zwei hintereinander geschleppten, baugleichen Sensoren vorbereitet .

Schon auf der vorangegangenen Antarktisexpedition der "Polarstern" wurde die Schnittstelle des Magnetometers zur Datenerfassung von parallel auf seriell umgestellt. Dabei ergaben sich jedoch unerwartete Probleme. So mußte zum Beispiel die Datenrate auf 1200 Baud begrenzt werden, um eine sichere Datenübertragung zu gewährleisten, zusätzliche Sensorinformationen neben den Magnetfeldwerten wie Tiefe und Temperatur konnten nicht mitregistriert werden. Die Kommunikation beschränkte sich nur auf einen Magnetfeldsensor.

Nach dem Einbau des neuen Bordrechners microVAX 4000 und dem Bestreben Gradientenmessungen durchzuführen, mußte das Datenerfassungsprogramm wesentlich überarbeitet werden. In der neuen Fassung ist es möglich, nur einen Sensor oder zwei Sensoren gleichzeitig abzufragen. Das Datenerfassungsprogramm wurde besonders auf den Gradiometermodus abgestimmt, kann aber leicht so verändert werden, als ob zwei unabhängige Sensoren abgefragt würden.

Die schon bekannten Probleme der seriellen Schnittstelle konnten durch die Überarbeitung nicht behoben werden, deshalb mußten Algorithmen zur Fehlererkennung, zur speziellen Korrektur der Master und Slave-Meßwerte und Reset Funktio-

nen für die Magnetometerkonsolen eingefügt werden. Die Master-Magnetfeldwerte im Gradiometermodus konnten damit fast vollständig wiederhergestellt werden. Dagegen bereiteten die Slave-Magnetfeldwerte große Probleme. Ursache dafür war hauptsächlich das zumeist nicht gesendete Vorzeichen des Gradienten.

Diese Schwierigkeiten blieben auf die digitale Schnittstelle begrenzt, die analoge Schnittstelle lief fehlerfrei. So sind alle durchgeführten Gradientenmessungen analog aufgezeichnet worden.

In der Zwischenzeit hat Geometrics eine Methode beschrieben, mit deren Hilfe die beiden Magnetometerkonsolen außerhalb des Gradiometermodus extern getriggert werden können, die zeitliche Abstimmung der Messung zwischen den Sensoren aber weiterhin gewährleistet. Damit fallen die speziellen Probleme des Gradiometermodus weg, zum Beispiel kann damit auch der Slave-Magnetfeldwert nicht nur als Gradient zum Master-Sensor, sondern auch als vollständiger Totalfeldwert aufgenommen werden. Die prinzipiellen Probleme der RS232 Schnittstelle müssen jedoch noch geklärt werden.

Die Sensorik selbst bereitete keinerlei Probleme. Lediglich die am Sensorende aufgesetzten Stabilisierungsflossen brachen in eisbedeckten Wasserflächen recht häufig und mußten ersetzt werden. Nur einmal trat Meerwasser in einen der Steckverbinder ein, ein anderes Mal trat ein Kabelbruch im Sensorkabel nahe des Sensorkopfs auf, verursacht durch starke Belastungen beim Aussetzen und Einholen des Sensors.

Am 21. Januar 1992 begann die erste Gradiometermessung. Nach dem Ausfall eines Sensors durch Kabelbruch am 28. Februar 1992 wurden die Messungen zwischenzeitlich nur mit einem Sensor fortgesetzt.

Obwohl die Splitterbox und die Sensoren mehrmals über Eis gezogen wurden, traten außer den Brüchen der Flossen keine Schäden auf. Dagegen verursachte der Versuch einer parallelen Messung am 3. März 1992 mit dem 3000 m-Streamer und einem Magnetfeldsensor mechanische Schäden an den vorderen Tiefengebern des Streamers und dem Zugkabel des Magnetometers sowie den Sensorflossen, während sich die Kabel umeinander verwickelten.

Am 8. März 1992 schließlich riß vermutlich durch einen Walfischbiß das Zugkabel des Magnetometers bei einer Länge von 200 Metern bei langsamer Fahrt durch einen Eisgürtel. Der größte Teil der Kabel, die Splitterbox und ein Sensor, gingen verloren.

Am 17. März 1992 wurde eine improvisierte Magnetometereinheit ausgebracht, um den verbleibenden Fahrtabschnitt bis Kapstadt zu vermessen. Bei einer Fahrt von ca. 15 Knoten ging auch dieser Sensor nach soweit fehlerfreier Messung verloren.

2.3 Biologie

2.3.1 Untersuchungen an Robben und Pinguinen im Drescher Inlet, Vestkapp (J. Plötz, H. Bornemann, K. Pütz, R. Steinmetz, J. Ulbricht)

Einleitung

Vom 18. Januar bis 2. März führte eine 5-Mann-Gruppe vom Iglu-Camp "Drescher III" aus Untersuchungen an Weddellrobben und Kaiserpinguinen durch. Im Vergleich zur Sommerkampagne 1989/90 blieb das Meereis auch im vorderen Bereich des etwa 20 km langen Drescher-Inlets bis zum Ende der Unternehmung stabil.

Das Projekt ist Bestandteil einer langfristig angelegten Studie zur Erforschung von Ökosystemen hochantarktischer Meeresgebiete und geht einher mit der Erfassung von Benthos- und Fischbeständen des östlichen Weddellmeerschelfs. Ein Schwerpunkt fischereibiologischer Aktivitäten ist das Schelfgebiet vor dem Drescher-Inlet (Vestkapp-Box). Berechnungen der Fischbiomasse sowie Untersuchungen zum Vorkommen und zur saisonalen Verbreitung bestimmter Fischarten ergaben wertvolle Vergleichsdaten zur Interpretation unserer nahrungsökologischen Studien an Robben und Pinguinen. Eine erste Ernährungsbilanz hat ergeben, daß die berechnete Produktion an Fischbiomasse über dem Ostschelf kaum ausreichen dürfte, um den Nahrungsbedarf allein der Weddellrobben im Gebiet zu decken. Diese Diskrepanz macht es erforderlich, Beziehungen im Nahrungsgefüge des hochantarktischen Weddellmeerschelfs neu zu überdenken. So dürfte ein begrenztes Nahrungsangebot für die Warmblüter zumindest zeitweilig durch die Zufuhr von pelagischer Nahrung aus produktionsreicheren Meeresgebieten ausgeglichen werden. Hierbei scheint der wanderfreudige pelagische Schwarmfisch *Pleuragramma antarcticum* von besonderer Bedeutung, da er zumindest zeitweilig ein in Masse auftretendes Beuteobjekt der Robben und Pinguine an der Ostküste ist.

Logistik

Wie bereits 2 Jahre zuvor, wurde die Iglustation von 2 Helikoptern im hinteren Bereich des Inlets auf dem Schelfeis abgesetzt. Die Station konnte trotz ungünstiger Windverhältnisse in 6 Stunden antransportiert werden; für den Abbau wurden nur 4 Stunden benötigt.

Die Station wurde über zwei 5 kW-Generatoren wechselweise mit Strom versorgt. Geheizt wurde mit zwei 2 kW-Heizlüftern (Wohniglus) und Propangas (Kücheniglu), gebraten mit einer 2 kW-Friteuse und gekocht mit einem Propangas-Zweiflammer. Als Schneeschmelze diente ein 2 kW-Einkochtopf. Das 100 W-Funkgerät sowie 3 Computer, 1 Zentrifuge, 1 Fräse, 1 Netzstabilisator und mehrere Batterieladegeräte wurden im Funkiglu über einen 1 kW-Generator versorgt. Für Arbeiten an der Station und auf dem Meereis wurden 2 Skidoos eingesetzt. Während der 44 Tage Aufenthalt wurden 900 Liter Benzin und 60 kg Propangas verbraucht.

Sämtliche Glas-, Papier-, Blech- und Plastikabfälle wurden auf der Station getrennt, in verschließbaren Kübeln aufbewahrt und zum Schiff zurückgebracht. Insgesamt fielen 360 kg Müll an (72 kg pro Person), davon 175 kg Glas, 85 kg Papier, 60 kg Blech und 40 kg Plastik.

2.3.1.1 Kaiserpinguine

Die Brutkolonie hatte sich bereits aufgelöst; am 20.01. hielten sich nur noch 27 Küken und etwa 200 adulte Kaiserpinguine im Inlet auf. Alle Tiere befanden sich in der Mauser. Die Mauserphase war Mitte Februar beendet. Von diesem Zeitpunkt an hielten sich ständig bis zu 250 adulte Pinguine im Bereich der Meereiskante auf, wo sie in größeren Gruppen nach Nahrung tauchten.

Mauser

9 Küken und 6 adulte Kaiserpinguine wurden eingefangen und in einem ca. 50 m² großen Gehege nahe der Station untergebracht. An diesen Tieren wurden Untersuchungen zum Mauserverlauf und der damit verbundenen Gewichtsabnahme durchgeführt. Die Pinguine wurden täglich gewogen (Küken \pm 5 g, Adulte \pm 50 g) und das Mauserstadium festgehalten (Abb. 31).

Zusätzlich wurde allen Pinguinen ein Magentemperatursensor eingeführt. Dieser Einkanalige Analoge Temperatur-Sensor ("EATL") ist in eine verschraubbare Titankapsel eingelassen und registriert Temperatur gegen Zeit. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf Körpertemperatur, Aktivitätsmuster und Ausmaß der Schneeaufnahme zu. Gleichzeitig erhobene meteorologische Daten sollen eine eventuelle Abhängigkeit der Körpertemperatur von lokalen Wetterbedingungen aufzeigen.

Nahrung

Jede Nahrungsaufnahme ist mit einem spontanen Abfall der Magentemperatur verbunden. Die Dauer der Erwärmung frisch aufgenommener Nahrung ist abhängig von deren Menge sowie dem bereits im Magen befindlichen Nahrungsvolumen. Der gesamte Temperaturverlauf gibt Aufschluß über Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme und Gewicht der aufgenommenen Nahrungsmenge. Ein Teil der im Gehege gehaltenen Tiere wurde mit definierten Mengen an Tintenfisch gefüttert. Anhand dieser in-situ-Eichung des EATL sollte dann bei freilebenden Pinguinen - mit EATL und einem Tauchtiefen-Rekorder ausgerüstet - die aufgenommene Nahrung quantifiziert werden. Durch Markierungsversuche wurde festgestellt, daß die Tiere während des Untersuchungszeitraums keine Standorttreue aufwiesen. Daher konnten diese Untersuchungen nicht durchgeführt werden.

Von 30 Kaiserpinguinen und 5 Adelpinguinen wurden Nahrungsproben durch Magenspülung gewonnen. Die Nahrung der Kaiserpinguine bestand aus Fisch, Tintenfisch und Krill. Im Gegensatz zu den während der Saison 1989/90 (Drescher II) erhaltenen Magenproben bildete der Krill während des gesamten Untersuchungszeitraums einen bedeutenden Anteil an der Nahrung. Die Proben wurden zur späteren Analyse bei -30°C tiefgefroren.

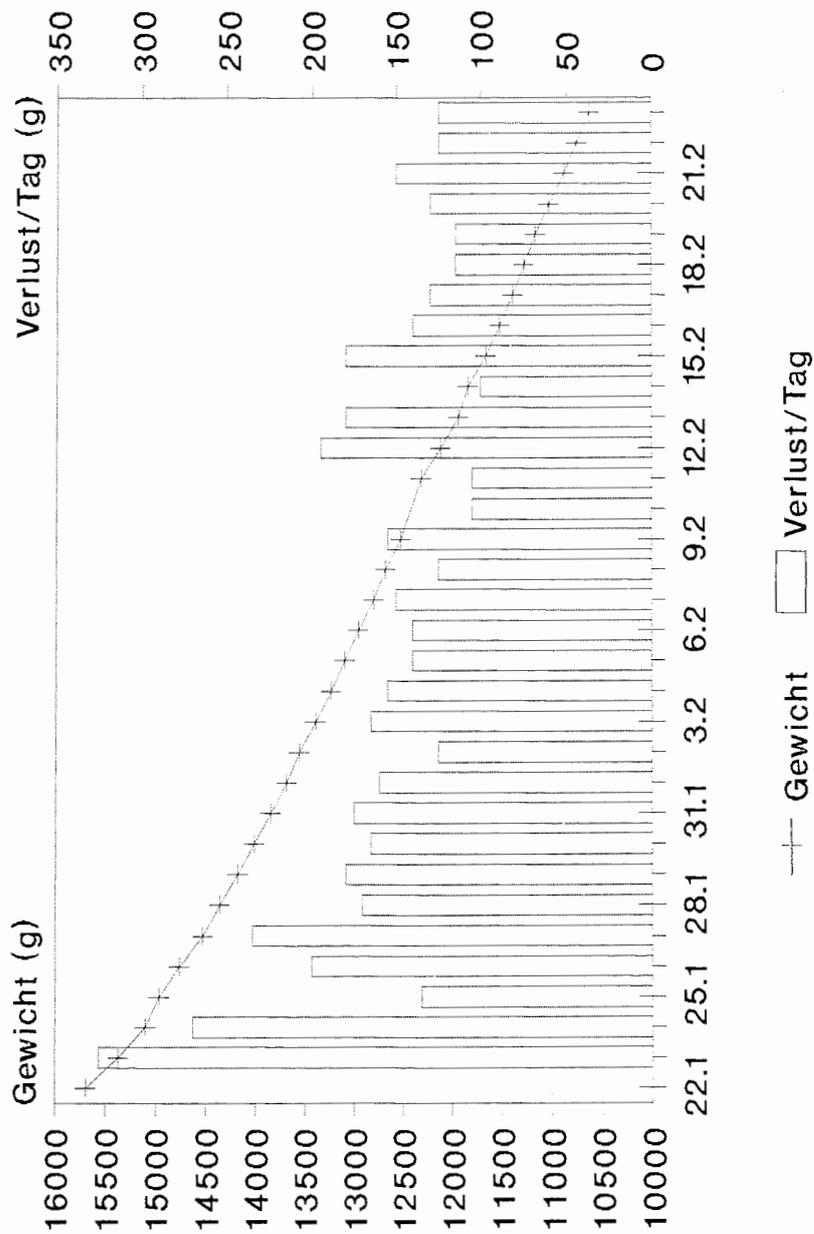


Abb. 31: Gewichtsabnahme und täglicher Gewichtsverlust bei einem Kaiserpinguinküken
Fig. 31: Weight decrease and daily weight loss of an Emperor Penguin chick

2.3.1.2 Weddellrobben

Tauchtiefen

Ergebnisse von der Feldsaison 1989/90 (Drescher II) haben gezeigt, daß adulte Weddellrobben zur Nahrungssuche zwei Tiefenbereiche bevorzugten. Rein pelagische Tauchgänge führten bis auf etwa 150 m, andere dagegen bis zum Meeresboden in maximal 500 m Wassertiefe. In dem dazwischen liegenden Tiefenbereich lohnte sich die Nahrungssuche offenbar nicht. Die markante Trennung in den Tauchprofilen führte zur Zielsetzung, die Nahrungsaufnahme der Robben im Pelagial und über dem Meeresboden in möglichst hoher Auflösung zu messen. Hierüber ist bisher nichts bekannt.

Zur Tauchtiefenmessung wurden diesmal Time-Depth-Recorder (TDR) verwendet, die außer der Wassertiefe (Drucksensor) gleichzeitig Schwimmgeschwindigkeit (Schaufelrädchen) und Schwimmrichtung (Kompaß) registrierten; wahlweise wurden Meßintervalle von 16 oder 32 s eingestellt. Bei einer kontinuierlichen Registrierung von 32 s-Intervallen reichte die Speicherkapazität des TDR für 5 Tage. Die Daten blieben gespeichert, auch wenn das Versuchstier länger unterwegs war. Drei mit TDR ausgerüstete Robben wurden letztlich nicht wiedergefunden.

Vor dem Anbringen des TDR wurde die Robbe narkotisiert und gewogen, dann das Fell im Schulterbereich getrocknet und entfettet. Anschließend wurde eine flexible Netzmatte mit Epoxidharz aufgeklebt und der TDR in eine auf die Matte genähte Stofftasche geschoben und verknotet. Das Epoxidharz wurde nur stellenweise und ausschließlich am Mattenrand aufgetragen. Dies erhöhte den Stretcheffekt des Netzmaterials und verhinderte somit ein Abreißen des Recorders. Nicht wiedergefundene Tiere verlieren die Matte spätestens beim nächsten Haarwechsel.

Magentemperatur

Ein weiterer neuer Schritt für unser Projekt war die Anwendung eines einkanaligen analogen Temperaturloggers (EATL) in verschraubbarer Titankapsel, die der narkotisierten Robbe durch ein Schlundrohr in den Magen eingeführt wurde. Wie auch beim TDR, wurden Meßintervalle von 16 oder 32 s eingestellt. Bei 32 s-Meßintervallen reichte die Speicherkapazität des EATL gut 12 Tage. Die Registrierung der Magentemperatur soll Aufschluß geben über den Zeitpunkt des Abschluckens -1°C "kalter" Beutetiere und auch über die aufgenommene Nahrungsmenge.

Kieferaktivität

Zur Messung der Kieferaktivität wurden instrumentierte Robben zusätzlich mit einem Reedkontakt in Höhe des Kiefergelenks beklebt, mit dem Ziel, parallel zu den Tauchgängen Hinweise auf die Anzahl der Kieferschläge zu erhalten. Von 3 ausgerüsteten Robben wurden 2 wiedergefunden. Hier gelang es, Kieferaktivität über 15 bzw. 27 Stunden kontinuierlich in 16 s-Intervallen zu registrieren. Erste Datensichtungen zeigen ein realistisches Aktivitätsmuster während der einzelnen Tauchgänge mit maximal 3 Kieferschlägen pro 16 s-Interval.

Durch Kombination von EATL, TDR und Reedkontakt wurde ein neues Meßsystem zum Einsatz gebracht, mit dem Aussagen über Beutefangerfolg in Abhängigkeit zur Tauchtiefe, Anzahl der Tauchgänge und Dauer der Aktivphasen sowie zum Akti-

onsradius und Körpergewicht der jeweiligen Robbe getroffen werden können. Unabhängig davon ermittelte EATL-Daten können zur Analyse der in den Aktivphasen aufgenommenen Nahrungsmengen ebenfalls herangezogen werden.

Auf der Suche nach instrumentierten Robben wurden die Liegeplätze an den Meereisspalten täglich kontrolliert. Die Robbe wurde mit einem Fangsack festgehalten und der TDR ausgewechselt; eine Narkotisierung war hierfür nicht erforderlich. Zur Rückgewinnung des EATL mußte die Robbe getötet werden. Vorab wurde mit einem Metalldetektor überprüft, ob sich die Titankapsel noch im Magen befindet; in zwei Fällen waren sie durch Regurgitation abhanden gekommen. Zusätzlich wurden Blut-, Gewebe- und Parasitenproben entnommen und eingefroren, unter anderem zum Nachweis von Viren, Hormonen, Cholesterin, Schadstoffen und Proteinmustern an Nematoden.

Insgesamt wurden von 8 Weddellrobben (2 juvenile, 6 adulte) Zeitreihen von 1415 Stunden über Magentemperatur und 850 Stunden Tauchaktivität registriert, davon 625 Stunden zeitgleich. Das umfangreichste zusammenhängende Tauch- und Temperaturprofil mit gut 9 Tagen kontinuierlicher Registrierdauer erhielten wir von einem adulten 7 Zentner-Weibchen. Hier ergaben erste Einblicke in einen 10 Stunden-Datenausschnitt (Abb.32) deutliche Hinweise auf Nahrungsaufnahme im Pelagial zwischen etwa 130-160 m Wassertiefe. Die einzelnen Beutefangereignisse können erst ab einem spontanen Temperaturabfall um mindestens 0,2°C zugeordnet werden, da der Meßfehler des Temperatursensors bei 0,1°C liegt. Die markanten Ereignisse zwischen 18.30-19.00 Uhr und 22.15-22.30 Uhr (s. Pfeil) deuten auf intensive Nahrungszufuhr, zu erkennen am spontanen Temperaturabfall sowie am langsameren Verlauf des nachfolgenden Temperaturanstiegs. Der geringe Temperaturabfall um jeweils etwa 1°C läßt auf kleinere Nahrungsobjekte schließen, da bei größeren Beutetieren ein größerer Temperaturabfall zu erwarten ist. Eine weitere Analyse der Datensätze in Zusammenhang mit den Mageninhalten steht noch aus.

Narkose

Zur Befestigung von TDR und Reed-Kontakt sowie zur Eingabe des EATL war eine Narkotisierung der Robben erforderlich. Wie bereits vor zwei Jahren (Drescher II), wurde für die Dosierung zunächst das Mindestgewicht abgeschätzt, und nach der Wägung ggf. nachdosiert. Im einzelnen wurden folgende Dosierungen angewendet:

Ketamin	3,1 mg/kg
Xylazin	1,0 mg/kg
Diazepam	0,04 mg/kg
Yohimbin	0,5 mg/kg

Insgesamt wurden 25 Narkosen durchgeführt, davon 4 mit lethalem Ausgang. Besonders bei schwereren Tieren verlief die Narkose komplizierter, wobei häufiger eine Beeinträchtigung der Atemfunktion z. B. mit Atemstillstand über mehrere Minuten zu beobachten war. Dies galt für kritische Patienten auch bei Wiederholungsnarkosen. Die Einleitungszeit konnte bei Verwendung eines Fangsacks deutlich verringert werden, für schwerere Tiere traf dies nicht zu (Abb.33). Während der Narkose wurden für spätere Analysen Herzfrequenz, Atemfrequenz und Körpertemperatur aufgezeichnet.

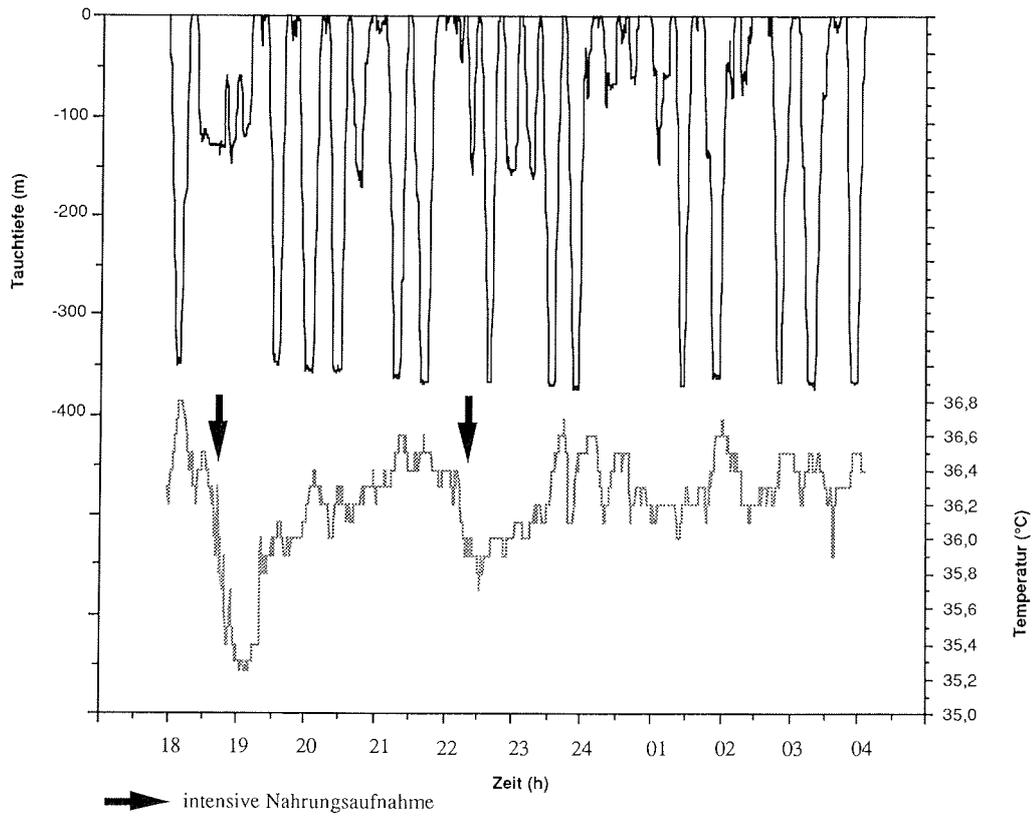


Abb. 32: Magentemperatur- und Tauchprofil einer Weddellrobbe (350 kg)
Fig. 32: Stomach temperature and diveprofile of a 350 kg Weddell Seal

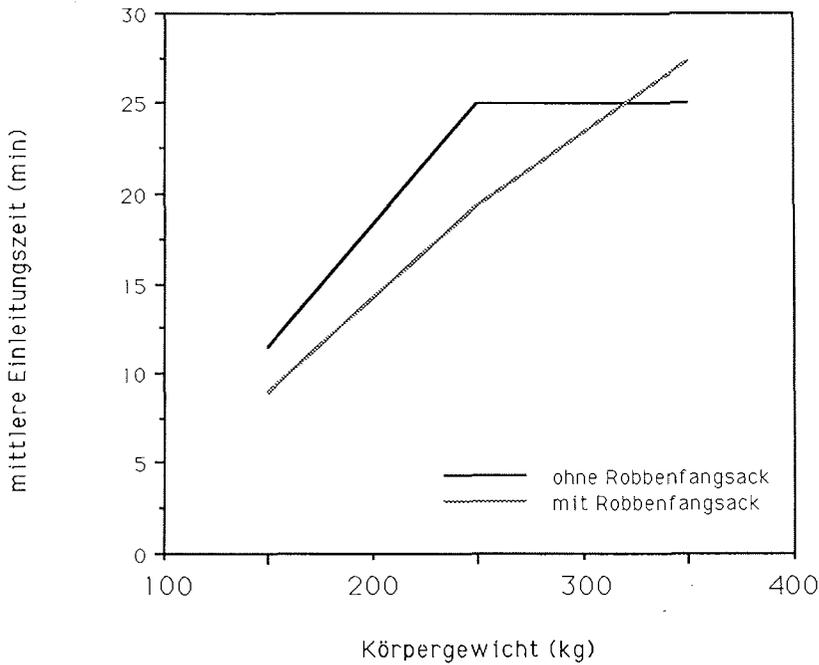


Abb. 33: Mittlere Narkoseeinleitungszeit von Weddellrobben in Abhängigkeit zum Körpergewicht

Fig. 33: Average time to narcotize Weddell seals vs body weight

2.3.1.3 Seevogelbeobachtungen

Während unseres Aufenthaltes im Drescher-Inlet gelangen einige interessante Feststellungen zum Vorkommen von Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea*). Die Brutgebiete dieser Seeschwalbenart befinden sich vor allem in subpolaren und polaren Regionen der nördlichen Hemisphäre. Ein Teil der Population verbringt seinen Winter im Südsommer in den Meeresgebieten um den antarktischen Kontinent, wobei das Weddellmeer als das Hauptüberwinterungsgebiet angesehen wird.

Von Beginn der letzten Februardekade an erschienen kleine Trupps im meereisfreien Bereich des Inlets. Am 25.2. hielten sich sogar ca. 300 Individuen dort auf, und am 27.2. konnten innerhalb von 2 Stunden 930 Küstenseeschwalben gezählt werden, die, in Gruppen von bis zu 50 Tieren von der offenen See her kommend, über uns hinweg ins Inlet flogen. Eine solche Konzentration von Vögeln dieser Art im Bereich der Schelfeiskante ist wohl bislang noch nicht registriert worden.

Der Küstenseeschwalbe wurde auch während der Seereise besondere Aufmerksamkeit geschenkt, ebenso wie dem Kerguelensturmvogel (*Pterodroma brevirostris*), über dessen pelagische Verbreitung noch relativ wenig bekannt ist.

2.4 Meteorologisch-Ozeanographische Untersuchungen mit driftenden Meereisbojen (M. Schmidt-Gröttrup, H. Fischer)

Das Meßprogramm der Meereisbojen soll Aufschluß über die Thermodynamik und die Meereisbewegung geben, sowie Untersuchungen der ozeanischen Deckschicht ermöglichen. Das Einsatzgebiet des südwestlichen Weddellmeeres ist für dieses Experiment von besonderem Interesse, da in dieser Region mehrjähriges Eis vorhanden ist, und außerdem Schub- und Scherspannungen im Meereis erwartet werden, die bei der Meereismodellierung berücksichtigt werden müssen. Weitere Schwerpunkte der Untersuchung sind die Windschubspannungen und Küsteneffekte der antarktischen Halbinsel in diesem Teil des Weddellmeeres.

Das Bojenfeld mit 7 Argos-Bojen wurde im südlichen Weddellmeer, nahe der antarktischen Halbinsel, auf dem Meereis ausgesetzt (Abb. 34). Im Gebiet von 76° - $74^{\circ}30'$ S und 61° bis 52° W ergab sich somit ein Feld von Bojen, in welchem die einzelnen Bojen bis zu 100 km voneinander getrennt waren. Die Bojen wurden zum Teil per Schiff oder per Helikopter ausgebracht. Zwei Bojen, die über eine größere Anzahl von Sensoren verfügen, wurden als zentrale Punkte positioniert. Diese zwei zentralen Bojen enthalten, neben einem Druck- und Temperatursensor, eine Ozeanthermistorkette von 250 m Länge und eine Eisthermistorkette. Außerdem kann die Schneeakkumulation mittels eines Schneehöhensensors bestimmt werden.

Erstmals war es, mittels der neu auf dem Schiff installierten HRPT-Anlage möglich, die Positionen und die Meßdaten der Bojen direkt auf der FS "Polarstern" zu empfangen. Die Druck- und Temperaturwerte konnten aktuell von der Bordwetterwarte zur Wettervorhersage ausgewertet werden.

Bis zum Ende dieses Fahrabschnittes sind zwei Ausfälle Nr. 1280 (20.02) und Nr. 9362 (03.03) zu verzeichnen. Die Gründe für die Ausfälle sind nicht bekannt. Da auch die Ozeanthermistorkette der Boje 9363 nicht zufriedenstellend arbeitet, wird eine genauere Untersuchung der ozeanischen Deckschicht nicht möglich sein.

Überraschend war die anfänglich starke nordwärtige Drift der Bojen. Die östlich ausgesetzten Bojen drifteten zu Beginn in Richtung der antarktischen Halbinsel, um sich dann, wie die restlichen Bojen, entlang der Küste zu bewegen (Abb. 35a+ b). Die Driftgeschwindigkeit nahm zum Ende des antarktischen Sommers merklich ab, so daß die Vermutung nahe liegt, daß die Bojen in das kompakte Meereis vor der antarktischen Halbinsel geraten sind und ihre Bewegung stark eingeschränkt wurde. Aus den Zeitserien der Temperaturmessungen (Abb. 36) läßt sich ersehen, daß ab Ende Februar die Lufttemperatur deutlich abnahm, und so eine starke Neueisbildung zu erwarten ist, die die Bewegung des Meereises stark hemmt. Weitere Untersuchungen der Windverhältnisse in dieser Region sind zur genauen Analyse der Eisbewegung notwendig.

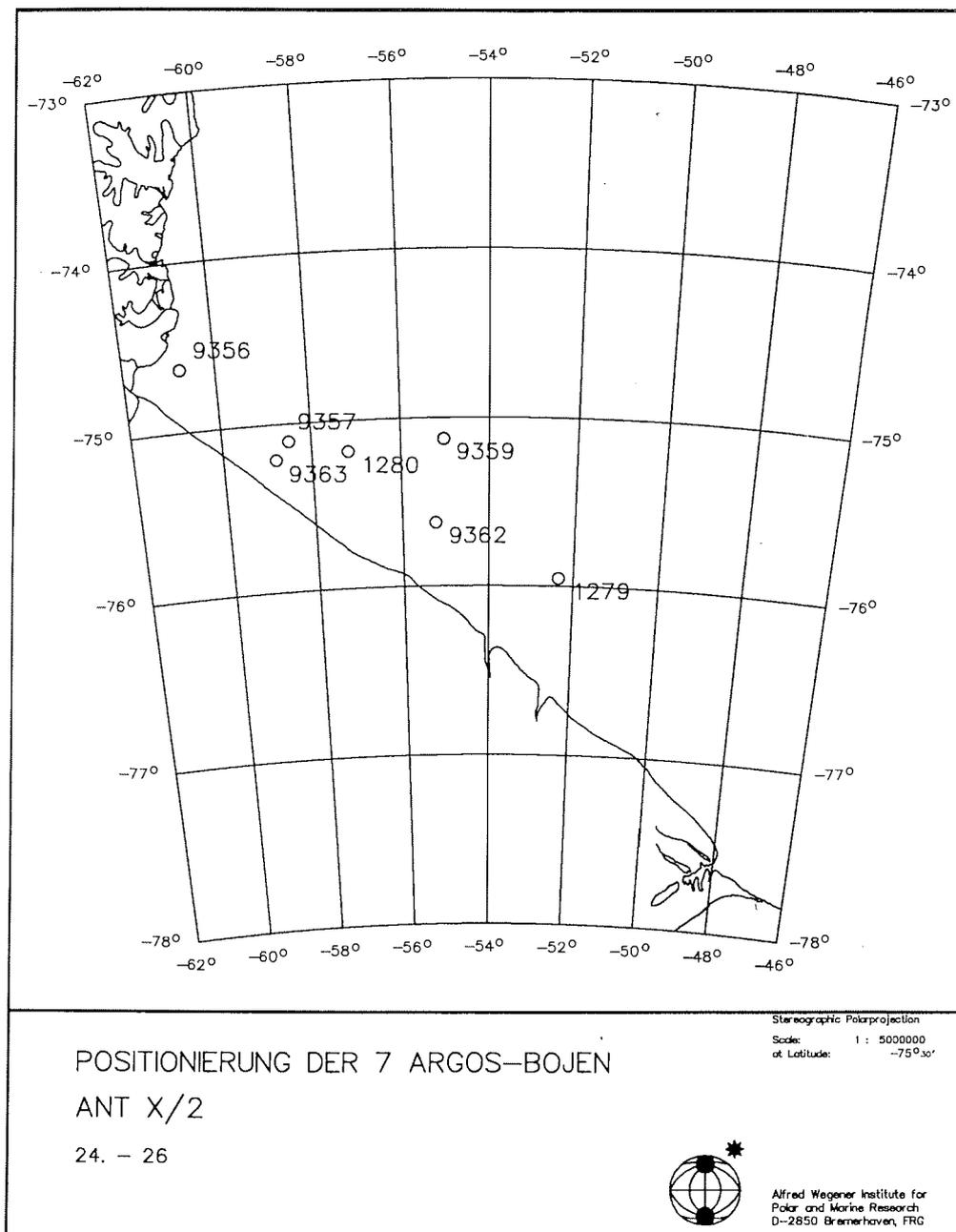


Abb. 34: Position der Aussetzpunkte der Meereisbojen im Zeitraum vom 24. - 26.01.92. Die Bojennummern 9362 und 9363 geben die zentralen Bojen wieder.

Fig. 34: Positions of deployment of sea ice buoys

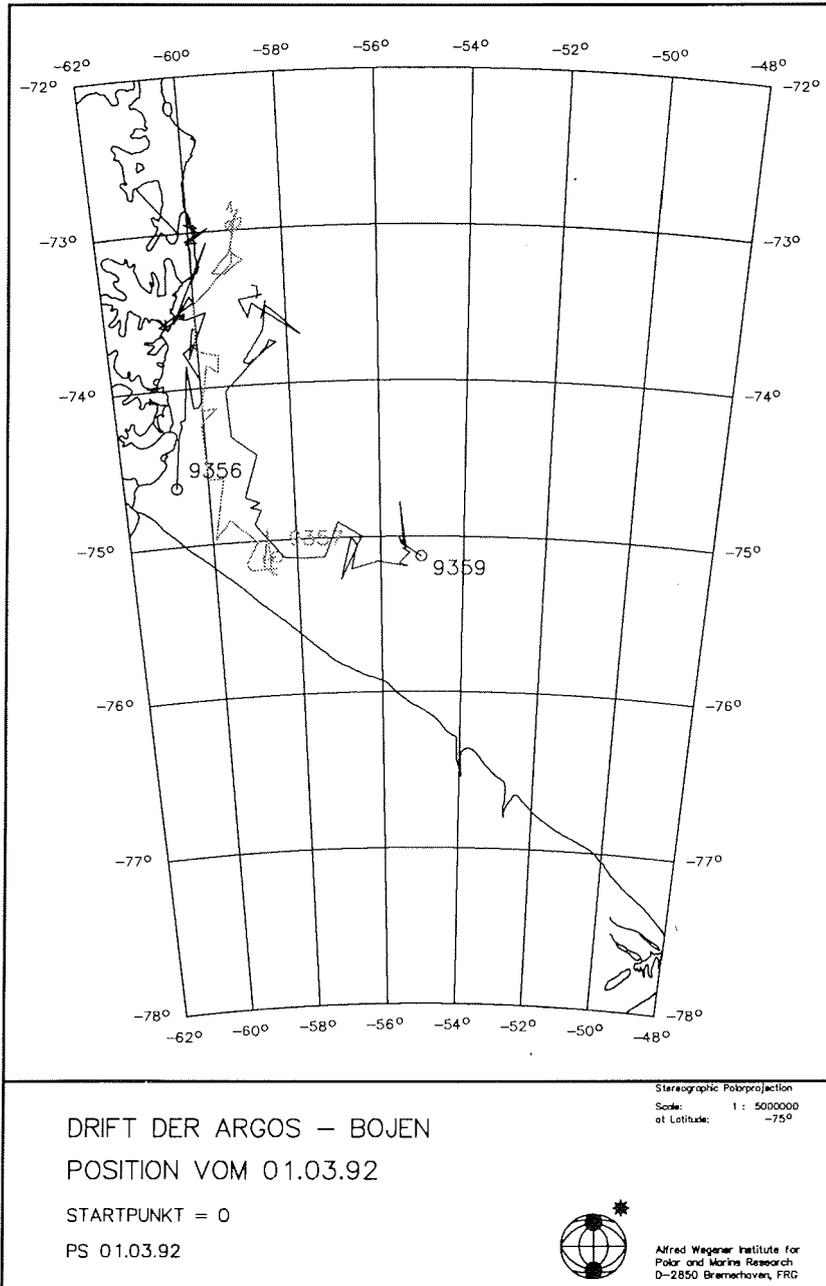


Abb. 35 a: Drift der Meereisbojen für den Zeitraum vom 28.01.92 bis zum 01.03.92.

Fig. 35 a: Drift track of sea ice buoys from 28.01.92 to 01.03.92

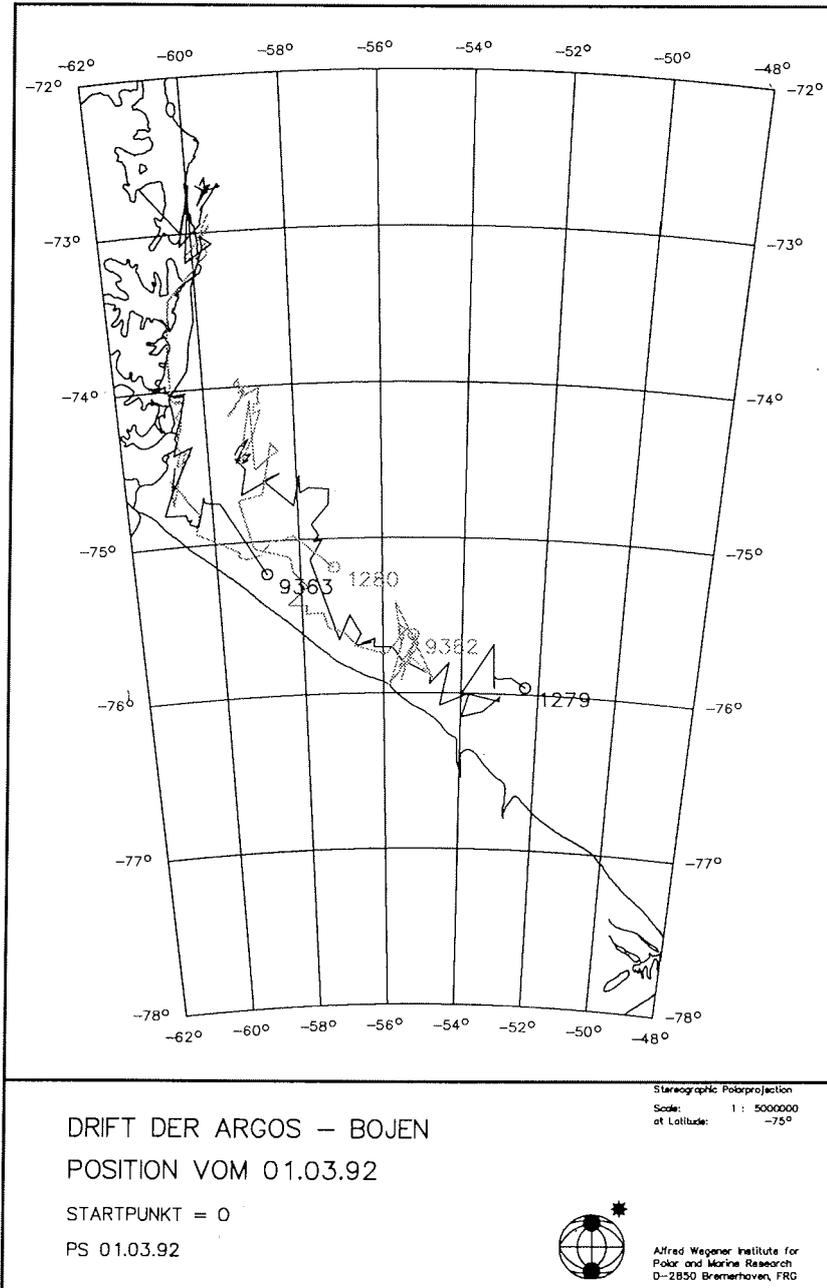


Abb. 35 b: Drift der Meereisbojen für den Zeitraum vom 28.01.92 bis zum 01.03.92.
Fig. 35 b: Drift track of sea ice buoys from 28.01.92 till 01.03.92

TEMPERATUR DER BOJEN 9357 u. 9359

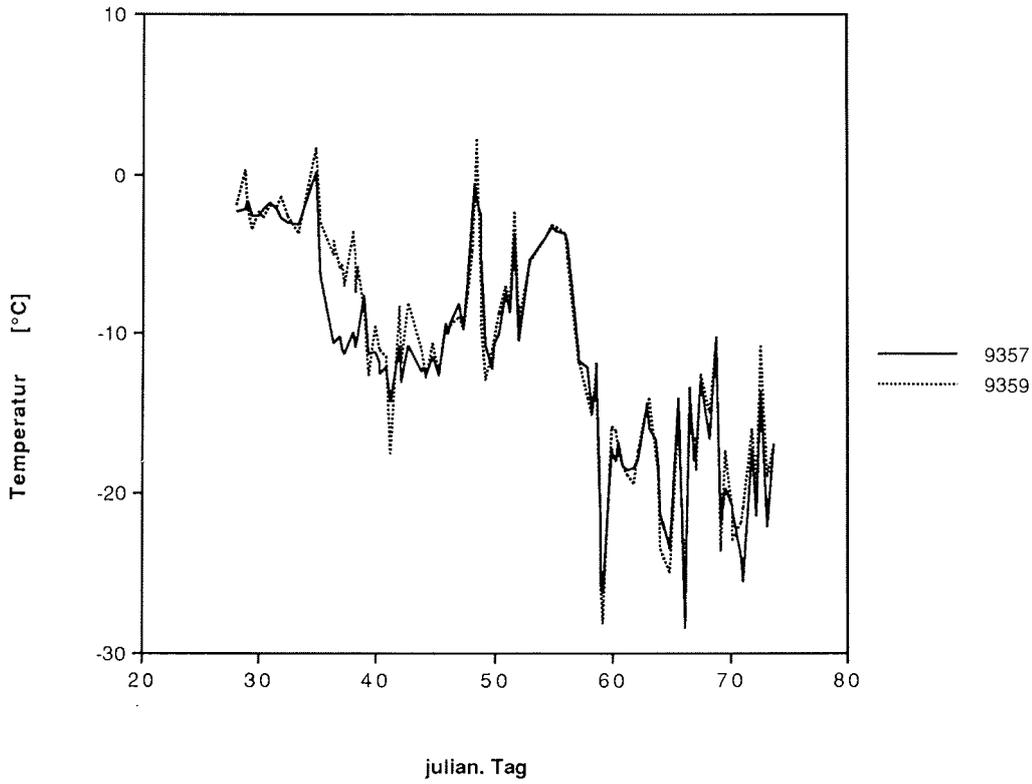


Abb. 36: Lufttemperatur der Bojen 9357 und 9359 für den Zeitraum vom 28.01 bis zum 13.03.92
Fig. 36: Air temperature records from buoys 9357 and 9359 between 28.01. and 13.03.1992

2.5 Fernerkundung AVHRR-Aufnahmen (M. Schmidt-Gröttrup, H. Fischer)

Schwerpunkt des Fernerkundungsprogramms war die Inbetriebnahme der HRPT (High Resolution Picture Transmission) - Empfangsanlage zur Aufnahme der AVHRR-Überläufe der NOAA-Satelliten. Die Anlage wurde für einen operationellen Aufnahmebetrieb eingerichtet. Es konnte dabei nach anfänglichen Hardware-Problemen, die in Zusammenarbeit mit den Bordelektronikern gelöst wurden, ein Datensatz von circa 250 Überläufen aufgezeichnet werden. Diese konzentrieren sich auf das Gebiet des Weddell-Wirbels und überdecken den Zeitraum zwischen 18.1. und 18.3.92, in der Regel wurden am frühen Vormittag und am Abend je 1 bis 3 Überläufe aufgezeichnet. Ein Überlauf kann günstigenfalls das gesamte Gebiet des Weddellmeeres überdecken. Mit einer Empfangsposition von 70°S 0°E kann in der Regel noch die gesamte Halbinsel überdeckt werden. Da die Antenne auf dem Peildeck steht, treten Störungen des Empfangs vor allem durch Abschattungen von Schiffsmast und Krähenneist auf und betreffen daher meist die rückwärts zum Schiff gewandten Gebiete.

Das Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) hat 5 (teils 4) Spektralkanäle, 2 sichtbare bzw. nahe dem sichtbaren mit 0.58-0.68 μm und 0.72-1.10 μm sowie 3 infrarote bei 3.55-3.93 μm , 10.3-11.3 μm und 11.5-12.5 μm . Damit ist in keinem Kanal eine dichte Wolkendecke für darunter befindliches Meereis transparent. Allerdings sind in den sichtbaren Kanälen dünne Wolkendecken für den scharfen Kontrast zwischen hellem Eis und dunklem Wasser transparent; in den IR-Kanälen maskieren sie aber das Signal der Strahlungstemperatur mit ihrer eigenen Strahlung.

Charakterisierung der Eissituation: In der Westantarktis findet sich im Laufe der 2 Monate ein zunehmend dichtes Eisfeld, das immer wieder aufgebrochene Rinnen zeigt. Zwischen 76° und 77° S und 39° und 46° W finden sich die zwei großen Eisinseln A22 und A23, die 1986 vom Filchner-Schelfeis abgebrochen sind. Südöstlich von diesen staut sich ein kompaktes Eisfeld auf, das zum Filchner-Schelfeis nur eine sehr schmale Polynya offen läßt, die je nach Windrichtung an verschiedenen Teilen der Schelfküste auch geschlossen ist. Im Eisfeld finden sich große aufgebrochene Rinnen, die wesentlich in nordwestlich-südöstlicher Richtung orientiert sind. Westlich findet sich eine zunächst sehr breite Küstenpolynya, in die aus dem Eisfeld südlich der Eisinseln nur einzelne Schollen hineintreiben. Im Laufe des Februar verengt sich die Polynya und es bildet sich zugleich ein Neueisband vor dem Ronne-Schelfeis (Abb. 37). Im Küstenbereich von Kap Norvegia bis etwa 10° Ost findet sich ein schmales Eisband, das keine einzelnen Schollen erkennen läßt. In den Bereich südlich von Kap Norvegia und westlich der Halbinsel vor Halley, der zunächst völlig eisfrei ist und eine klare Grenze zum Eisfeld östlich der Eisinseln ausbildet, drifftet es aus diesem Eisband ab Mitte Februar verstärkt hinein.

Die beiden Eisinseln wurden aufgrund eines Bildes von Mitte Februar vermessen. Sie haben eine Größe von 4040 km^2 bzw. 3780 km^2 . Während der zwei Monate haben sie ihre Lage verändert und zwar in südwestlicher Richtung sowie mit einer deutlichen Linksdrehung (Abb. 38). Die dritte Eisinsel A24, die mit dem Weddellwirbel ca 3000 km nach Norden gedriftet ist, konnte unter dichten Wolkenfeldern bisher nicht geortet werden.

Die aufgenommenen AVHRR-Bilder sind eine wichtige Referenz zu den ERS-1 SAR Überläufen, die zwischen 21.1. und 15.3. auf der Station O'Higgins empfangen worden sind. Zur schnellen Auswertung der für einen Vergleich brauchbaren Datensätze wurde für jeden AVHRR-Datenüberlauf ein Übersichtsfile erstellt, das mit Hilfe eines Transparents einen schnellen Abgleich mit den ERS-1 SAR-Spuren erlaubt (Abb. 39). (Ebenso wurde zusätzlich ein Wolkenkoeffizient ausgegeben, der eine einfache visuelle Interpretation besitzt.) Somit sind mit dem gesamten Datensatz, der etwa 11 Gigabyte umfasst, auch Mittel erstellt worden, um einen schnellen Überblick zu gewinnen.

Mit der Einrichtung der HRPT-Anlage an Bord von "Polarstern" steht für die Navigation ein wichtiges Hilfsmittel zur Verfügung. Mehrmals konnten Fahrtrouten anhand der mit den Satellitenbildern gewonnen Übersichten so gewählt werden, daß eine lange Eisfahrt vermieden werden konnte. Die Anlage wurde so eingerichtet und mit einem Manual versehen, daß die an Bord befindlichen Elektroniker dem kommenden Fahrtabschnitt, auf dem die Fernerkundung nicht beteiligt ist, Bilder für diesen Zweck aufzeichnen können.

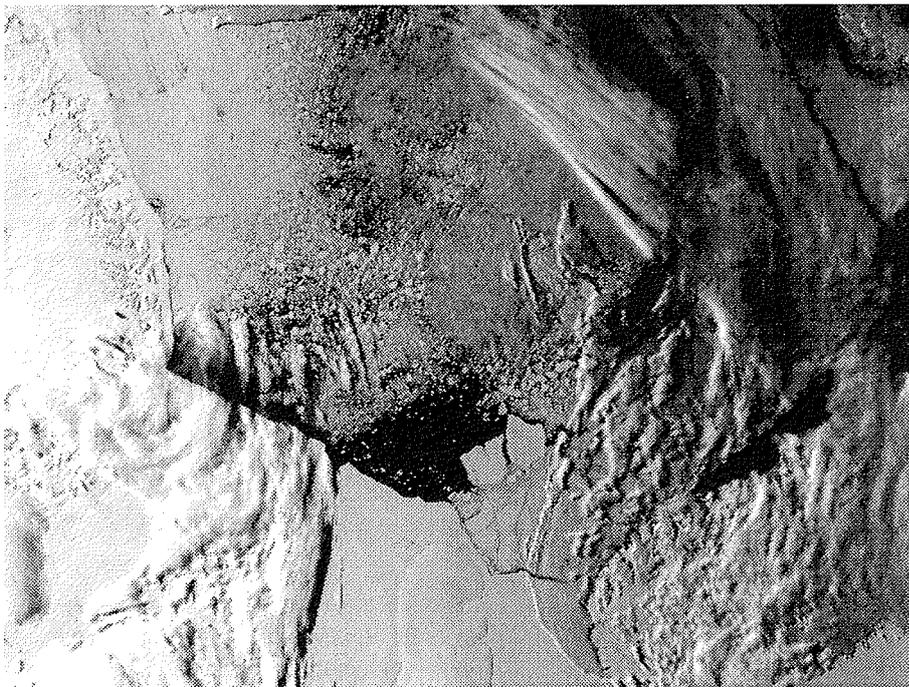


Abb. 37: Ausschnitt einer Satellitenaufnahme des südlichen Weddellmeeres vom 16.2.92 um 19:31 Uhr. Zu sehen ist Kanal 1 von NOAA-11 mit Korrektur des Sonnenzenithwinkels. Das Zentrum des Bildes ist 75° S 45° W, die Größe ist 1100 mal 1440 km.

Fig. 37: Channel 1 of NOAA-11 corrected for sun zenith on 16.02.92 at 19:31 hours

Eisinseln am 12.3. mit Lage vom 16.2.92

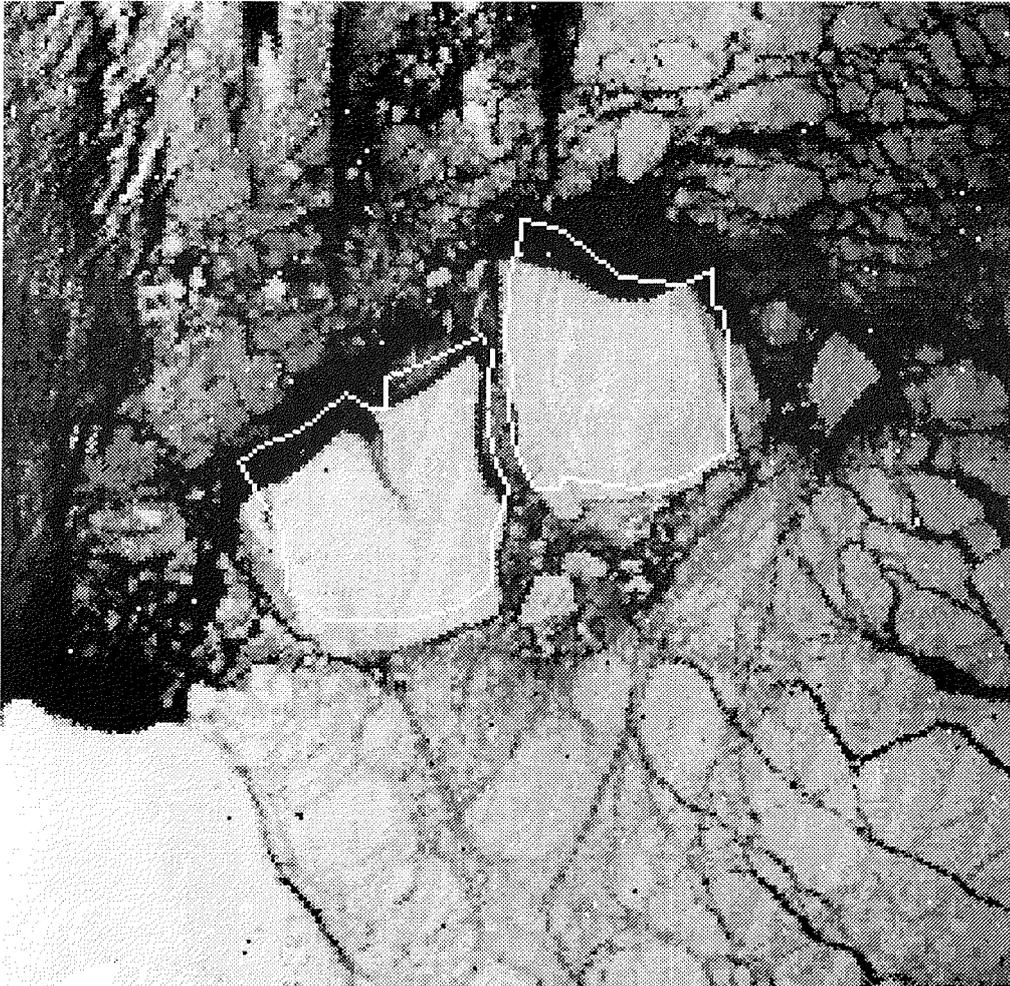


Abb. 38: Die Eisinseln A22 und A23 vom 12.3.92 um 19:33 Uhr. Überlagert ist die Lage der Inseln vom 16.2.92.

Fig. 38: Ice islands A22 and A23 on 12.03.92 at 19:33 hours. Overlain is position from 16.02.92

n11.92028.1950

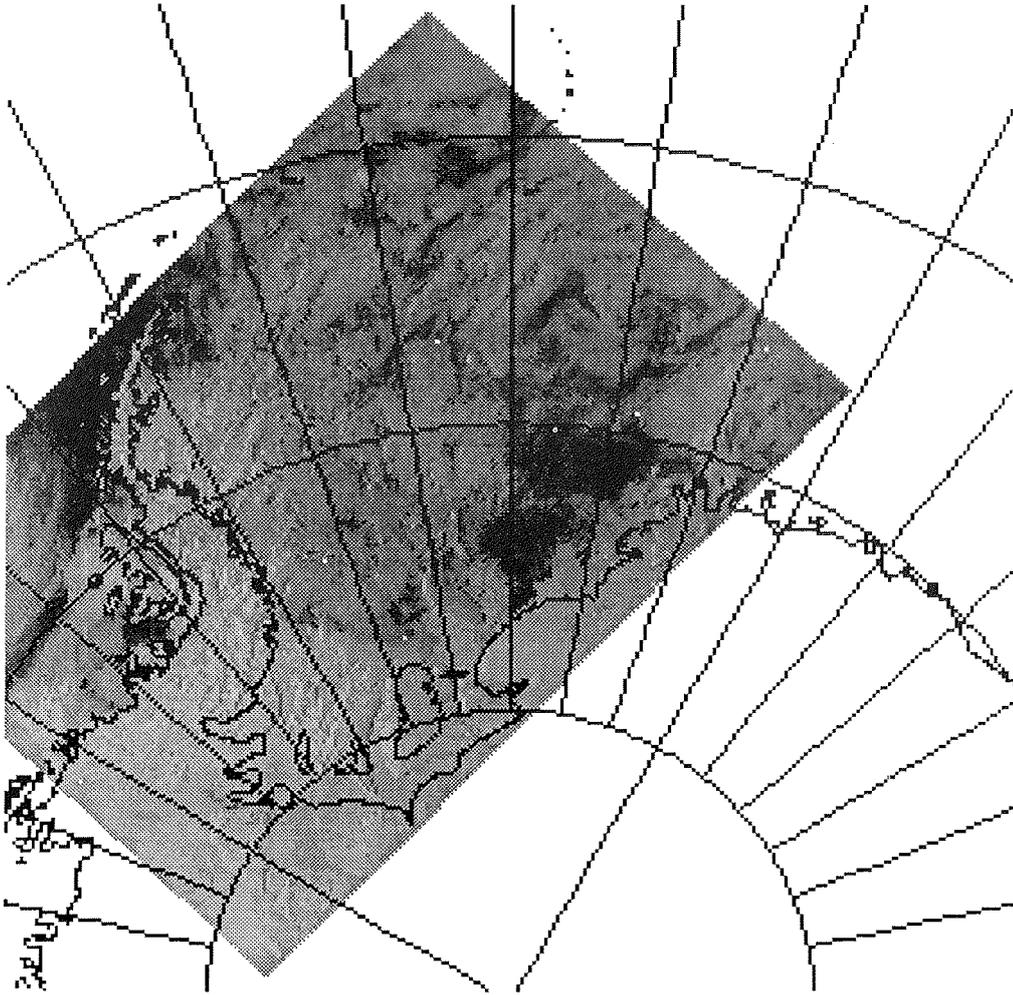
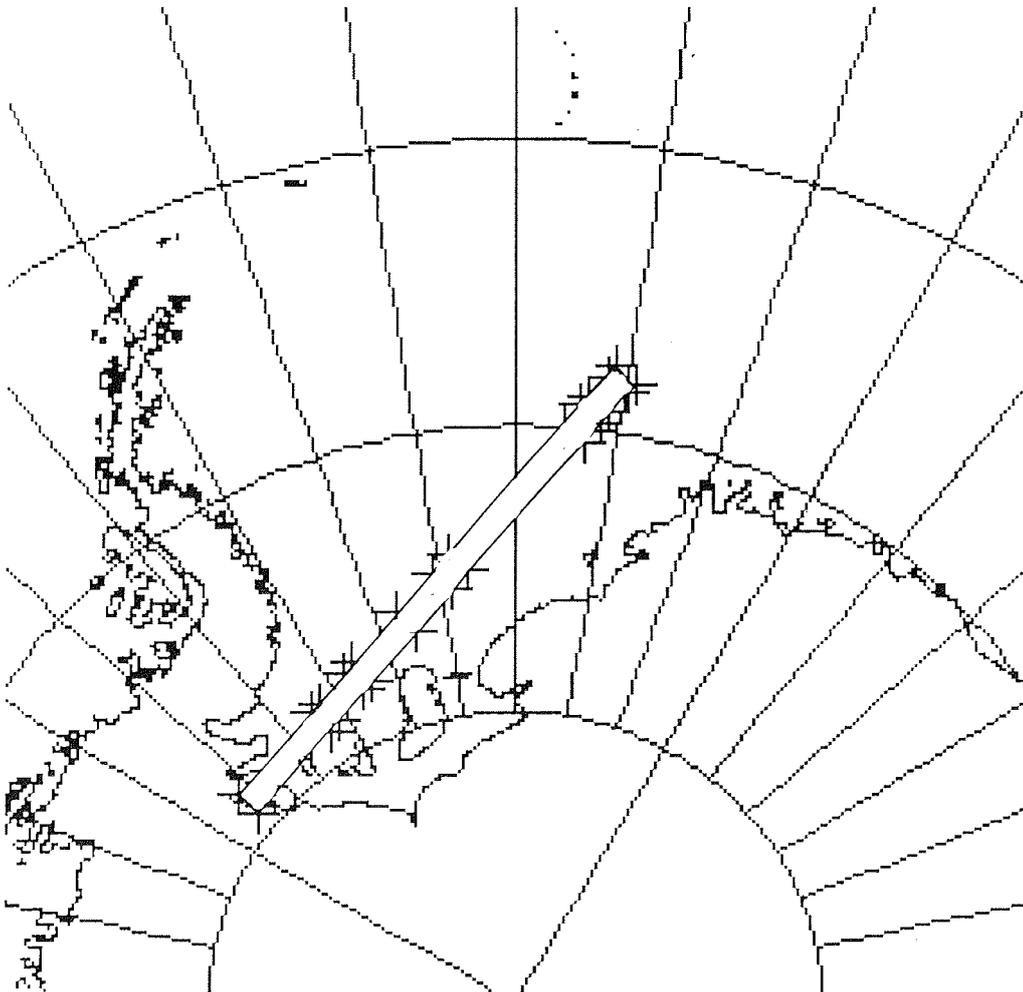


Abb. 39a: Übersichtsfile für Aufnahme von NOAA-11 am 28.1.92 um 19:50 Uhr
Fig. 39a: Example of a NOAA-11 total file

ERS1-Track-16



Track-16 Zeit:	Länge der n.Ecke				
09:53:26-09:58:25		49 / 53:26-56:57	-22.0	-57.3	
		52 / 54:00-57:28	-25.6	-63.2	
		55 / 53:26-56:57	-21.4	-55.5	
		58 / 53:26-56:57	-21.4	-55.5	
22 / 53:26-56:55	-23.4 -57.3	61 / 53:51-57:22	-24.1	-63.2	
25 / 53:26-56:55	-23.4 -57.3	64 / 53:26-56:57	-21.4	-55.5	
28 / 55:27-56:55	-38.6 -57.3	67 / 53:26-56:57	-21.4	-55.5	
37 / 55:37-57:28	-41.2 -65.3	70 / 53:26-56:57	-21.4	-55.5	
40 / 56:30-58:25	-47.0 -82.8	73 / 54:01-56:55	-25.6	-55.5	
46 / 53:26-55:27	-22.0 -38.6				

Abb. 39b: ERS-1 Spur des Orbits Nr. 16. Die mit Kreuzen gekennzeichneten Punkte markieren verschiedene An- und Ausschaltzeiten während der insgesamt 15 aufgenommenen Überläufe.

Fig. 39b: ERS-1 track, orbit 16. Crosses mark aquired images.

2.6 Meereiserkundung durch LineScan-Kamera Aufnahmen (M. Schmidt-Gröttrup, H. Fischer)

Der Vergleich verschiedener Sensoren ist ein wichtiges Mittel, um die Schätzungen von Maßzahlen für die Eisbedeckung auf eine zuverlässige Grundlage zu stellen. Insbesondere für die SAR-Bilder des ERS-1 wird es wesentlich sein, höherauflösende Bilder zur Interpretation der stark strukturabhängigen Mikrowellendaten zum Vergleich heranzuziehen. Die mit der helikoptergetragenen Zeilenrasterkamera (LineScan-Kamera) aufgenommenen Meereisszenen, dienen vor allem diesem Zweck.

Die Kamera nimmt im sichtbaren Spektralbereich pro Zeile 1024 Bildpunkte digital auf. Die Auflösung ist von Flughöhe, Abtastrate und Fluggeschwindigkeit abhängig. Sie lag zwischen 0.3-1.0 m in Azimuth-Richtung und zwischen 1.0-3.0 m in Richtung der Flugspur. Die Auflösung des ERS-1 SAR von 30 m wird damit deutlich unterschritten. Andererseits ergeben die langen Flugtracks genügend Vergleichspunkte.

Während dieses Fahrtabschnittes wurden insgesamt 7 Messungen durchgeführt, die sich über das Gebiet vor dem Ronne-Filchner-Schelfeis bis zur Georg von Neumayer Station (GvN) verteilten (Tab. 13). Je nach Wetter- und Wolkenbedingungen wurden die Flughöhen zwischen 1200 und 3000 ft gewählt. Die Meßflüge wurden so gelegt, daß sie räumlich innerhalb der SAR-Spur der ERS-1-Überflüge lagen und zeitlich einen möglichst geringen Unterschied zur ERS-1-Aufnahme aufwiesen. Bei vier Flügen war es weitgehend wolkenfrei, so daß mit entsprechender Flughöhe ein Vergleich mit dem AVHRR möglich ist.

Tab. 13: Übersicht über die LineScan-Kamera Messungen

Datum	Zeit(UTC)	Breite	Länge	Höhe [ft]	AVHRR,	ERS-1 Referenz
28.01.92	17:40	74°35'S	34°30'W	3000	18:10	keine
03.02.92	12:45	72°35'S	20°00'W	3000	15:18	keine
07.02.92	17:00	70°20'S	07°25'W	3000	17:55	08.02. 08:47
26.02.92	09:15	76°45'S	50°24'W	1500	Wolken	26.02. 05:13
26.02.92	16:50	76°27'S	48°32'W	1200	Wolken	26.02. 05:13
27.02.92	18:50	75°05'S	41°20'W	2000	Wolken	27.02. 09:26
01.03.92	16:10	72°37'S	21°46'W	3000	16:44	02.03. 09:19

Erstmals wurde ein GPS-System zur Navigation im Helikopter eingesetzt. So war es möglich unabhängig vom Schiff die Flugroute festzulegen und keinerlei Schiffszeit zu beanspruchen. Ein typischer Meßflug (Abb. 40) bestand aus zwei ineinander geschachtelten Quadraten, bei denen die Kantenlänge des äußeren Bereiches 10 sm und des inneren Quadrates 5 sm betrug. Die Eckpunkte der Flugroute sind mittels GPS vorprogrammierbar, so daß die einzeln vorgegebenen Flugstrecken bei den vorherrschenden Windverhältnissen sehr gut eingehalten werden konnten. Kurz vor Erreichen der Eckpunkte wurde auf die nächste Flugstrecke eingekurvt und mit Hilfe von GPS die Distanzen zum Eckpunkt schriftlich festgehalten. Auf diese Weise ist es möglich die Navigation der aufgenommen Bilddaten erheblich zu verbessern.

Jahreszeitlich bedingt waren die Eisverhältnisse stark von offenem Wasser und Resten von Eisschollen bestimmt. Die Eisschollen waren von sehr unterschiedlicher Größe und an den Rändern durch gegenseitige Stöße stark verändert (Abb. 41). Bei späteren Flügen dieses Fahrtabschnittes konnte starke Neueisbildung beobachtet werden, die vom Grauwert her im Bereich des offenen Wassers lag.

Bedingt durch die verschiedenen Wetter- und Eisverhältnisse fiel die Analyse der Helligkeitswerte unterschiedlich aus. Nach geometrischer Korrektur ergaben sich Histogramme, wie sie als Beispiel in Abb. 42 zu sehen sind. Maximal konnten bei allen Flügen 3 Klassen von Helligkeitsbereichen festgelegt werden. In dem Beispiel von Abb. 42 läßt sich so der Anteil des offenen Wassers mit 10 bis 20 % bestimmen.

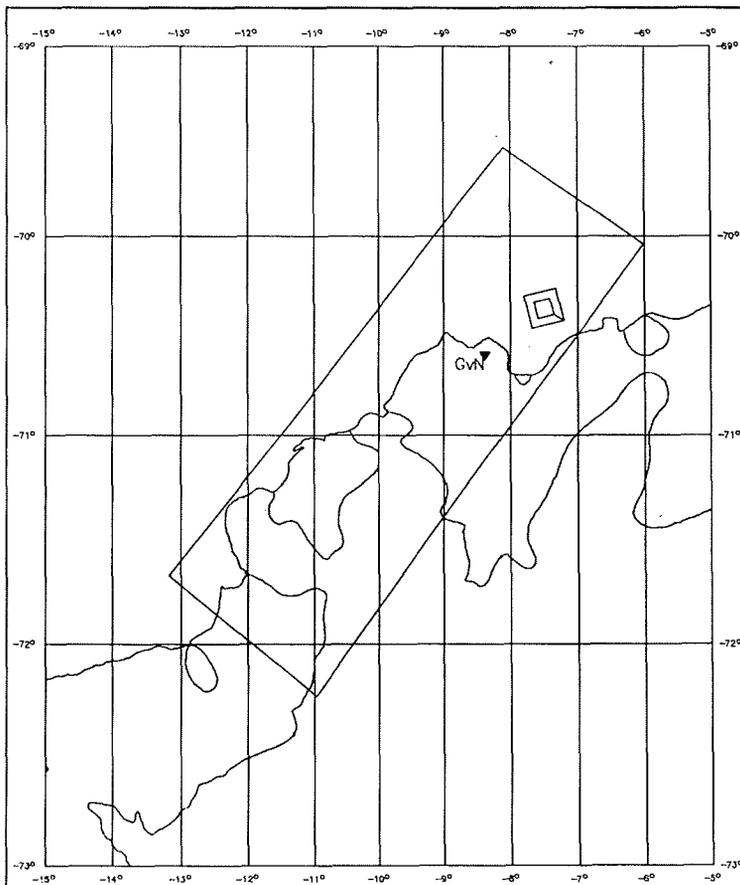


Abb. 40: Beispiel eines typischen LineScan Meßfluges vom 07.02.92 um 17⁰⁰ Uhr in der Nähe von GvN. Der ERS1-Überflug fand am nächsten Tag um 8⁴⁷ Uhr statt.

Fig. 40: Example of a linescan camera flight within an ERS-1 scene.



Abb. 41: Ausschnitt einer LineScan Aufnahme vom 07.02.92 mit Teilen eines Eisberges, verschiedenen Eisschollen und offenem Wasser.

Fig. 41: Linescan camera scene observed on 07.02.92 showing parts of an iceberg, various floes and open water

07.02.92 10 sm Track

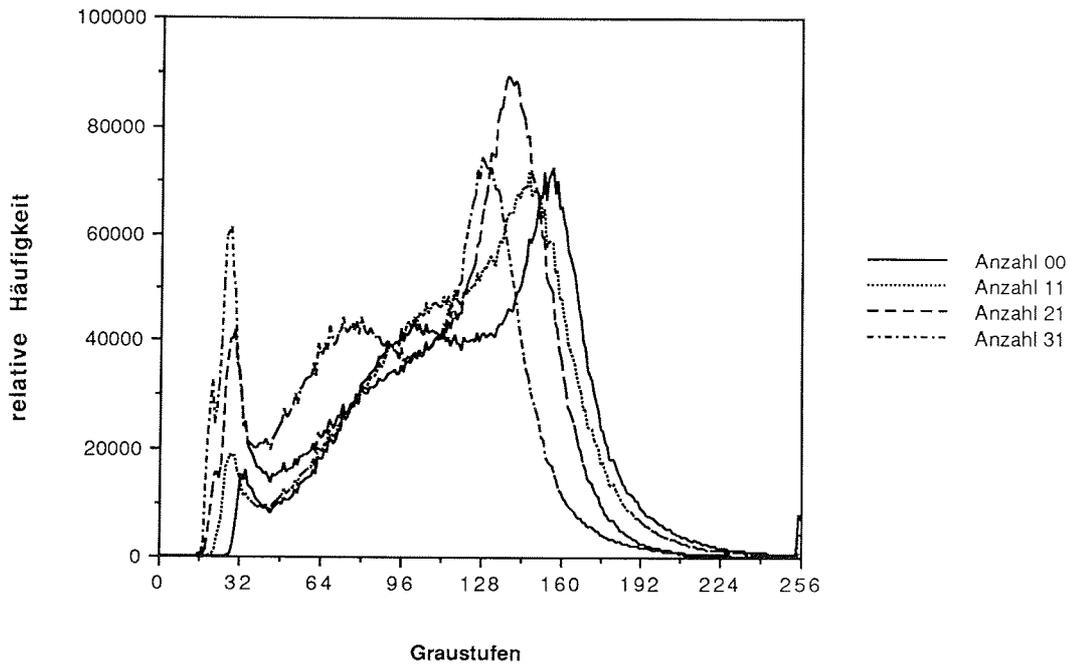


Abb. 42: Histogramme der Grauwerte für die 10 sm Flugstrecken am 27.02.92.
Fig. 42: Grayscale histogram for the flight shown in Fig. 41.

2.7 Umbau der meteorologischen und luftchemischen Observatorien der Neumayer Station (S. El Naggar, G. König-Langlo)

Einführung

Seit 1982 befindet sich auf der GvN ein meteorologisches und ein luftchemisches Observatorium.

In den vergangenen 10 Jahren wurde das meteorologische Observatorium kontinuierlich als Klima-, Energiebilanz- und Aerologiestation betrieben. Mit dem Bau der Neumayer Station ergab sich die Möglichkeit, die inzwischen veralteten Geräte auszutauschen, ein zeitgemäßes Datenerfassungssystem zu installieren, die Strahlungsmessungen den Standards des "Global Baseline Surface Radiation Networks" (s.u.) anzupassen sowie die technischen Voraussetzungen zur Gewinnung vertikaler Ozonprofile zu schaffen.

2.7.1 Aufgaben des neuen meteorologischen Observatoriums

Die Aufgaben des neuen meteorologischen Observatoriums gliedern sich im wesentlichen in fünf Programmpunkte:

1) Synoptische Beobachtungen

Alle drei Stunden werden Wetterbeobachtungen (Obse) durchgeführt, entsprechend des internationalen Wetterschlüssels FM12 codiert und aktuell mittels einer "Data Collecting Plattform" (DCP) über Satellit nach Darmstadt ins "Global Telecommunication System" (GTS) eingespeist. Eine weitgehende Automatisierung gewährleistet diesen Datentransfer auch für die Nachtbeobachtungen um 3 und 6 UTC. Die Obse werden zusätzlich innerhalb der Antarktis per Kurzwelle verbreitet. Ein Wetterkarten- und Satellitenbildempfänger stehen zur Interpretation der synoptischen Rahmenbedingungen und für die lokale Wettervorhersage zur Verfügung.

2) Aerologie

Mittels Radiosonden werden täglich einmal die Vertikalprofile der Lufttemperatur und -feuchtigkeit sowie Windgeschwindigkeit und -richtung bis ca. 25 km Höhe erfaßt. Auch diese Daten (Temps) werden entsprechend des internationalen Wetterschlüssels FM35 codiert und aktuell über die DCP ins GTS abgesetzt. Spezielle Sonden sollen ab März 92 zusätzlich ca. wöchentlich ein vertikales Ozonprofil liefern.

3) Energiebilanzmessungen

Die bisherigen Energiebilanzmessungen werden mit verbesserten Strahlungsgebern und reduzierten Profilmessungen fortgeführt.

4) Grenzschichtmessungen

Routinemäßig werden die Lufttemperaturen sowie die Windgeschwindigkeiten und -richtungen in den Höhen von 2 und 10 m erfaßt. Die zum Teil sehr intensiven Grenzschichtuntersuchungen der letzten Jahre werden routinemäßig nicht weiter verfolgt.

5) Strahlungsmessungen

Zur Zeit wird im Rahmen des Welt Klima Programms versucht, ein "Global Baseline Surface Radiation Network" aufzubauen. Dieses Netz aus ca. 20 Stationen, dem die Neumayer Station angeschlossen ist, verfolgt im wesentlichen 2 Ziele: Es soll für Fernerkundungsverfahren Bodenvergleichsmessungen liefern sowie in der Lage sein, langfristige Änderungen im Strahlungshaushalt erfassen zu können. Um den Anforderungen dieses Meßnetzes gerecht zu werden, wurden die bisherigen Strahlungsbilanzmesser durch Pyranometer und Pyrgeometer ersetzt und diverse zusätzliche Strahlungsinstrumente installiert (siehe Tabelle 14 und Abbildung 43). Verfälschung der Strahlungsmessungen durch Reifansatz an den Gebern werden durch Ventilieren mit leicht vorbeheizter Luft minimiert.

2.7.2 Technische Ausstattung des meteorologischen Observatoriums

1) Aerologie

Die bisher installierte MicroCora, mit deren Hilfe keine Ozonprofile meßbar sind, ist durch eine DigiCora MW11 ersetzt worden. Die MikroCora steht jedoch weiterhin als Reserve für normale Radiosondenaufstiege einsatzbereit zur Verfügung. Zwei an die DigiCora angeschlossene MS-Dos Rechner dienen der Berechnung und Registrierung der Ozonprofile sowie der Ballontrajektorien. Für die einfachen Aufstiege werden Radiosonden vom Typ RS80NS der Firma VAISALA eingesetzt. Für die Ozonaufstiege wird der Sondentyp RS80NE zusammen mit einem Ozonsounder der Firma EMC verwendet. Für die vorherrschenden Ostwinde steht eine Ballonfüllhalle mit einem 3 m breiten und 4 m hohen Segmenttor zur Verfügung. Für die seltenen Westwindlagen dient ein normaler 10 Fuß Container.

2) Datenerfassungssystem

Die in der Tabelle 14 aufgelisteten Geber werden alle zentral auf einem COMPAC 286 Rechner, der mit 2 DAS-20 16 Kanal A/D-Wandlern und einer 4-fach seriellen Schnittstellenkarte bestückt ist, registriert. Das in ASYST geschriebene Datenerfassungsprogramm

- mißt alle 21 Kanäle minütlich,
- wandelt die Meßdaten in physikalische Einheiten,
- führt "on-line-Validierungen" durch,
- errechnet die strahlungsrelevanten astronomischen Kenngrößen wie z.B. Sonnenhöhe, extraterrestrische Einstrahlung etc.,
- gibt die Meßdaten der letzten beiden Minuten als Ziffern am Bildschirm aus,
- stellt gewünschte Meßdaten zusätzlich graphisch in ihrem zeitlichen Verlauf dar,
- erstellt Obsvorschlüge, die - wenn sie nicht handeditiert durch visuelle Beobachtungen ergänzt werden - automatisch an die DCP weitergeleitet werden,
- verdichtet die Meßdaten zu 5-Minutenmittel und
- speichert diese zusammen mit der Meßzeit in einem ASCII-File pro Tag ab.

Ein vergleichbarer Rechner steht als Ersatz- und Entwicklungsmaschine zur Verfügung.

3) SUN-Workstation

An der Neumayer Station befindet sich ein leistungsstarkes Netz aus 4 SUN-Rechnern inklusive Peripherie, bestehend aus Massenspeichern (Floppies, Platten, Magneto-optical Disks, Streamer, Exabyteaufwerk), Laserdrucker sowie Modem zum AWI in Bremerhaven. Über eine eigene SPARC-Station (SUN 4/50) mit einem MS-DOS kompatiblen 3,5 Zoll Laufwerk hat das meteorologische Observatorium Zugang zu diesem Netz. Zur Zeit soll es vornehmlich zur visuellen Kontrolle, Validierung, Postprocessing und Archivierung der Meßdaten verwendet werden.

4) Wetterkartenfaxgerät

Das RAYFAX 1500 dient zum Empfang der lokalen Bodenanalyse sowie der überregionalen Wetterkarten.

5) Satellitenbildempfangsanlage

Die APT-Satellitenbildempfangsanlage dient zur Aufnahme der regionalen visuellen sowie infraroten Bilddaten der NOAA- und METEOR-Satelliten. Aufgrund der wenigen Wetterbeobachtungen in der Antarktis und der damit einhergehenden oft unbefriedigenden Qualität der Wetterkarten stellen die Satellitenbilder oft die wichtigste Informationsquelle für Wettervorhersagen dar.

6) Data Collecting Plattform

Die DCP der Firma DORNIER (Typ 126-300000.00.0) ist sowohl mit der DigiCora als auch mit dem Erfassungsrechner seriell verbunden. Da die DCP nur eine Datenschnittstelle hat, wurde zu diesem Zweck ein spezielles Interface gebaut, das die Daten der Obse und Temps übernimmt sowie eine manuelle Eingabe über ein Terminal ermöglicht.

7) Chemie Labor

Im Chemielabor in der Weströhre der Station können die Ozonsonden konditioniert werden. Zusätzlich befindet sich dort ein an einen MS-DOS-Rechner gekoppelter HP85-Rechner, mit dessen Hilfe die HP85-Daten von der Spurenstoffschachtel konvertiert werden können.

2.7.3 Durchführung des Umbaus des meteorologischen Observatoriums

Am 15.1.92 erreichte die "Polarstern" die Atkabucht. Bereits anfang Februar war der neue Meteorologiemast sowie das Strahlungsmeßfeld 100 m südöstlich der Baustelle der Neumayer-Station fertig installiert. Die Innenausbauten des meteorologischen Observatoriums konnten aufgrund der Verzögerungen auf der Baustelle erst einen Monat später beginnen. Der erste Probebetrieb verzögerte sich bis zum 10.3., da erst zu diesem Zeitpunkt der östliche Treppenturm, durch den alle Versorgungs- Meß- und Antennenkabel der Meteorologie verlaufen, fertiggestellt wurde.

Auch in der akuten Umbauphase vom 11.3. - 12.3. konnte der Obs- und Tempbetrieb aufrecht erhalten werden, jedoch entfiel in dieser Zeit das Absetzen der Daten über die DCP und Kurzwelle.

An 13.3. wurde der Routinebetrieb auf Neumayer aufgenommen und gleichzeitig die verbliebenen Teile des alten Observatoriums demontiert und rückreisefertig verstaut.

Test- und Vergleichsmessungen vom 14.3. ergaben, daß das gesamte Meßsystem - von wenigen lokalisierten und von den Überwinterern behebbaren Fehlern abgesehen - korrekt funktionierte.

Der für den 15.3. geplante erste Ozonsondenaufstieg fiel leider einem schweren Schneesturm zum Opfer, der bis zum Auslaufen der "Polarstern" am 16.3. alle Außenaktivitäten vereitelte.

2.7.4 Durchführung des Umbaus des luftchemischen Observatoriums

Das neue luftchemische Observatorium liegt 1500 m südlich der Neumayer Station und 800 m südlich der geophysikalischen Außenlabore. Es wird von einer auf 20 KW ausgelegten Stromversorgung gespeist. Damit ist sichergestellt, daß der Pumpenbetrieb des Observatoriums auch im Winter selbst bei zusätzlichen Verbrauchern garantiert ist.

Außerdem wurde in der Spurenstoffschachtel eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (2 KW USV) eingebaut, um empfindliche Geräte vor Spannungsschwankungen und kurzzeitigen Stromunterbrechungen zu schützen.

Die Umbauten wurden Anfang März durchgeführt. Dabei ließ sich nicht vermeiden, daß die Spurenstoffschachtel einige Tage ohne Stromversorgung verblieb und dabei stark auskühlte.

2.7.5 Ausblick

Trotz der verzögerten Fertigstellung der Neumayer Station ist es im wesentlichen gelungen, ein funktionstüchtiges meteorologisches Observatorium aufzubauen. Vergleiche der Temps und Obse mit der "Polarstern" zeigen gute Übereinstimmung, die Satellitenverbindung ins GTS funktioniert, Wetterkarten und Satellitenbilder werden in gewohnter Qualität empfangen und wesentliche Teile der Strahlungs- und Mastmessungen arbeiten bereits akzeptabel. Es besteht Grund zur Annahme, daß einige der verbliebenen Probleme von den Überwinterern innerhalb kurzer Zeit selbst behoben werden können.

Die Lösung folgender Probleme sollte für die Sommersaison 92/93 vorgemerkt werden:

- Errichten einer Plattform für die Balloncontainer,
- Installation neuer E-Proms für die DigiCora, damit in Zukunft auch die 925 hPa Standarddruckfläche im Temp verschlüsselt wird,
- Installation einer Rechnerkopplung vom Chemielabor in der Weströhre mit dem Meteorologielabor in der Oströhre der Station,

- Installation eines Digiquarzes zur Erfassung des Röhreninnendrucks für den Groundcheck der Radiosonden,
- Belüftung der Pyrgeometer.

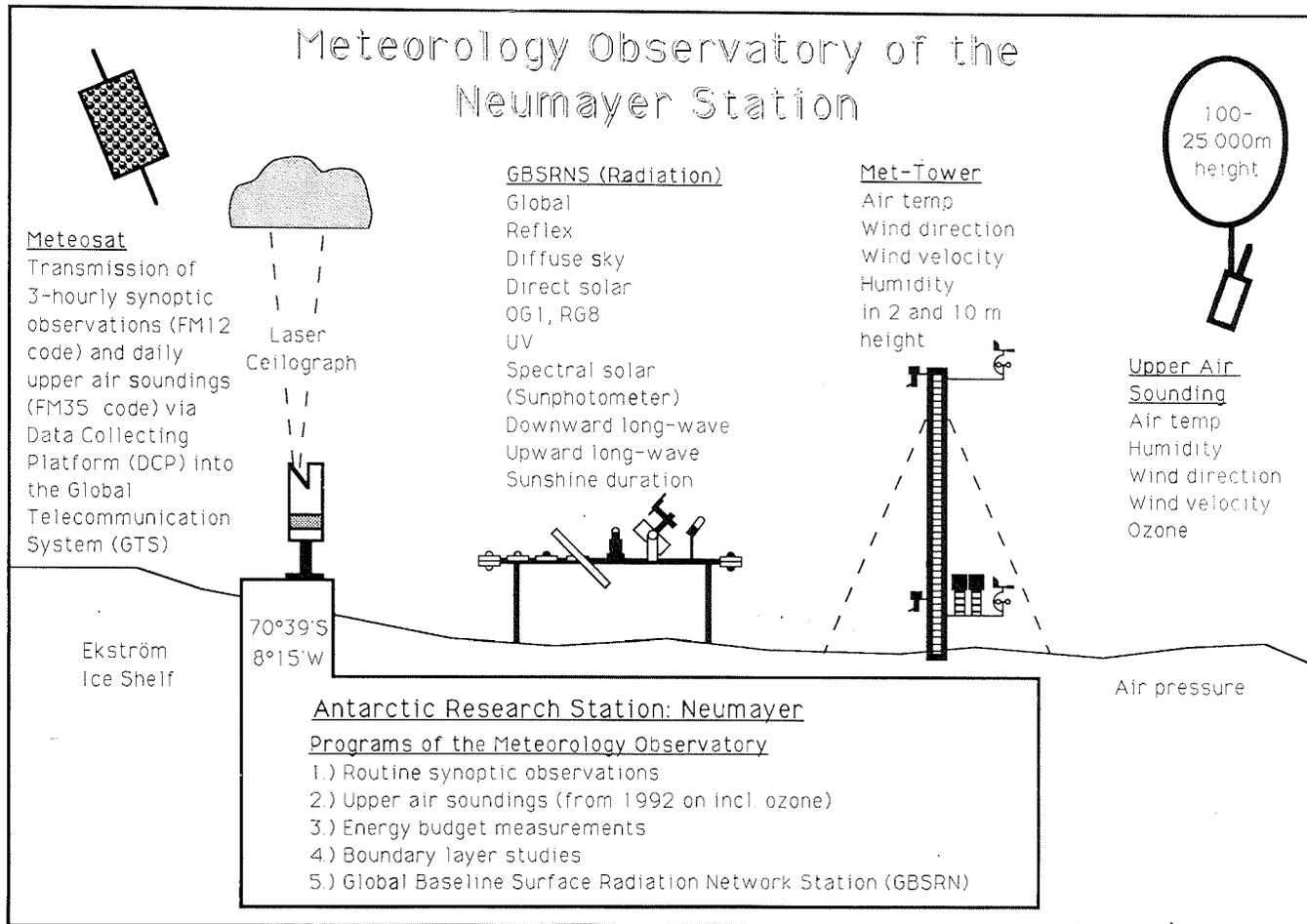
Das Spurenstofflabor ist für die Überwinterung 92 mit verbesserter Stromversorgung provisorisch wieder einsatzbereit; eine grundsätzliche Erneuerung diverser veralteter Komponenten ist für die kommenden Jahre vorgesehen.

No.	Radiation/ Kind of Instrument	Company/ Instr. name	Signal/ Connection	Comments	Chan. No.
1.)	Global.	CM11	0 - 10 mV	ventilated	1
2.)	Reflect. solar.	CM11	0 - 10 mV	ventilated	1
3.)	Diff. sky + shadowband	CM11 Kipp+Zonen	0 - 10 mV	ventilated	1
4.)	Dir. solar + solar tracker	Eppley NIP Eppley ST-1	0 - 10 mV 220 V	ventilated	1
5.)	Global spectral	CM11+ OG1	0 - 10 mV	ventilated	1
6.)	Global spectral	CM11+ RG8	0 - 3 mV	ventilated	1
7.)	UV	Eppley TUVR	0 - 3 mV		1
8.)	Longwave down	Eppley PIR	-3 - +1 mV	no ventilation yet	1
9.)	Longwave up	Eppley PIR	10-250kOhm -1 - +1 mV	no ventilation yet	1
10.)	Sunshine indicator	Haenni 111b	0 - 5 V	on top of met. tower	1
11.)	Cloud Ceilometer	Imp.-Physik	RS232	on top of GvN entrance	1
12.)	Ventilators	Eigenbrodt	220 V		

No.	Meteorology/ Kind of Instrument	Company/ Instr. name	Signal/ Connection	Comments	Chan. No.
14.)	Air pressure	Digi-Quartz	25-40 kHz	pipe connection to GvN	1
15.)	Air temperature 10m	PT 100	90-105 Ohm	ventilated	1
16.)	Air temperature 2m	PT 100	90-105 Ohm	ventilated	1
17.)	Wind velocity 10m	Thies (cubs)	0-1200 Hz	heated	1
18.)	Wind velocity 2m	Thies (cubs)	0-1200 Hz	heated	1
19.)	Wind direction 10m	Thies (vane)	0-400 Ohm	heated	1
20.)	Wind direction 2m	Thies (vane)	0-400 Ohm	heated	1
21.)	Humidity 2m	Hair	0-200 Ohm	in radiation shields	2

Tab. 14: Liste der meteorologischen Geber
Tab. 14: List of meteorological sensors

Abb. 43: Das Meteorologische Observatorium der Neumayer Station
 Fig. 43: The meteorological observatory at Neumayer Station



2.8 Das neue geophysikalische Observatorium an der Neumayer Station
(A. Eckstaller, M. Lang, C. Mayer, K. Mühlstein, C. Müller, C. Wübber)

Einführung

Das geophysikalische Observatorium an GvN hat primär die Aufgaben, die lokale und globale Beben-tätigkeit zu registrieren und kontinuierliche Beobachtungsreihen der zeitlichen Variationen des Erdmagnetfeldes und der Gezeiten-Vertikalbewegungen des Ekström-Schelfeises zu ermöglichen. Mit dieser Aufgabenstellung füllt das geophysikalische Observatorium an GvN eine große Lücke im relativ weitmaschigen, internationalen Netz von geophysikalischen Beobachtungsstellen auf der südlichen Halbkugel und insbesondere in der Antarktis. Die Messungen sind, entsprechend der Charakteristik eines Observatoriumbetriebes, langfristiger Natur und sollen möglichst unterbrechungsfrei bei gleichbleibend hoher Datenqualität erfolgen.

Der Bau der neuen Station ca. 8 km südöstlich der alten GvN-Station hatte mit zur Folge, daß auch das bisherige, Anfang 1982 errichtete geophysikalische Observatorium an GvN aufgegeben und durch einen Neubau ersetzt werden mußte. Eine Fortführung des Observatoriums-Betriebes an alter Stelle war aus mehreren Gründen nicht realisierbar, bzw. wünschenswert. Abgesehen von der Problematik einer gesicherten Stromversorgung und der bei möglichst allen Wetterbedingungen durchzuführenden Kontroll-, bzw. Routinebesuche war auch der bauliche Zustand des alten Observatoriums einer der Gründe für einen Neubau. In beiden Observatorien (Seismik- und Magnetik-Observatorium) waren bereits fast alle Nagelbinder der Dachabdeckung gebrochen, und der Abstand zwischen Containerdach und den sich immer mehr absenkenden Dachbindern betrug nur mehr ca. 80 bis 100 cm. In absehbarer Zeit werden die Dachbinder auf den Containern aufsitzen und diese, sollten sie nicht rechtzeitig geborgen werden, gegebenenfalls beschädigen. Eine sofortige Bergung der alten Observatoriums-Container während dieser Sommerkampagne und anschließende Wiederverwendung beim Observatoriums-Neubau war nicht möglich.

Mit dem Neubau des Observatoriums ergab sich die günstige Gelegenheit, einige veraltete Geräte auszutauschen und gegen neue, bzw. neu kalibrierte Geräte zu ersetzen sowie die gesamte Datenerfassung auf einen neueren Stand der Technik zu bringen. Dadurch sollten sowohl die Betriebs-, bzw. Ausfallsicherheit weiter vergrößert werden als auch die Möglichkeiten für eine weitgehende Datenaufbereitung und Datenauswertung bereits vor Ort geschaffen werden. Auch die Flexibilität hinsichtlich einer späteren Erweiterung des Beobachtungsprogramms wurde dadurch entscheidend erhöht.

2.8.1 Bauliche Realisierung

Der Neubau des geophysikalischen Observatoriums basiert in allen wesentlichen Punkten auf dem gleichen baulichen Konzept nach dem auch das alte Observatorium errichtet wurde. Die dabei gesammelten Erfahrungen hinsichtlich eines unter den gegebenen Umständen weitgehend unproblematischen Aufbaus waren durchwegs positiv. Auch was die meßtechnischen Anforderungen, die hohe Betriebszuverlässigkeit und eine möglichst große Lebensdauer betrifft, erschien ein

weitgehend identischer Nachbau des alten Observatoriums als ideale Lösung. Einige Änderungen in der baulichen Realisierung, so z.B. die Konstruktion der Dachabdeckung, resultierten aus der Notwendigkeit innerhalb einer zeitlich sehr kurzfristigen Vorbereitungszeit und innerhalb eines vertretbaren finanziellen Rahmens die Durchführbarkeit des Neubaus sicherzustellen.

Wie an der alten GvN-Station wurde das neue Observatorium ca. 850 Meter südlich der neuen Station errichtet. Es besteht aus zwei räumlich getrennten Teil-Observatorien, dem sog. "Magnetik-Observatorium" und dem "Seismik-Observatorium" (Abb. 44). Das Magnetik-Observatorium befindet sich ca. 100 Meter südwestlich des Seismik-Observatoriums und enthält lediglich die Sensoren zur Erfassung der zeitlichen Variationen des Erdmagnetfeldes. Die räumliche Abtrennung des gesamten Observatoriums von der Station sowie des Magnetik-Observatoriums selbst ist notwendig, um absolut störungsfreie Messungen zu garantieren (Störung der seismologischen Registrierungen durch allgemeinen Stationsbetrieb, Einfluß der Stahlkonstruktion auf die Magnetfeld-Messungen). Die gegenüber dem alten Observatorium abweichende Lage des Magnetik-Observatoriums hat im wesentlichen zwei Gründe. Zum einen sollten die Stirnseiten der beiden Observatorien frei bleiben von allen Verbindungsleitungen (Meß- und Versorgungskabel), da diese bei einer späteren Bergung der Observatorien die notwendigen Fräsarbeiten erheblich beeinträchtigen würden. Des weiteren sollte dadurch verhindert werden, daß sich durch das Seismik-Observatorium bedingte Driftschneeablagerungen auf dem Dach des Magnetik-Observatoriums anhäufen und so evtl. dessen Lebensdauer reduzieren.

Wie beim bisherigen Observatorium sind die gesamten Meß- und Registriereinrichtungen, die komplette digitale Datenerfassung sowie die entsprechenden Versorgungseinrichtungen zentral im Seismik-Observatorium untergebracht. Hierfür fand ein handelsüblicher Büro-Container Verwendung, an dem nur geringfügige Modifikationen durchgeführt werden mußten (Entfernung der Fenster, Durchbruch im Containerboden für Gravimetertisch, Installation einer geeigneten Be- und Entlüftungsanlage, rutschfester Bodenbelag). Der Container ist beheizbar und mit einer 50 mm starken Hartschaumisolierung ausreichend gegen Wärmeverluste isoliert. Im Magnetik-Observatorium dient eine containerähnliche, einfache Holzhütte zur Aufnahme der Magnetfeld-Sensoren und zur routinemäßigen Durchführung der notwendigen Absolutmessungen des Erdmagnetfeldes. Die Magnetikhütte wurde am AWI bereits vorgefertigt. Sie besteht aus einer massiven, trittfesten Boden-Plattform und einfachen, standardisierten Seiten- und Dachpaneelen, die sich vor Ort schnell und problemlos zusammenfügen ließen. Alle Außenseiten der Magnetikhütte wurden mit 80 mm starken Steinwolle-matten thermisch so isoliert, daß wenige 100 Watt Glühlampen ausreichen sollten, die Innentemperatur konstant auf ca. +/- 0° C zu halten.

Um die Observatorien gegen Stürme und Driftschnee zu schützen wurden die beiden Container wie beim bisherigen Observatorium wiederum in zwei ca. 7 Meter tiefen Schneeschächten von 5 auf 10 Meter Grundfläche installiert. Der Zugang zu den so entstandenen Observatoriums-"Hallen" erfolgt über freistehende vertikale Einstiegs-Schächte, die durch die Observatoriums-Überdachung hindurchführen (Abb. 45).

Die Ausschachtarbeiten für die beiden Observatorien erfolgten nach einem etwas anderen Verfahren als beim ersten Observatoriumsbau, bei dem die beiden Schächte ausschließlich ausgefräst wurden. Um den notwendigen Einsatz der Schneefräse auf ein Minimum zu reduzieren, wurden die oberen Abschnitte der das Dach tragenden Schacht-Seitenwände in einer Art Schalungsbau bereits vor den eigentlichen Ausschachtungen auf der normalen Schneeoberfläche nach "oben hin" vorgebaut. Dazu wurden zuerst aus massiven, miteinander verschraubten Sperrholz-Rahmenplatten zwei jeweils 15 Meter lange und bis zu 2.5 Meter hohe Schalungswände errichtet und gegeneinander verstrebt (Abb. 46). Anschließend wurde seitlich Schnee angefräst. Nach 2 bis 3 Tagen hatte sich der angeblasene Schnee, der wesentlich dichter kompaktiert ist als der "gewöhnliche" Schnee, gesetzt und verfestigt und es entstanden sehr kompakte und tragfähige Seitenwände. Vor dem Abbau der Schalungsplatten wurden die Oberflächen dieser Seitenwände, die die Dachkonstruktion tragen sollen, noch mit der Wasserwaage "abgezogen" und geglättet. Nach längerer Zeit des Durchfrierens wurde so eine ideale Auflagefläche für die Schachtabdeckung erhalten. Die weitere Vertiefung der Schächte erfolgte zu einem großen Teil durch Ausschleiben mit dem Pistenbully. Nur beim Seismik-Observatorium mußte zum Erreichen der angestrebten Endtiefe noch einmal die Schneefräse herangezogen werden (sehr harter Firn, durchsetzt mit zahlreichen Eislinen). Beim Magnetik-Observatorium entfiel auch diese letzte Fräsarbeit, da hier die Schalungsarbeiten auf einem bereits lange Zeit vorher angeschobenen (und verdichteten) Schneehügel von ca. 2.5 Metern Höhe ansetzten. So gab es beim Ausschleiben mit dem Pistenbully bis zur Endtiefe keine besonderen Schwierigkeiten.

Nach dem Ausschachten wurden die Dachfundamente angelegt. Dazu wurden die Auflageflächen längs der Seitenwände zunächst mit Sperrholzplatten abgedeckt, um eine mögliche großflächige Lastverteilung zu erreichen. Darauf verlegte dicke Kanthölzer bilden das eigentliche Grundlager für die Dachkonstruktion. Für die die Schächte überspannenden Querträger wurden handelsübliche Schalungsträger aus dem Baugewerbe verwendet. Die 8 m langen sog. "PERI-Träger" wurden in engem Abstand (ca. 16 cm) verlegt, um eine möglichst hohe Tragfähigkeit des Daches zu gewährleisten. Ein wesentlicher Vorteil dieser "PERI-Träger" lag in deren relativ geringem Gewicht, so daß für das Aufbringen der Querträger keine Kranhilfe benötigt wurde und ein äußerst zügiges Arbeitstempo erzielt werden konnte. Die Abdeckung der Dachkonstruktion erfolgte mit wasserfest verleimten Sperrholzplatten, die auf den Querträgern verschraubt wurden.

Nach Fertigstellung der Observatoriumsdächer wurden der Seismik-Container und die Magnetik-Hütte in die Schneegruben eingezogen, bzw. darin aufgebaut. Die Installation der Einstiegsschächte bereitete keine ernsthaften Probleme und konnte ohne Kranhilfe sehr rasch durchgeführt werden. Es folgte der letzte, größere Bauabschnitt, das Errichten der die Schneegrube abschließenden Stirnwände. Dazu wurden etappenweise bis zu 3 m hochgezogene Mauern aus ausgesägten Schneequadern errichtet. Anschließend wurde mit dem Pistenbully vorsichtig Schnee an die Mauer herangeschoben, bzw. angeschaufelt. Nachdem sich der eingebrachte Schnee genügend verfestigt hatte, bzw. entsprechend durchgefroren war und die derart hochgezogenen Stirnwände damit eine ausreichende Festigkeit aufwiesen, konnten die nächsten Abschnitte in Angriff genommen werden. Diese Arbeiten waren die kritischsten Momente der gesamten Bauphase. Ein Schlecht-

wettereinbruch mit starker Schneedrift, die die Observatoriums-Schächte sehr schnell mit Driftschnee gefüllt hätten, hätte unweigerlich zu sehr großen zeitlichen Verzögerungen und mehr Arbeitsaufwand geführt. Auf der anderen Seite konnten die Stirnwände nicht in einem Stück hochgezogen werden, da diese sonst zu instabil geworden wären und vermutlich ab einer gewissen kritischen Höhe in sich zusammengestürzt wären. Letztendlich konnte dieses "Vabanquespiel" gegen Mitte Februar glücklich abgeschlossen werden.

2.8.2 Elektrische Versorgung

Nach Abschluß der eigentlichen Bauarbeiten wurde unverzüglich damit begonnen, in den Observatorien die nötigen elektrischen Einrichtungen zu installieren und das Stromversorgungs-Kabel zu verlegen. Die elektrische Versorgung der Observatorien mit 380 V Drehstrom erfolgt über ein vieradriges Kabel (Typ H07RNF, 4x25 mm²), das auf eine maximale Lastaufnahme von 5 kVA ausgelegt ist. Das Kabel wurde, wie beim alten Observatorium, in leichten "Schlangenlinien" auf der Schneeoberfläche verlegt, um so einer evtl. auftretenden, zu großen Zugbelastung vorzubeugen. Die gesamte Leitung besteht aus einzelnen Kabelsegmenten à 270 Meter Länge. Die Kupplungen wurden in einfache, verlängerbare Holzschächte eingebracht. Bei einem evtl. Kabelbruch muß dadurch nur das defekte Segment ausgetauscht werden. Aufgrund der späteren hohen Schneeüberdeckung ist eine Bergung des Kabels und Reparatur der Bruchstelle nicht mehr möglich, so daß man andernfalls die gesamte Leitung zu ersetzen hätte.

Die Umsetzung von 380 V Drehstrom auf 220 V geschieht zentral im Seismik-Observatorium. Der ursprünglich hierfür vorgesehene Trenn-Transformator erwies sich leider als untauglich. Durch ein geeignetes Umklemmen des stationsseitigen Trenn-Transformators konnte dieses Problem jedoch einfach gelöst werden. Da aufgrund von Lieferengpässen während der Vorbereitungszeit leider kein geeigneter Drehstrom-Verteiler mehr beschafft werden konnte, mußte auf die Verteiler-Kästen des alten Observatoriums zurückgegriffen werden. Der dadurch bedingte zusätzliche Verdrahtungsaufwand führte zwar zu einer gewissen zeitlichen Verzögerung, bereitete aber sonst keinen weiteren Probleme. Die weiteren Installations-Arbeiten (Anbringen der Schacht- und Decken-Beleuchtung, Steckdosen usw.) wurden beeinträchtigt durch eine Reihe von Generator-Problemen. Da der stationsseitige Netzanschluß erst sehr spät vorgenommen werden konnte, mußten für die Arbeitsbeleuchtung Generatoren eingesetzt werden. Bedingt durch zu dieser Zeit meist schlechten Wetterverhältnisse kam es zu einer Reihe von Generator-Ausfällen. Für Arbeiten, die ohnehin unter Zeitdruck standen, waren diese sehr hinderlich. Zum Monatswechsel Februar-März waren diese Arbeiten abgeschlossen.

2.8.3 Installation der Meßgeräte und der Datenerfassung

Der Routinebetrieb des alten Observatoriums konnte parallel zu den umfangreichen Bauarbeiten noch bis Mitte Februar aufrecht erhalten werden. Die Demontage und der Abtransport aller Meßgeräte und Datenerfassungs-Einrichtungen des alten Observatoriums konnte innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden. Die Neuin-

stallation dagegen beanspruchte mehr Zeit, so daß am Ende der Sommerkampagne noch kein routinemäßiger Observatoriums-Betrieb stattfinden konnte.

Die Sensoren, bzw. die dazugehörigen Meßgeräte wurden fast ausnahmslos ohne Austausch übernommen. Lediglich die Seismometer wurden gegen neu kalibrierte Seismometer gleichen Typs ausgetauscht. Sie sind wiederum außerhalb des Seismik-Containers in einer Schnee-Nische in einer Schacht-Seitenwand installiert. Die Übertragung der Daten in das Geophysik-Labor der Neumayer-Station erfolgt wie bisher FM-moduliert über ein Koaxialkabel. Das ASKANIA GS-15 Gezeitengravimeter wurde wiederum auf einer unabhängig vom Seismik-Container gegründeten Plattform installiert. Dazu wurden die 1.80 Meter tief eingefrorenen Stützen des Gravimetertisches im alten Observatorium wieder geborgen und im neuen Observatorium in gebohrten Löchern neu eingefroren (Abb. 47). Die entsprechenden Durchbrüche durch den Containerboden sind mit Steinwolle ausreichend thermisch und gegen Trittschallübertragung auf den Gravimetertisch isoliert.

Wesentliche Änderungen wurden bei der Datenerfassung und -Speicherung vorgenommen. Während im alten Observatorium die digitale Datenerfassung mittels eines LSI-11/23 Rechners erfolgte, ist im neuen Observatorium dafür eine SUN work station vom Typ Sparc-IPC vorgesehen. Für die alte LSI 11/23 bestand nach fast ununterbrochenem 10-jährigen Betrieb die Gefahr von immer häufiger werdenden Ausfällen. Es war deshalb an der Zeit diesen Rechner durch ein moderneres, neuwertiges Produkt zu ersetzen.

Die aus Redundanzgründen parallel zur digitalen Datenerfassung laufende Analog-Aufzeichnung der Meßdaten mußte ebenfalls neu konzipiert werden. Die beiden bisher im Einsatz befindlichen 4-Kanal Schreiber zeigten in letzter Zeit immer mehr Defekte. Als Ersatz dafür wurde der Scanner LSB-36D der Fa. LINSEIS installiert. Neben der zusätzlichen digitalen Abspeicherung der Daten auf 3.5"-Disketten ermöglicht dieser Scanner auch eine graphische Aufzeichnung der Messungen mittels eines Mehrfarben-Matrixdruckers (EPSON LQ-1060). Zusätzlich dazu wurde vor Ort aus den beiden leicht defekten alten 4-Kanal Schreibern ein wieder absolut funktionsfähiges Gerät zusammengestellt. Damit sollte auch die herkömmliche analoge Datenerfassung weiterhin mit genügender Redundanz möglich sein.

Weitere Neuerungen betrafen die Anti-Aliasing Filter. Die bisher eingesetzten Filter ließen nur geringfügige Änderungen der Grenzfrequenz zu, so daß evtl. Änderungen der Abtastrate nur beschränkt realisierbar gewesen wären. Die neuen Filter vom Typ KEMO-VBF sind in einem weiten Bereich einstellbar und den alten auch in anderen Belangen überlegen.

Die alte Observatoriumsuhr konnte bisher nur manuell nachgestellt werden. Durch die Anschaffung eines Omega-Zeitzeichen Empfängers und der dazugehörigen quarzstabilisierten Uhr (OMEGA-REC und OMEGA-FACE, Fa. Bonanomi) besteht nunmehr die Möglichkeit, die Observatoriumsuhr kontinuierlich zu synchronisieren. Zusätzlich wurde ein Trigger-Interface eingebaut, das verschiedene, teils frei programmierbare Trigger-Optionen für die digitale Datenerfassung bereitstellen kann.

Die DC-Stromversorgung der Meßgeräte wurde ebenfalls durch leistungsstarke neue Geräte ersetzt. Zusammen mit den alten DC-DC Wandlern wurde damit auch in dieser Hinsicht eine zusätzliche Redundanz erreicht.

Für die Ausfallsicherheit bei kürzeren Netzzunterbrechungen, bzw. Netzschwankungen sorgen zwei USV-Anlagen von je 1000 VA Leistungsfähigkeit. Die garantierte Überbrückungszeit beträgt 15 Minuten. Je eine USV-Anlage dient zur Versorgungssicherung der gesamten Meßgeräte, bzw. der SUN work station mit den dazugehörigen Peripheriegeräten. Letztere kann bei zu lange andauerndem Netzausfall auch ein kontrolliertes Abschalten des SUN-Rechners initiieren, so daß ein unkontrollierter "Absturz" des Rechners und die damit verbundenen Probleme ausgeschlossen sind.

2.8.4 Installation des neuen Rechnersystems auf Neumayer

In der neuen Station wurde ein neues, großzügig dimensioniertes Rechnersystem bestehend aus vier SUN-Sparc Stations installiert (Abb. 48). Die Aufgaben der vier Rechner sind wie folgt verteilt:

- eine Sparc 2 mit 32 MB Memory als Server für die anderen Rechner sowie für leistungsfähige Graphik
- eine Sparc IPX (16 MB) als allgemeiner Rechner für die Geophysik
- eine Sparc IPX (16 MB) als allgemeiner Rechner für die Meteorologie
- eine Sparc IPX (16 MB) für die Datenerfassung im neu erbauten geophysikalischen Observatorium

Alle Rechner sind mittels Ethernet-Thinwire vernetzt, wobei die Anbindung des Observatoriums über Mono-Mode Repeater und Glasfaser-Kabel realisiert wird. Die Vernetzung ermöglicht eine sehr hohe Integration der einzelnen Komponenten zu einem leistungsfähigen Verbund, in dem Magnetplatten und Software des Servers allen Maschinen über das Netzwerk zu Verfügung stehen. Die Integration erfolgte weitgehend mit den im AWI üblichen Methoden, d.h. sie basiert auf den UNIX-Diensten Network-Information-Service (NIS) und Network-File-System (NFS), wobei versucht wurde, der besonderen betrieblichen Situation auf Neumayer gerecht zu werden (leichte Austauschbarkeit der Systeme untereinander). Daher sind alle SUNs auch ohne Netzwerk lauffähig und die Peripherie des Servers kann auch an einer anderen Maschine betrieben werden. Die Peripherie setzt sich zusammen aus einer 1 GB- und zwei 600 MB-Festplatten, einem CD-Rom-Laufwerk, einem Streamer- und einem Exabyte-Tape sowie einem Laufwerk für magneto-optische Wechselplatten. Zusätzlich werden an der SUN im Observatorium zwei 600 MB Festplatten und ein weiteres Laufwerk für magneto-optische Platten betrieben, um auch bei Ausfall der Glasfaserstrecke die Datenerfassung zu sichern. Als weitere Schutzmaßnahme wird diese SUN über eine eigene USV-Anlage mit zugehöriger Shutdown-Software betrieben, die es gestattet, einen Stromausfall im Observatorium den Stations-Rechnern zu melden und gegebenenfalls ein kontrolliertes Abschalten der Maschine zu veranlassen.

Neben dem SUN-Betriebssystem 4.1.1 mit OpenWindows 2 wurde folgende Software installiert: Fortran und Pascal Compiler, UNRAS für allgemeine Graphik,

Xpitsa zur Interpretation seismologischer Daten, Lotus-1-2-3 für Tabellenkalkulation, Labtek Notebook und IOtech-IEEE-Bus-Software zur Datenerfassung, News-Print zur Bedienung des PostScript-fähigen Laserprinters sowie der SUN-Internet-Router für Rechner-Rechner-Kopplungen über die Satcom-Anlage der Station.

Die endgültige Konfiguration des Systems wurde in mehreren Schritten erreicht. Ein Ausgangssystem konnte schon in Bremerhaven aufgebaut werden. Dieses wurde während der Anfahrt mit FS "Polarstern" modifiziert, wobei gleichzeitig versucht wurde, die Schulung der Überwinterer zu verbessern. Wegen der Verzögerungen beim Stationsneubau wurde der wesentliche Teil des Verbunds zunächst in der alten Station installiert. Dabei stellten sich einige Schwachstellen des ursprünglichen Konzepts heraus, die unter Mitwirkung der Überwinterer beseitigt wurden, woraus sich schließlich die oben beschriebene Konfiguration ergab.

Leider konnten nicht alle der gesteckten Ziele während der Sommerkampagne erreicht werden. So konnte die automatische Datenerfassung zwar vorbereitet, aber nicht ausprobiert werden. Der wesentliche Grund hierfür lag in der Verzögerung des Baubeginns. Die Fertigstellung der Station und der geophysikalischen Observatorien hatten verständlicherweise stets Vorrang vor der Installation der Rechner. Darüberhinaus erwies sich ein Teil der gelieferten Datenerfassungssoftware als fehlerhaft. Es blieb auch sehr wenig Zeit zur intensiven Schulung der Überwinterer, da diese durch die Bautätigkeit unabhkömmlich waren. Schließlich kam die Rechnerkopplung mit Bremerhaven ebenfalls nicht zustande wegen des sehr späten Umzugs der Funkstation. Trotzdem sind alle Voraussetzungen für eine sinnvolle Fortführung der Arbeiten gegeben und es sollte mit Unterstützung aus Bremerhaven möglich sein, einige der Ziele während der Überwinterung zu erreichen.

2.8.5 Die seismologischen Außenstationen

Auch bei der Instrumentierung des seismologischen Netzwerkes mit seinen 5 Telemetrie-Außenstationen (Abb. 49) wurden neue Wege beschritten. Die bisherigen PCM-Apparaturen der Serie 5000 wurden durch die neueren Nachfolgemodelle der Serie 5800 ersetzt (beide Fa. Lennartz). Insgesamt standen zwei 8-Kanal und zwei 4-Kanal-Apparaturen zur Verfügung, die vormals als Feldgeräte bei refraktionsseismischen Messungen eingesetzt wurden (abgelöst durch REFTEK-Apparaturen). Damit ergaben sich einige entscheidende Vorteile was Übersichtlichkeit und Bedienungskomfort der gesamten PCM-Anlage anbelangt. Des weiteren resultiert daraus eine erhebliche Verbesserung der Datenqualität an den beiden entferntesten Stationen WATZMANN und OLYMP. An diesen beiden Stationen ist der Einsatz der beiden 4-Kanal PCM-Apparaturen vorgesehen, der erstmals eine Datenübertragung mittels digitaler Telemetriestrecken ermöglicht. Erst dadurch kann der durch gain-ranging bedingte deutlich höhere Dynamikumfang von 130 dB dieser PCM-5800 Stationen voll genutzt werden. Zusätzlich dazu wurden die alten MARK L-IV 3-Komponenten Seismometer (Eigenfrequenz 1 Hz) durch neue LENNARTZ-Seismometer vom Typ LE-3D/5s mit 5 sec Grenzperiode ersetzt. Damit sollten längerperiodische Signale (S-Wellen) wesentlich besser zu erfassen sein. Die neuen Seismometer sind außerdem neigungsunempfindlicher, so daß ein evtl. Wegkippen aus der Horizontalen nicht mehr zu Ausfällen der einen oder anderen H-Komponente führen kann. Für die Station

Station OLYMP wurde weiterhin ein 6 Meter hoher Antennenmast vorbereitet, der auf stabilen Auslegern zusätzlich noch 2 Windgeneratoren aufnehmen kann. Damit sollten Stromversorgungsprobleme durch Eindriften der Windgeneratoren nicht mehr auftreten. Zusätzliche Solarzellen können am Mast angebracht werden.

Die verbleibenden Stationen in näherer Umgebung senden weiterhin FM-modulierte Signale (60 dB Dynamikbereich). Hier wurden ebenfalls neue Seismometer vom Typ LE-3D installiert, allerdings mit einer unteren Grenzfrequenz von 1 Hz. Es wird jedoch nur die Z-Komponente übertragen. Die Verarbeitung der von diesen Stationen empfangenen Signale übernimmt, zusammen mit den Signalen aus dem Observatorium, eine der 8-Kanal PCM-Apparaturen, die im sog. ENCODER-Mode arbeitet. Die verbliebene letzte der beiden 8-Kanal PCM-Anlagen wird im sog. MIXER-Mode betrieben. Sie verarbeitet alle drei parallel ankommenden digitalen Datenströme (ENCODER und digitale Telemetrie) und erzeugt daraus den seriellen PCM-Code. Zur Aufzeichnung wird jetzt nur mehr ein NAGRA-Bandgerät benötigt, so daß hierdurch auch der Bandverbrauch reduziert wurde.

Für eine exakte Zeitbasis kann hier jetzt ebenfalls ein Omega-Zeitzeichenempfänger herangezogen werden. Alternativ dazu kann auch ein spezieller GPS-Empfänger eingesetzt werden, der einen Sekundentakt in der bekannten DCF-Codierung liefert. Dies ermöglicht neben der Synchronisation noch ein automatisches Setzen der PCM-Uhren im Labor.

Es war leider nicht mehr möglich, vor Ablegen von "Polarstern" noch die beiden entfernteren Außenstationen anzufahren und die erforderlichen Stationsarbeiten durchzuführen. Dies wird eine der weiteren Aufgaben der Überwinterer bleiben.

Ausblick

Die zeitlich nur sehr kurzfristige Vorbereitungszeit, die Verzögerungen bei der Anreise mit der ICE CRYSTAL und auch die relativ schlechten Wetterbedingungen ließen es nicht zu, daß am Ende der Sommersaison ein quasi "schlüsselfertiges" und voll funktionsfähiges Observatorium in Betrieb genommen werden konnte. Dennoch konnte der allergrößte Teil der zu erledigenden Arbeiten erfolgreich durchgeführt werden. Die noch verbleibenden Aufgaben können von den Überwinterern in den nächsten Wochen größtenteils selbst gelöst werden. Einige Arbeiten stehen jedoch weiterhin noch aus und sind für die nächste Sommersaison im Auge zu behalten. An baulichen Maßnahmen sind dies:

1. Verstärkung der Dachkonstruktion im Bereich der Einstiegsschächte.

Durch die Einstiegsschächte in die Observatorien bedingt blieb eine ca. 1.20 Meter breite Lücke, die nicht durch Querträger abgestützt ist. Bei größerer Schneelast kann die Dachkonstruktion in diesem Bereich einbrechen. Durch zusätzlich aufgebrachte Längsträger muß deshalb die Dachlast auf mehrere angrenzende Querträger verteilt werden. Dies war ursprünglich auch vorgesehen, konnte zeitlich aber nicht mehr verwirklicht werden. Derzeit ist diese Schwachstelle durch eine zweite Lage von Sperrholzplatten weitgehend behoben.

2. Installation von Be- und Entlüftungskaminen im Seismik-Observatorium.

Um einer zu starken Erwärmung innerhalb des Seismik-Observatoriums vorzubeugen, die ein zu rasches Absinken der Dachkonstruktion zur Folge hätte, müssen Be- und Entlüftungskamine durch das Observatoriumsdach hindurchgeführt werden. Die notwendigen Lücken dafür wurden bei der Dachkonstruktion schon berücksichtigt. Thermostat-Regler für die Ventilatoren sind ebenfalls schon installiert.

Die wichtigste Aufgabe stellt sich in der Entwicklung der geeigneten Datenerfassungs-Software für die Sun Sparc, bzw. in der Klärung der derzeit noch ungelösten Probleme bei der Anwendung von LABTECH Notebook auf SUN-Rechnern. Dieses drängende Problem sollte parallel angegangen werden, sowohl an Neumayer als auch auf dem Trainee-System am AWI, insbesondere und unter Einbeziehung der AWI-Rechnergruppe.

Literatur:

SIEVERS, J., GROSFELD, K., HINZE, H., RITTER, B., SCHENKE, H.W. & THYSSEN, F. 1992: Die Topographische Karte und Satellitenbildkarte 1:500000 Ekstömisén, Antarktis - Karten zur Schelfeiskinematik. - Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, Heft 107, 49 - 54, Frankfurt am Main.

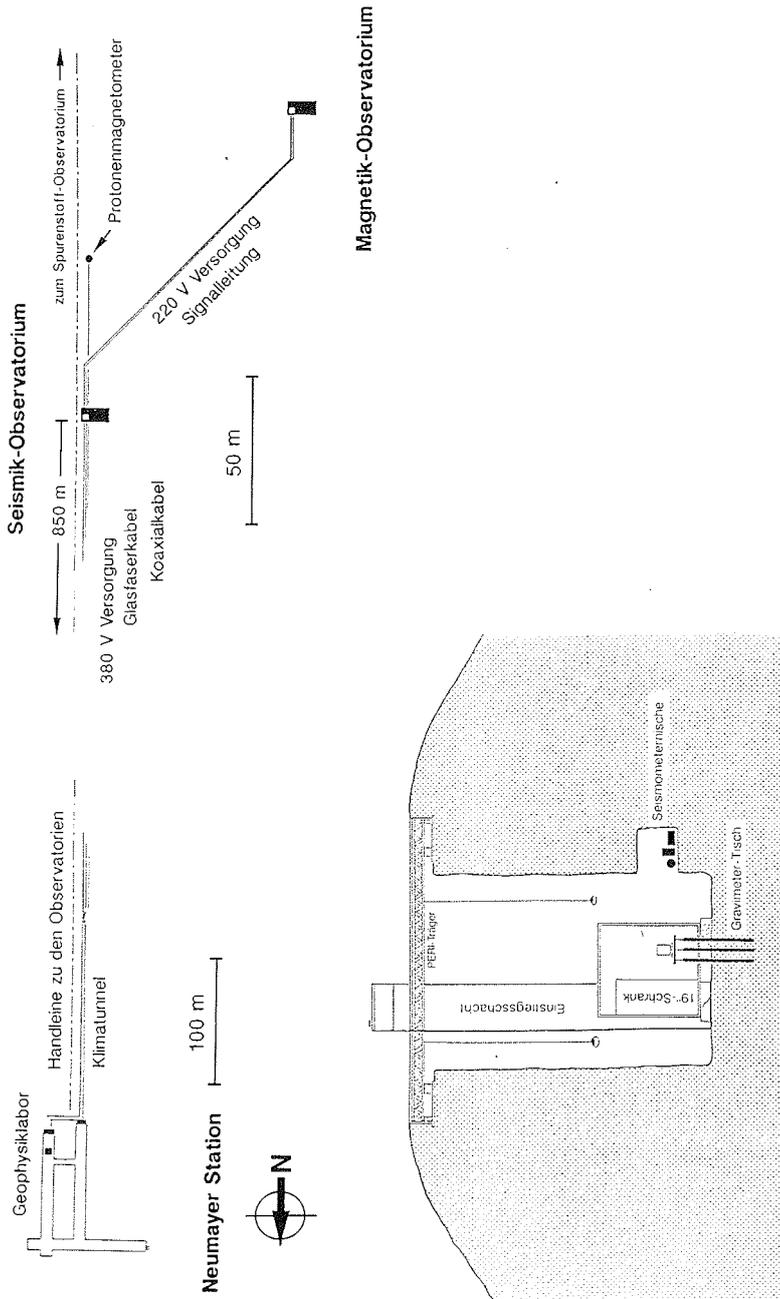


Abb.44: Lageplan der neuen geophysikalischen Observatorien an der Neumayer-Station und Skizze der baulichen Konzeption.

Fig. 44: Sketchmap showing the position of the new geophysical observatories at the Neumayer-Station and the basic construction scheme.

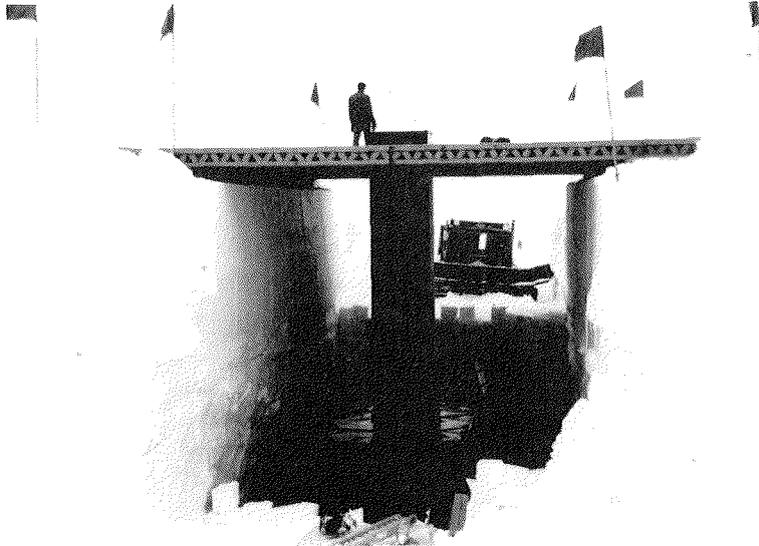


Abb.45: Blick in das Innere des Seismik-Observatoriums während der Bau-Schlußphase, dem Hochziehen der abschließenden Stirnwände und Auffüllen der verbliebenen Baugrube mit Schnee.

Fig.45: A look inside the seismic observatory during the last phase of construction, building the front walls and filling the remaining excavation with snow.



Abb.46: Der erste Bauabschnitt: An die Schalungswände wird mit Hilfe der Schneefräse angeblasen. So konnte ein Höhengewinn von ca. 2.5 Metern gegenüber der normalen Schneeoberfläche erreicht werden.

Fig.46: The first phase of construction: With the help of a snow miller snow is blown onto the formwork. By this a gain in height of about 2.5 meters was achieved, compared to the normal level of the surrounding snow-surface.

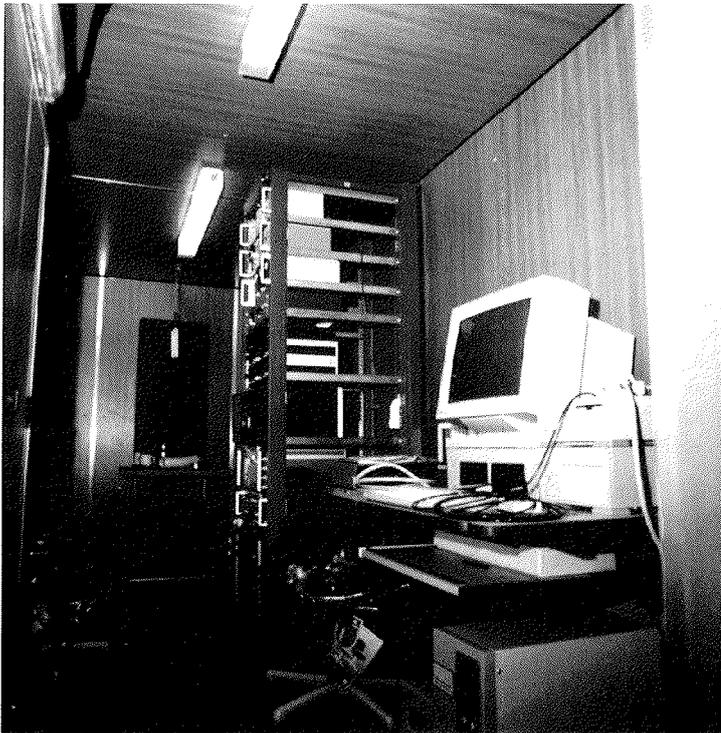


Abb.47: Blick in das Innere des Seismik-Containers während der Installation der Meßgeräte. Im Hintergrund zu sehen ist der unabhängig vom Containerboden gegründete Gravimeter-Tisch.

Fig.47: A view inside the seismic-container while installing the instruments and the electronic equipment. In the back the platform for the gravimeter can be seen, with foundations decoupled from the container floor.

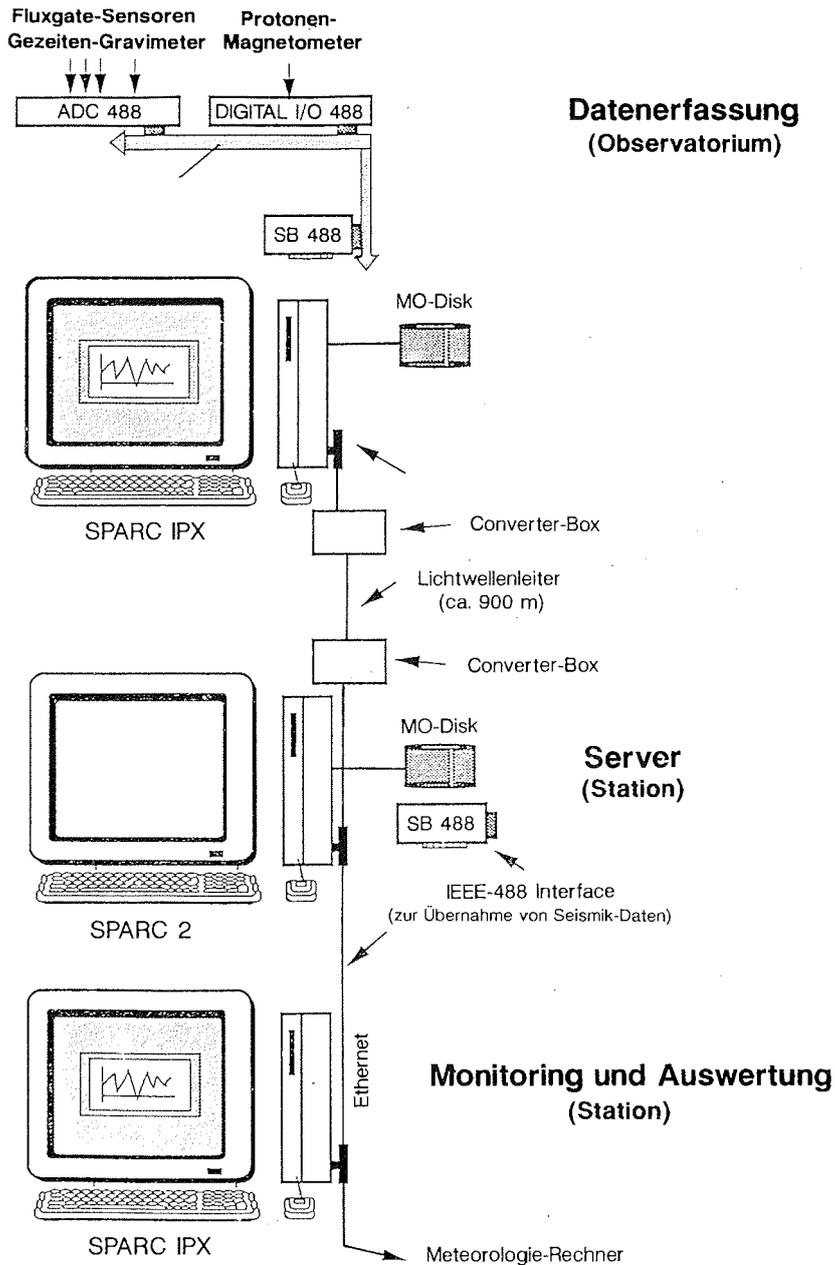


Abb.48: Das grundlegende Konzept des neuen Rechnersystems an der Neumayer Station.

Fig.48: The basic concept of the new computer-system at the Neumayer Station.

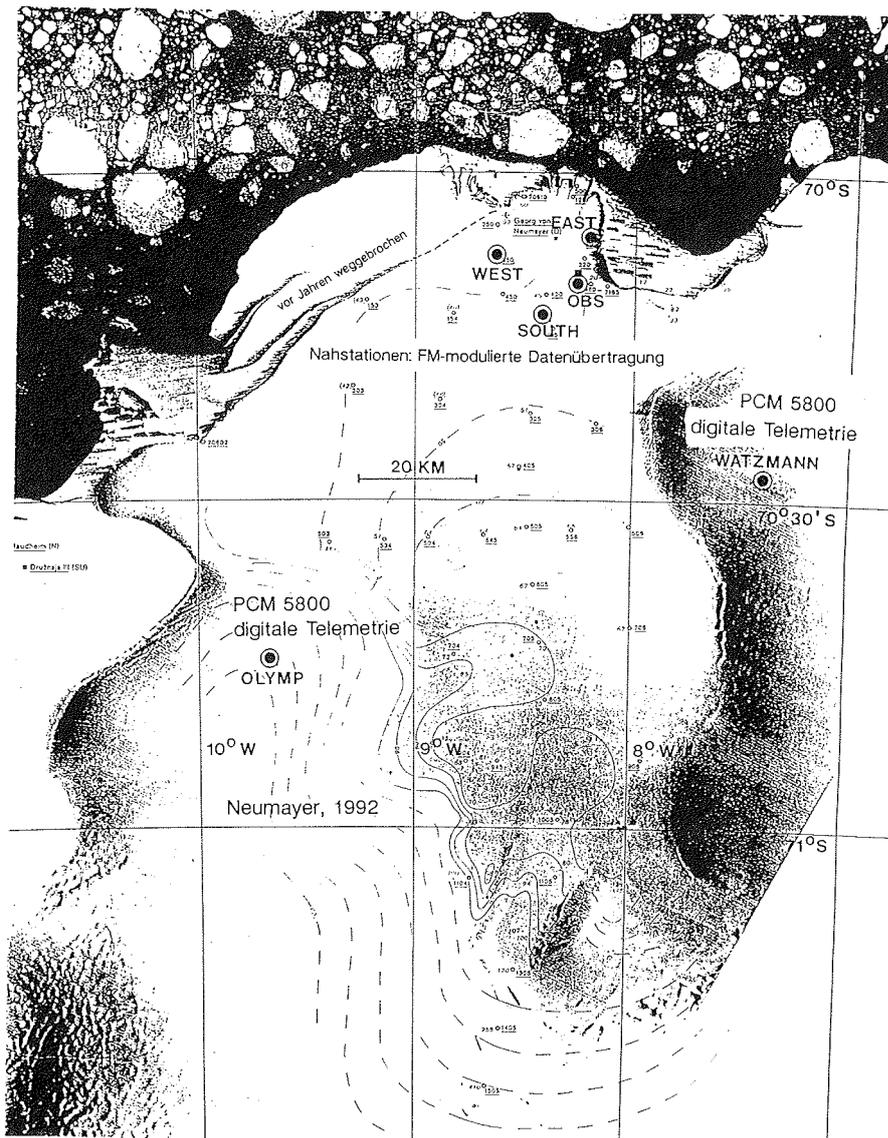


Abb.49: Lageplan - modifiziert nach Sievers et al. (1992) - mit den Außenstationen des seismologischen Netzwerks an der Neumayer Station. Die erfaßten Daten werden permanent, teils analog, teils digital mittels Telemetrie zur Neumayer Station übertragen und dort ereignis-getriggert aufgezeichnet.

Fig.49: Sketchmap - modified from sievers et al. (1992) - showing the positions of the remote stations of the seismological network around the Neumayer Station. Data are permanently transmitted by radiolink to the Neumayer Station and recorded there in an event-triggered mode.

2.9 Meteorologische Beratung (H.-J. Möller, H. Köhler)

FS "Polarstern" folgte zunächst der Frontalzone, ehe sie diese mit Nordwestwind um 6 Bft durchquerte. Aus einer der zahlreichen Randstörungen, die das Fahrtgebiet überquerten, entwickelte sich am 12.01.1992 bei den South-Sandwich-Inseln ein kräftiges Tief, das ostwärts zog. Der daraus resultierende Nordost- bis Ostwind erreichte am 13.01.1992 Bft 8.

Am 15.01.1992 schwenkte ein schwacher Hochkeil heran, wodurch der Wind in der Atka Bucht auf westliche Richtungen drehte. Inzwischen hatte ein Sturmtief Südgeorgien erreicht und zog unter weiterer Vertiefung ost-südostwärts. Innerhalb kürzester Zeit drehte der Wind auf Nordost und erreichte am 17.02.1992 vor dem Drescher Inlet vorübergehend Bft 9 mit Schneedrift und White-Out.

Der Weg zur Filchner-Station konnte unter Hochdruckeinfluß bei gutem Wetter abgewickelt werden.

Zwischen dem 24.01.1992 und 27.01.1992 bildeten sich an der Ostküste der Antarktische Halbinsel - durch die Orographie begünstigt - kleinere Leewirbel, die das Weddellmeer überquerten.

Zum Monatswechsel stellte sich eine recht konstante Wetterlage ein, wobei einem Hoch über dem westlichen Weddellmeeres ein Tief bei Halley gegenüberstand.

Am 02.02.1992 erreichte ein südpazifisches Sturmtief die Nordspitze der Antarktische Halbinsel. Es zog unter allmählicher Abschwächung über das nördliche Weddellmeer hinweg, so daß auf FS "Polarstern" vor Cape Norwegia Nordost Bft 6 registriert wurde.

Der nachfolgende Hochkeil verstärkte sich merklich und begünstigte die Arbeiten bei Neumayer und S.A.N.A.E.. Am 17.02.1992 bildete sich über dem westlichen Weddellmeer ein Trogtief, das zunächst nach Westen zog. Es bog nach Norden ein und wurde dann in der kräftigen Frontalzone ostwärts abgeführt. Ein nachfolgendes Tief verlagerte seinen Schwerpunkt von den South-Sandwich-Inseln für mehrere Tage ins Seegebiet nördlich von Neumayer. Gleichzeitig verstärkte sich der Hochkeil über dem Weddellmeer, so daß mit Erreichen der Schelfeiskante Süd Bft 5 auftrat.

In der Folgezeit schwächten sich die Druckgegensätze über dem gesamten Weddellmeer ab. Bei den Falkland-Inseln wurde massiv Warmluft in die Vorderseite eines Tiefs geführt, so daß es binnen 24 Stunden zu einer drastischen Entwicklung kam. Das Sturmtief zog langsam südostwärts und lag am 02.03.1992 mit einem Kerndruck von 960 hPa nördlich von Novolazarevskaja. FS "Polarstern" gelangte auf seinem Weg zum Drescher Inlet in die rückseitige Südostströmung, aber erst deutlicher Druckfall vor Neumayer bei gleichzeitigem Druckanstieg über dem zentralen Weddellmeer ließ den Wind am 02.03.1992 auf Bft 7 zunehmen. In der engen Bucht des Drescher Inlets aber nahm der Wind innerhalb von wenigen Minuten von 30 Knoten auf 16 Knoten ab.

Im weiteren Verlauf bildete sich ein Trog, der am 04.03.1992 über Halley hinaus südwestwärts reichte. Der Südteil dieses Troges schnürte sich ab und begann nordostwärts zu ziehen. Damit drehte der Wind zwischen Kap Norwegia und S.A.N.A.E. auf Südwest. Ein rasch durchschwenkender Höhentrog führte bei Neumayer zu vorübergehendem Schneefall und White-Out. Auf dem Weg zur Georg Forster-Station griff das Starkwindfeld eines von Bouvet-Inseln südostwärts ziehenden Sturmtiefs auf das Seegebiet vor Novolazarevskaja über. Durch katabatische Effekte und Druckanstieg im Westen verstärkt, wurden am Nachmittag östliche Winde bis Bft 8 registriert. Während der Nacht nahm der Wind noch weiter zu, wobei in Böen Bft 10 erreicht wurden. Mittags griff der Druckanstieg endlich auch auf das Seegebiet um FS "Polarstern" über, so daß innerhalb kürzester Zeit der Wind bis Bft 3 abblaute.

Auf dem Weg zur Atka Bucht querte FS "Polarstern" zunächst die Westflanke des Zentraltiefs. In Höhe S.A.N.A.E. wurde am 12.03.1992 dann ein kleinräumiges Hoch durchfahren, das sich zwischen dem Zentraltief nordwestlich von Novolazarevskaja, einem Sturmtief bei den Süd-Sandwich-Inseln und einem hochreichenden Tief über dem östlichen Weddellmeer gebildet hatte.

Aus dem Tief bei Halley löste sich ein Trogtief ab und zog zum westlichen Weddellmeer. Dort entwickelte es sich durch Warmlufteinschub und wurde dann in der Frontalzone nach Osten geführt. Ein Tief über dem südlichen Atlantik zog von den Süd-Sandwich-Inseln langsam südostwärts, und der Bereich um Neumayer gelangte in seinen Strömungsbereich. Leichter Druckfall im Osten bei gleichzeitigem Druckanstieg zwischen Cape Norwegia und Atka Bucht ließen den Wind, der am 14.03.1992 nur schwach war, am 15.03.1992 auf Bft 8 bis 9 anwachsen. Erst am 16.02.1992 ließ der Wind auf Bft 5 nach.

Die Rückreise nach Kapstadt führte zunächst an der Ostflanke eines umfangreichen Zentraltiefs über dem nördlichen Weddellmeer entlang. Im weiteren Verlauf wurde die von West nach Ost gerichtete Frontalzone durchquert.

2.10 Bathymetrische Arbeiten (S. Koch, B. Müschen, T. Schöne)

Mit der an Bord des FS "Polarstern" installierten Fächersonaranlage Hydrosweep wurde nahezu während des gesamten Fahrtverlaufes kontinuierlich der Meeresboden entlang des Schiffskurses erfaßt. Bedingt durch viele Transferfahrten konnten Profile in bisher nicht befahrenen Gebieten gewonnen, kleinräumige Vermessungsfahrten zur Verdichtung und Schließung von Profilen vorangegangener Fahrtabschnitte aber nur in seltenen Fällen durchgeführt werden. Es wurde versucht, entsprechend der Eissituation und der Stationsprogramme, insbesondere bisher nicht oder nur lückenhaft erfaßte Bereiche des Weddellmeeres zu vermessen.

Mit der Schließung von Lücken in bisher gesammelten Daten wird ein Beitrag zur Ergänzung kleinmaßstäbiger Kartenwerke, wie der GEBCO, geleistet. Die on-line gesammelten Daten dienen der Planung und Interpretation geologischer und geophysikalischer Messungen, sowie der Anfertigung von großmaßstäbigen Spezialkarten.

Die Anfahrt nach GvN führte durch Bereiche der Scotia Sea, des South Sandwich Trench und der South Sandwich Fracture Zone. Erhebungen im Umfeld dieser Bruchzone sind noch bis $64^{\circ}10'S/16^{\circ}W$ mit relativen Höhen von 300 m zu erkennen. Diese Strukturen liegen schon im Bereich der Tiefsee Ebene, weisen aber das gleiche Streichen wie die Fracture Zone auf.

Ein Hauptarbeitsgebiet dieser Reise lag im Bereich der Polarstern-Bank ($71^{\circ}20'S/24^{\circ}50'W$). Zahlreiche Profile dienten in Verbindung mit seismischen Messungen der Verdichtung der schon existierenden Seabeam- und Hydrosweep Messungen. Die Bathymetrie dieser Erhebung ist aus Fahrten von 1990 und 1991 weitestgehend bekannt und konnte auf dieser Reise nur unwesentlich vervollständigt werden. Durch Kurse im Umfeld und der Suche nach weiteren Erhebungen sollte ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Polarstern-Bank geliefert werden. Im nördlichen und nordwestlichen Bereich wurde eine Erosionsrinne mit 100 m Tiefe erfaßt, die sich wahrscheinlich bogenförmig um die Polarstern-Bank fortsetzt. Sie ist ein deutlicher Hinweis auf die Bedeutung dieses Erhebung als Barriere für Ozeanströmungen. Eine sich im südlichen Bereich anschließende, bereits auf einem früheren Fahrtabschnitt erfaßte Erhebung konnte nahezu vollständig vermessen werden; eine weitere bei $72^{\circ}27'S/22^{\circ}50'W$ wurde sowohl bei einer früheren Fahrt als auch während eines seismischen Profils angeschnitten. Da diese Erhebung, als Teil einer Kette, in der Fortsetzung der Polarstern-Bank nach Süden liegt, wurden hier zusätzliche seismische und bathymetrische Profile angelegt. Die Bathymetrie dieser Erhebung zeigt sie als ovale Struktur mit einem sich nach SE anschließenden Rücken (Abb. 50, Abb. 51). Messungen in diese Richtung lassen vermuten, daß sich dieser Rücken bis direkt an den Kontinentalhang fortsetzt. Eine endgültige Klärung kann hier nur die Auswertung der Profile im Zusammenhang mit Tiefendaten früherer Fahrten bringen. Mit den jetzt vorhandenen Kenntnissen zur Bathymetrie in der südlichen Fortsetzung der Polarstern-Bank scheint eine Erweiterung der Profile in nördliche Richtung und die Verdichtung bisheriger Tiefendaten sinnvoll.

Während der An- und Abfahrten zur Filchner-Station konnte der Fahrtverlauf so gewählt werden, daß Bereiche nordwestlich der bestehenden Routen vermessen wurden. Die Fahrt zur Antarktischen Halbinsel erfolgte überwiegend auf alten Profilen, Erkundungsfahrten nach Norden im Bereich von 56°S bis 54°S brachten aber auch neue Tiefeninformationen aus diesem selten befahrenen Gebiet. Meereis verhinderte längere Stichprofile.

Dieser Teil der Fahrt wurde auch genutzt, um den Verlauf der Schelfeiskante zwischen Filchner und der Halbinsel zu erfassen. Der Vergleich dieser Daten mit der Aufmessung während ANT VIII/6 gibt Auskunft über das Abbruchverhalten der Schelfeiskante.

Im Bereich der Wurzel der Antarktischen Halbinsel wurden "Eiskratzer", klein-räumige Strukturen, die wahrscheinlich durch strandende Eisberge verursacht werden, gefunden (Abb. 52). Sie sind gekennzeichnet durch ca. 10 m tiefe parallele Rinnen, die rechtwinklig zur Schelfeiskante verlaufen. Ähnliche Rinnen treten auch in anderen Gebieten vereinzelt auf und konnten in parallelen Profilen wiedergefunden werden. Ein direktes Verfolgen dieser Kratzer war aus Zeitgründen nicht möglich.

Ein nördliches Profil vom Kontinentalhang im Bereich von 4°W bis 1°W, das in der Nähe des Maud Rise endete, führte bei 65°36'S/1°36'W über eine nahezu kreisförmige Erhebung mit einer relativen Höhe von 300 m (Abb. 53). Interessant ist diese Struktur durch ihre Position in der Tiefsee-Ebene und weit im Vorfeld des Maud Rise. Beim Ablaufen von GvN nach Kapstadt wurde eine ähnliche Erhebung bei 66°7'S/1°50'W überfahren. Die Fahrt im Gebiet der Lazarev Sea verlief vorwiegend im Bereich des Kontinentalhanges. Dieser ist sehr unruhig und stark undulierend. Auswertungen und Vergleiche mit der bisher bekannten Bathymetrie waren an Bord nicht möglich, da on-line Plots aus technischen Gründen nicht zur Verfügung standen.

Während der geophysikalischen und geologischen Arbeiten in der Leningrad Bucht wurde eine Profifahrt im Gebiet des "Fenno Deep", einer von 200 m auf 700 m abfallenden glazialen Erosionsrinne im Vorfeld des Nivl Schelfeises, durchgeführt. Interessant ist diese Struktur durch die im zugänglichen Teil fehlende Verbindung zum Kontinentalhang. Aus den vorliegenden Profilen ergibt sich eine nach Osten aufweitende Rinne mit WE Streichen, die sich unter dem Schelfeis fortzusetzen scheint. Im Bereich des östlichen Schelfeisrandes weitet sich die Rinne nach Norden. Die maximale Tiefe beträgt ca. 750 m. Der westliche Teil der Bucht, mit Wassertiefen von 140 bis 200 m, zeigt zahlreiche kleinräumige Strukturen. Beim Ablaufen aus der Leningrad Bucht nach Norden wurde ein Profil auf dem Astrid Rücken gefahren. Neben der Seismik-Profifahrt sollte eine in einigen Seekarten eingezeichnete Untiefe (120 m) bei 69°S/12°E überfahren werden. Diese konnte nicht aufgefunden werden und stellt wahrscheinlich eine Fehlmessung dar.

Die Rückfahrt nach Kapstadt erfolgte auf einem Subsatellitentrack des dreitägigen Eisorbites des ERS-1. Ein Vergleich der Daten aus Bathymetrie, Gravimetrie und Altimetrie soll Aufschluß darüber bringen, inwieweit diese Altimetermessungen zur Vorhersage der Bathymetrie in wenig befahrenen Gebieten der Weddell See genutzt werden können.

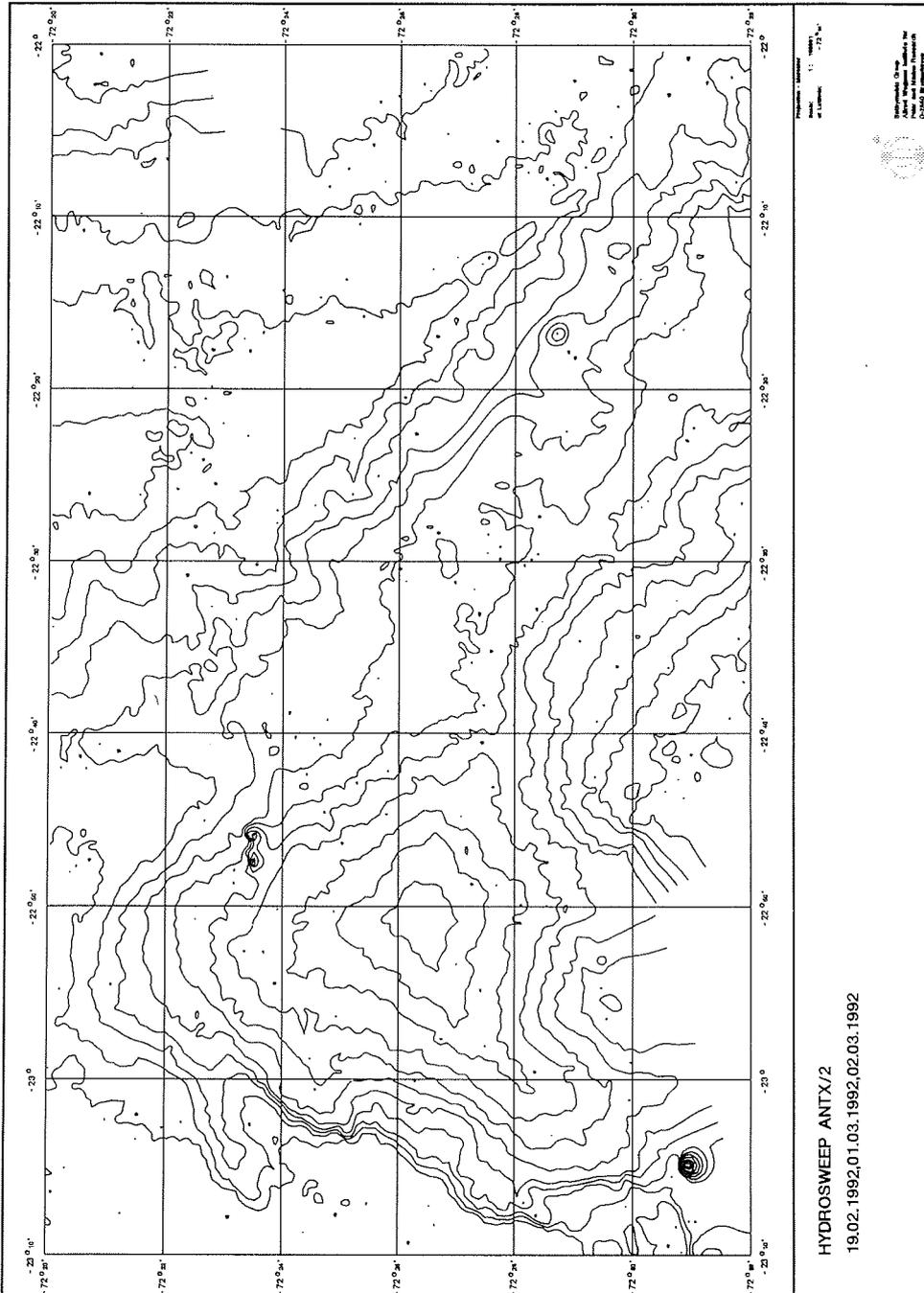
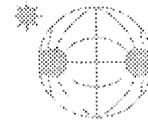
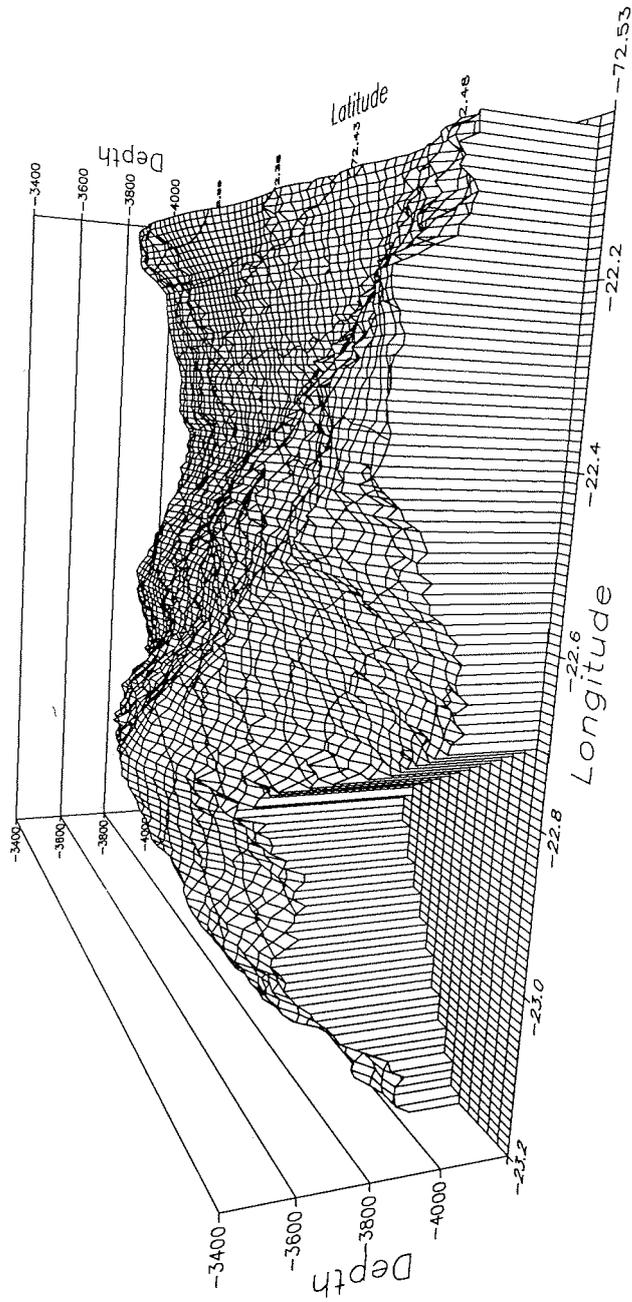
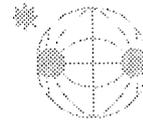
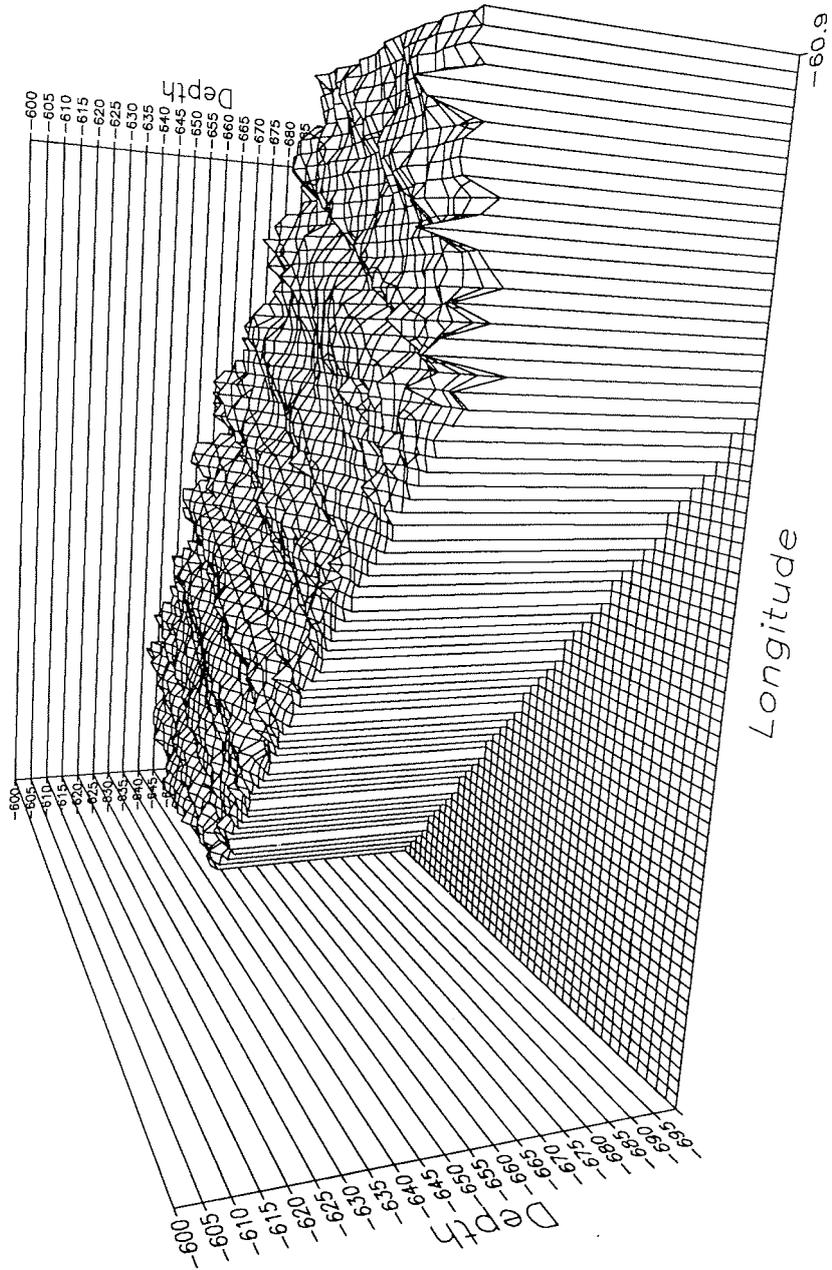


Abb. 50: Isoliniendarstellung des Seamount bei 72°27'S/24°50'W
Fig. 50: Isobaths for the seamount at 72°27'S/24°50'W



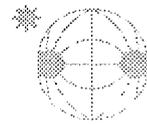
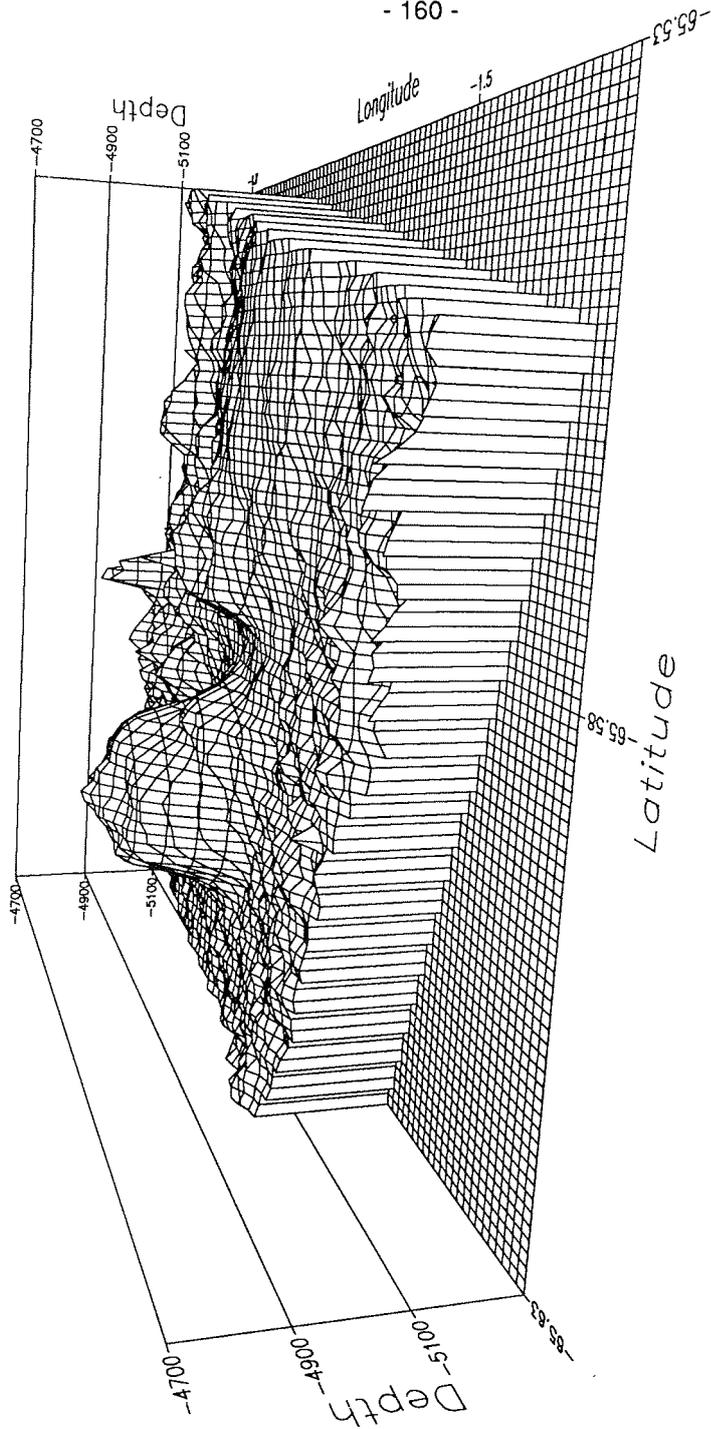
Bathymetric Group
Alfred Wegener Institute for
Polar and Marine Research
D-2850 Bremerhaven

Abb. 51: Ansicht des Seamount aus SSE
Fig. 51: View of the seamount from SSE



Bathymetric Group
Alfred Wegener Institute for
Polar and Marine Research
D-2850 Bremerhaven

Abb. 52: Eisbergkratzer im Bereich der Antarktischen Halbinsel
Fig. 52: Iceberg scour in the vicinity of Antarctic Peninsula



Bathymetric Group
Alfred Wegener Institut
Polar and Marine Rese
D-2850 Bremerhaven

Abb. 53: Ansicht einer kleineren Erhebung im Vorfeld des Maud Rise
Fig. 53: View of a small sea floor rise in the vicinity of Maud Rise

- 2.11 Filchner IV- Massenhaushalt und Dynamik des Filchner-Ronne-Schelfeise (J. Bamber, C. Drücker, H. Ehrhardt, A. Frenzel, K. Heidland, A. Karsten, J. Kipfstuhl, J. Köppe, H. Mandler, A. Minikin, H. Oerter, U. Nixdorf, A. Reinhold, B. Ritter, E. Schlosser, F. Schuster, W. Stadler, K. Sturm, J. Tanager, C. Völksen, Ch. Wege, M. Weynand, J. Wittenzellner, H. Wohltmann, A. Ziffer)

2.11.1 Einleitung und zeitliche Übersicht (H. Oerter)

Das Filchner-Ronne-Schelfeisprojekt ist Bestandteil einer internationalen Studie zur Erfassung und Beschreibung des Massenhaushaltes und der Dynamik dieses flächenmäßig zweitgrößten Schelfeises der Antarktis, die langfristig angelegt ist und noch weiter fortgesetzt werden soll. Als besondere Eigenart weist das Filchner-Ronne-Schelfeis in seinem zentralen Teil eine bis zu 300 m mächtige basale Eisschicht marinen Ursprungs auf. Die Filchner-IV-Kampagne war nun die vierte Expedition in diesem Rahmen, die erfolgreich durchgeführt werden konnte.

Das Expeditionsprogramm war an zwei Hauptfragestellungen ausgerichtet, zum einen an den Fragen im Zusammenhang mit der Entstehung des marinen Schelfeiskörpers, zum anderen an der Problematik der Kalibrierung von Altimeter- und SAR- (synthetic aperture radar) Messungen des Europäischen Remote Sensing Satelliten ERS-1. Demnach gliederten sich die Forschungsarbeiten in Bohraktivitäten (Kernbohrung und Heißwasserbohrung) sowie ground-truth-Messungen für den Satelliten ERS-1, die innerhalb eines Testfeldes sowie entlang einer Traversenroute durchgeführt wurden. In bewährter Weise wurden diese Arbeiten vervollständigt durch ein weiteres geodätisches Meßprogramm entlang einer ausgedehnten Traversenroute, bestehend aus trigonometrischem Nivellement, GPS-Messungen zur Bestimmung von Fließgeschwindigkeiten sowie Zweitmessungen an Deformationsfiguren, die während Filchner IIIa 1990 angelegt worden waren. Als ortsfeste Referenzstation für alle GPS-Messungen dieser Kampagne wurde eine Meßstation an der Argentinischen Station Belgrano II betrieben.

Am 21.01.92 hatte "Polarstern" beim "F", an der selben Stelle wie während Filchner IIIa, 1990, angelegt. Die Entladung war bereits am folgenden Tag, 22.01., abgeschlossen, und das gesamte Expeditionsmaterial wurde zunächst zur Filchner-Station transportiert. Nach einundeinhalb Tagen Vorbereitung an der Filchner-Station konnten sich die drei Gruppen, "Bohrcamp", "Mikrowellentaverse" und "Testfeld" am Nachmittag des 24.01. in Richtung ihrer Arbeitsgebiete (Abb. 54) in Bewegung setzen. Hierzu standen der Bohrcampgruppe 4 Pistenbullis, der Mikrowellengruppe 1 Pistenbulli und der Altimetergruppe 3 Skidoos zur Verfügung. Der Weg zum Altimetertestfeld über den Punkt 142 wurde neu mit Bambusstangen trassiert. Die Route der Bohrcampgruppe folgte der noch sichtbaren Trassierung der Filchner-IIIa-Kampagne (teilweise waren die Fahnen noch komplett erhalten, jedoch völlig ausgebleicht; eine bessere Tuchqualität wäre angebracht) nach "km 50" und von dort über die Punkte 136 und 235 nach Punkt 236. Die gesamte befahrene Trasse wurde neu mit Bambusstangen ausgesteckt und an jeder Stange der Abstand zwischen Stangenspitze und Schneeoberfläche gemessen. Während eines längeren Stopps bei "km 50" fuhr eine Zweimanngruppe mit Skidoos zum alten Bohrpunkt B13, um dort Nachmessungen an Temperaturketten vorzunehmen. Mit 2

Skidoos folgte die Zweimanngruppe "Nivellement" einen Tag später Richtung Punkt 142 der am Vortag trassierten Route .

Die Gruppe Bohrcamp erreichte den angestrebten Bohrpunkt nahe des Punktes D236 am 26.01. und blieb dort bis zum 19.02. Die Mikrowellengruppe erreichte das Gebiet Testfeld am 25.01., arbeitete in diesem Gebiet bis zum 29.01., um dann die Arbeiten entlang der Traversenroute Testfeld - Filchner-Station - 142 - 136 - 135 - Bohrcamp - 335 - Bohrcamp - 235 - Testfeld durchzuführen. Der erste Aufenthalt am Bohrcamp dauerte vom 07.02.-13.02., die Gruppe war dann am 18.02. zurück am Testfeld. Die Altimetergruppe arbeitete vom 25.01.-23.02. im Gebiet des Testfeldes. Die Gruppe Nivellement war in der Zeit 31.01.-02.02 und 03.-05.02. am Bohrcamp und arbeitete in der Zeit 11.02.-13.02. und am 16.02. im Gebiet des Testfeldes, die übrige Zeit zog sie messenderweise von Punkt zu Punkt. Am 06.02. erreichte sie den südlichsten Punkt der Expedition bei 345.

Die Rückfahrt von den Arbeitsgebieten zur Filchner-Station begann die Bohrcampgruppe am 19.02., wobei sie auf der Rückfahrt nach GPS-Instrumenten navigierte. Bei "km 50" wurde am 20.02. wieder ein längerer Stopp eingelegt, der weitere Nachmessungen am Punkt B13 erlaubte. Die Filchner-Station wurde dann am späten Nachmittag des 21.02. erreicht. Bereits am 20.02. hatte die Gruppe Nivellement das letzte Wegstück bis zur Filchner-Station abgearbeitet und es fehlte nur noch der Anschluß an die Meeresoberfläche (140 - 139). Die Mikrowellengruppe kam am 23.02. mittags zur Station zurück, die Testfeldgruppe nutzte den 23. morgens noch zu Messungen und traf mit einem defekten Skidoo spät in der Nacht an der Station ein. Die Aufenthaltstage an der Filchner-Station wurden für Um- und Rückstauarbeiten genutzt, so daß sich die gesamte Expeditionsgruppe am Morgen des 25.02. Richtung Eiskante in Bewegung setzen konnte, um dort etwa gleichzeitig mit "Polarstern" einzutreffen. Das gut vorbereitete Expeditionsgut konnte zügig auf "Polarstern" rückgeladen werden. Am 26.02. gegen Mittag verließ "Polarstern" bereits wieder die Eiskante.

Die gesamte Expedition verlief glücklicherweise ohne nennenswerte Unfälle. Die logistische Ausstattung der einzelnen Gruppen mit z.B. Fahrzeugen, Generatoren oder Verpflegung war sehr gut. Bei der Verpflegung der kleinen, mobilen Traversengruppen sollte bei den Lebensmitteln vielleicht noch stärker auf eine geeignete Größe der Verpackungseinheiten geachtet werden. Als weitere Anregung für spätere Landaktivitäten, bei denen sich eine größere Gruppe längere Zeit an einem Ort aufhält, wie z.B. 14 Leute am diesjährigen Bohrcamp, sei weitergegeben, ein Aufenthaltszelt mit Kücheneinrichtung mitzunehmen. Ein solcher Raum, in dem die Mahlzeiten gemeinsam eingenommen werden können, würde die Kommunikation zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen fördern und böte die Möglichkeit, mehr als nur eine Koch-Nische mit zweiflammigem Herd zur Zubereitung der Mahlzeiten vorzuhalten.

2.11.2 Bewegung, Deformation und Höhe des Schelfeises (A. Karsten, B. Ritter)

Während der Filchner-IV-Kampagne wurden an allen geplanten Positionen absolute und relative Eisbewegungen bestimmt. Über diese Beobachtungen und die

vorläufigen Ergebnisse, die sich durch die aufwendige Prozessierung der aufgezzeichneten Daten noch ändern werden, wird im folgenden Abschnitt Fließgeschwindigkeit und -richtung sowie im Abschnitt Strainverhalten berichtet. Das motorisierte trigonometrische Nivellement, das mittels zweier leichter Skidoo-Schlitzzüge realisiert wurde, umfaßt ca. 800 km nivellierte Routen, es ist höhenmäßig endgültig und für die Lagebestimmung vorläufig ausgewertet und im Abschnitt Trigonometrisches Nivellement dargestellt.

Fließgeschwindigkeit und -richtung

Die absoluten Positionen von vermarkten Vermessungspunkten (Breite, Länge und Höhe, ellipsoidisch) wurden während dieser Kampagne hauptsächlich zur Bestimmung von Fließgeschwindigkeiten und -richtungen gemessen; die Lagebestimmung aller nivellierten Bambusfahnen durch Polygonzüge erforderte ebenfalls die Stützung durch absolute Positionen einiger Routenpunkte im Abstand zwischen 15 und 70 km (Übernachtungspunkte). Die Positionsbestimmung wurde ausschließlich nach dem NAVSTAR-GPS-Verfahren durchgeführt. Zum Einsatz kam im Normalfall einer der beiden mitgeführten ASHTECH XII 2 Frequenz-Empfänger. Bei einigen Messungen wurde simultan der zweite eigene Empfänger auf der Station 236 betrieben. Da GPS-Einzelpunktlösungen seit etwa 2 Jahren durch den Betreiber des Systems absichtlich in der Genauigkeit verschlechtert wurden (SA), können die in der Tab. 15 angegebenen Koordinaten, die gemittelte aber unprozessierte Ablesungen sind, durchaus Standardabweichungen von etwa einer Bogensekunde - also rd. 30 m - aufweisen. Dadurch erhalten auch die vorläufigen Fließgeschwindigkeiten und -richtungen größere Standardabweichungen, selbst wenn sie aus einem Zweijahresintervall ermittelt wurden.

Da etwa im Zentrum des Arbeitsgebietes die Referenzstation ERS-1-Testfeld zeitgleich mit unseren Messungen mit einem ASHTECH XII (P-Code) Empfänger betrieben wurde, sind im "differential mode" im postprocessing wesentlich höhere absolute Genauigkeiten der Koordinatenunterschiede zu erwarten, die bei wenigen ppm der Entfernung zur Referenzstation liegen dürften. Bei 150 km Maximalentfernung sind Genauigkeiten im Submeterbereich wahrscheinlich, selbst wenn störende ionosphärische Ausbreitungsbedingungen vorhanden waren und diese nicht ganz eliminiert werden können. Die volle Bedeutung dieser Genauigkeiten wird erst durch die Anbindung der Referenzstation Testfeld an die Bezugsstation Belgano II (vgl. Abschn. 2.11.7.2) auf festem Fels sichtbar, da dadurch diese Koordinatenunterschiede über die gut modellierbare Bewegung der Testfeldstation in absolute ellipsoidische Breite, Länge und Höhe überführt werden können.

Die Abb. 54 enthält auf der Grundlage der "Glaziologischen Karte 1 : 2 000 000 Filchner-Ronne-Schelfeis" eine lagetreue Darstellung der in dieser Saison bestimmten Vermessungspunkte. Die topographische Situation wurde - bis auf die Darstellung der Eiskante an der Anlegestelle 1992 - unverändert übernommen. Nach dieser Kampagne ist das Geschwindigkeitsfeld des östlichen Teiles des Ronne-Schelfeises durch Stützpunkte relativ dicht und beinahe flächendeckend bestimmt, so daß eine erste Modellierung möglich sein wird.

Strainverhalten

Die relativen Eisbewegungen können zuverlässig aus wiederholten terrestrischen Messungen von vermarkten Deformationsfiguren abgeleitet werden. Die notwen-

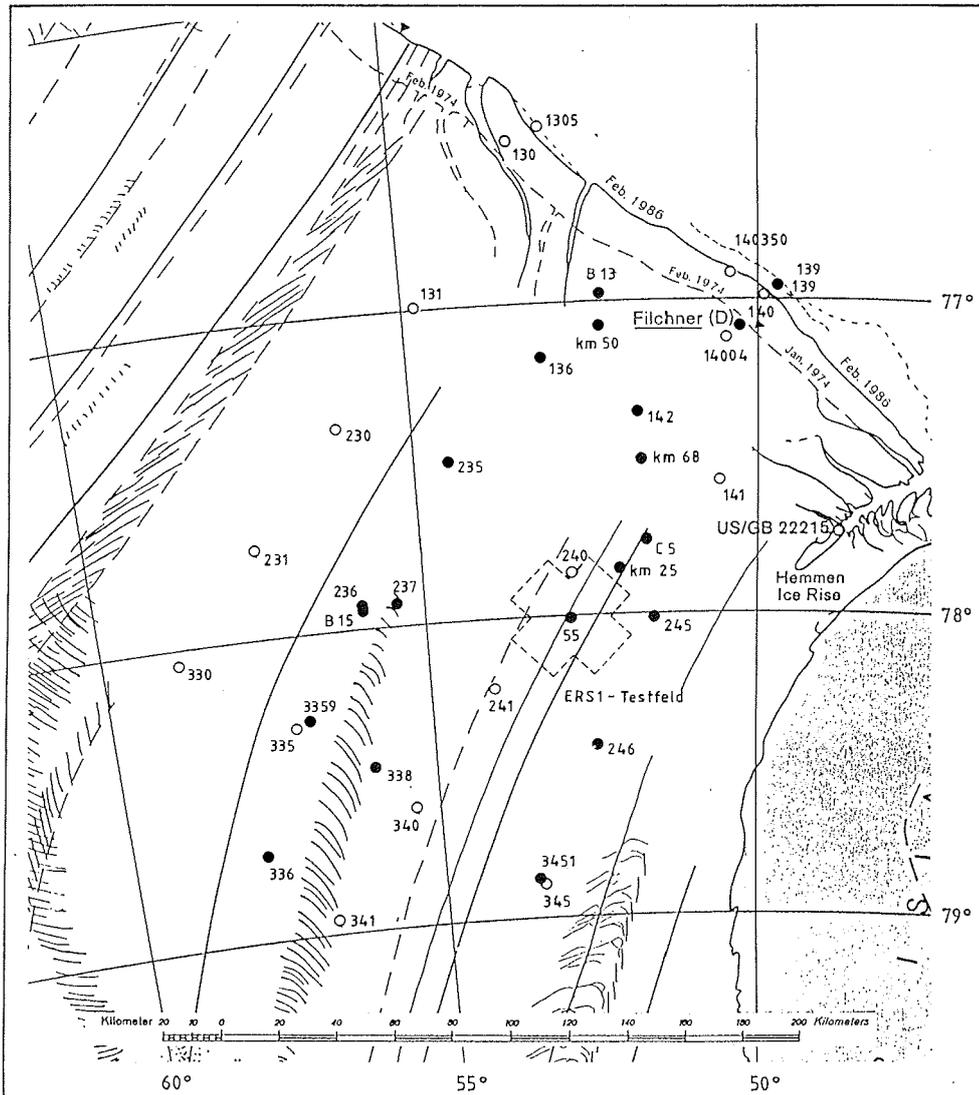
dige Zeitbasis zwischen Null- und Wiederholungsmessung ist abhängig von der Größe der Deformationen an der Eisoberfläche, der Präzision des zur Verfügung stehenden Instrumentariums und der Genauigkeit der Beobachtungen. Üblicherweise werden die Verzerrungen durch die auf Jahresabstand bezogenen Strainparameter e_1 und e_2 sowie deren Richtungen angegeben.

Punkt	ellips. Koord. (WGS84)		Datum der Messung	Art der Messg.	Fließparameter		Bemerkung
	B [° ' "]	L [° ' "]			v [m/a]	Azimut [°]	
140	-77 05 10	-50 13 54	23.01.92	W	1060	54	ident. MX B
	-77 05 08	-50 13 42	21.02.92	W			
142	-77 21 22	-51 44 34	27.01.92	N			Zeitraum f. Best. zu kurz
	-77 21 20	-51 44 26	20.02.92	W			
136	-77 10 40	-53 04 27	28.01.92	W	1210	43	
235	-77 29 52	-54 29 28	30.01.92	W	1090	38	
236	-77 55 26	-55 56 09	01.02.92	W	910	33	Nähe B15
336	-78 42 38	-57 49 32	03.02.92	W	660	21	
3359	-78 17 23	-56 56 53	03.02.92	W	770	28	Nähe 335
338	-78 27 26	-55 58 57	05.02.92	R			
3451	-78 51 12	-53 29 52	06.02.92	R			Nähe 345
246	-78 25 40	-52 30 23	08.02.92	N			
245	-78 00 50	-51 34 49	10.02.92	N			
55	-78 00 54	-52 49 40	08.02.92	T			Zentrum ERS1 Testfeld
237	-77 56 01	-55 23 18	15.02.92	R			
km 25	-77 51 20	-52 05 03	17.02.92	R			
km 68	-77 30 34	-51 43 05	19.02.92	R			
B13	-76 58 30	-52 12 40		S			indir. Koordinatenbest.
B15	-77 56 06	-55 56 10		S			indir. Koordinatenbest.
C5	-77 45 50	-51 39 00		R			indir. Koordinatenbest.
415G	-70 39 52	-08 15 15	04.03.92	S			Geophysikobservatorium Neumayer

N = Nullmessung; W = Wiederholungsmessung; R = Routenpunkt; S = Sonderpunkt ; T = Testfeldmessung

Tab. 15: Koordinaten von Vermessungspunkten (GPS-Feldlösungen)

Tab. 15: Co-ordinates of stations (GPS-field solutions)



- 230 Vermessungspunkt (Koordinatenbezug 1984 bzw. 1986)
Reference Point (Coordinates 1984 resp. 1986)
- 142 Vermessungspunkt (Koordinatenbezug 1992)
Reference Point (Coordinates 1992)

Abb. 54: Ausschnitt aus "Glaziologische Karte 1 : 2 000 000 Filchner-Ronne-Schelfeis" (Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/M, 1987), in die die Arbeitspunkte der Filchner-IV-Kampagne eingetragen wurden.

Fig. 54: Section of "Glaciological Map 1 : 2 000 000 Filchner-Ronne-Schelfeis" (IfAG, 1987) containing additionally the working sites of the Filchner IV-campaign.

Als Feldlösungen können vorläufige Strainparameter schon aus dem Vergleich der Streckenmessungen berechnet werden (Tab. 16). Für die endgültige Strainanalyse dagegen werden alle Beobachtungen einer Figur und einer Saison nach allen geometrischen und meteorologischen Reduktionen gemeinsam einer vermittelnden Koordinatenausgleichung unterzogen. Diese Koordinaten in einem örtlichen System werden dann mittels Affintransformation mit den Koordinaten der vorausgegangenen Nullmessung verglichen und ergeben die ortsabhängigen Strainparameter.

Punkt	Datum der Messung	Zeitintervall [d]	Strainparameter			Bemerkung
			t_1 [gon]	e_1 [$10^{-3}/a$]	e_2 [$10^{-3}/a$]	
142	26.01.92 19.02.92	24	23,4	+1,2	+0,3	Straindreieck mit 2 Zentralpunkten
136	20.01.90 28.01.92	738	15,1	+1,8	+0,1	Straindreieck mit 2 Zentralpunkten
235	04.02.90 30.01.92	725	26,3	+3,2	-0,8	Straindreieck mit 2 Zentralpunkten
236	02.02.90 01.02.92	729	27,6	+2,9	-1,3	Straindreieck mit 2 Zentralpunkten bei Bohrlokation B15
336	31.01.90 03.02.92	733	30,2	+2,2	-0,3	Straindreieck mit 2 Zentralpunkten

Tab. 16: Aus Wiederholungsmessungen abgeleitete vorläufige Strainparameter

Tab. 16: Preliminary strain-values evaluated from repeated measurements

Für die Messungen stand das bewährte Instrumentarium (Distanzmesser KERN Mekometer ME 5000, Richtungen, Zenitwinkel und Zeitazimute (Sonne) mit WILD TC 2000, Azimute bei Bewölkung mit Aufsatzkreisel WILD GAK 1) zur Verfügung (Ritter & Karsten, 1991).

Die im Expeditionsplan vorgesehenen Wiederholungsmessungen an den Punkten 136, 235, nahe der Bohrstelle B 15 bei 236 sowie bei 336, die alle 1990 erstmals vermessen worden waren, wurden durchgeführt. Die Zeitbasis von 24 Tagen konnte als ausreichend angesehen werden, um für die neuengerichtete Deformationsfigur bei 142 eine Wiederholungsmessung vorzunehmen. Zur Verdichtung des Strainfeldes und als Grundlage weitergehender Analysen im Zusammenhang mit der Einrichtung des ERS-1-Testfeldes wurden zwei weitere Deformationsfiguren bei 246 und 245 neu vermarktet und erstmals vermessen (Abb. 54). Auch das Strainfeld wird nach der endgültigen Auswertung dieser Epoche so eng bestimmt sein, daß eine Modellierung möglich wird.

Einen Lageplan der wesentlichen Einrichtungen des Bohrcamps B 15 enthält die großmaßstäbige Abb. 55.

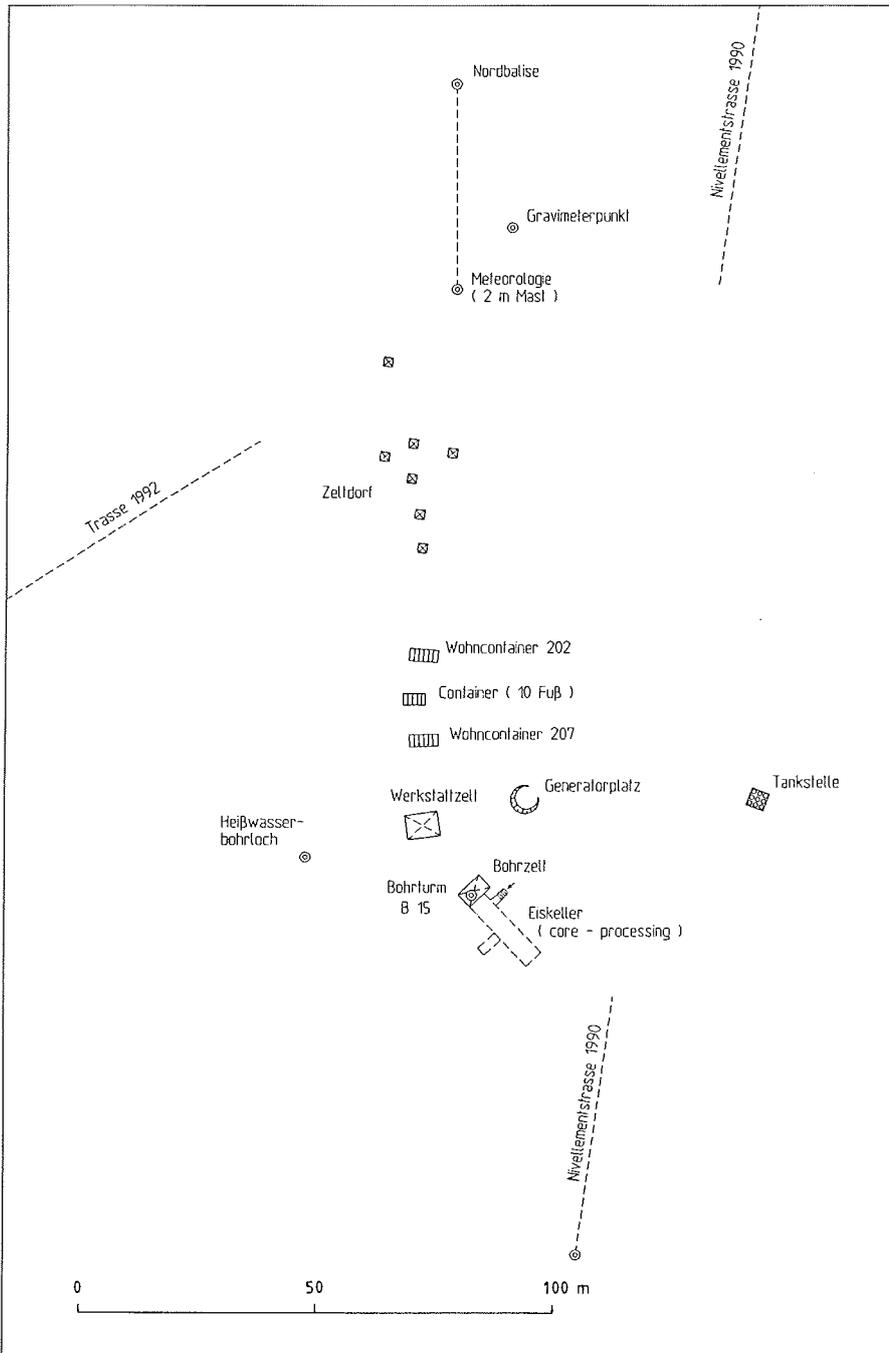


Abb. 55: Lageplan des Bohrcamps B 15
Fig. 55: Location map of drilling-camp B 15

Trigonometrisches Nivellement

Zur Bestimmung von Höhen über der Meeresoberfläche hat sich das Meßverfahren und Instrumentarium für das motorisierte trigonometrische Nivellement bei der Filchner-IIIa-Kampagne 1989/90 sowohl hinsichtlich Genauigkeit wie auch beim Arbeitsfortschritt bewährt. Die detaillierten Auswertungen hatten aber auch ergeben, daß die elektronischen Tachymeter Wild TC 2000 bei der sehr rauen Transportbeanspruchung einer häufigen Kontrolle des automatischen Höhenindex bedürfen. Es empfiehlt sich, den entsprechenden Kompensator nicht nur einmal am Tage zu überprüfen. Bisher wurden alle Messungen nur in der Hauptbedienungs-lage (Lage I) des Theodolitenrohres vorgenommen. In diesem Jahr wurde auf jedem Standpunkt eine zusätzliche Zielung in der zweiten Lage zur Bambushöhen-marke der gegenüberliegenden Station gemacht. Dadurch wurde der Arbeitsfortschritt zwar etwas verzögert, aber ein möglicher systematischer Fehlereinfluß weitgehend eliminiert, die Genauigkeit erhöht und die Zuverlässigkeit gesteigert.

Es war vorgesehen, eine weiträumige Schleife entlang der 1990 gemessenen Trasse von Punkt 136 bis Punkt 335, am Bohrpunkt B 15 bei Punkt 236 vorbei süd-wärts und über die alten Punkte 340 und 345 nach Osten zu führen. Von dort sollte nordwärts mit einigen Punktanschlüssen im ERS-1-Testfeld beim neuen Punkt 142 nach ca. 520 km der Ring geschlossen werden. An der Anlegestelle der "Polarstern" wurde erneut der Anschluß an die Meeresoberfläche gemessen und die Höhe an der Filchner-Station (140) vorbei zum Punkt 142 übertragen. Die für das trigonometrische Nivellement im allgemeinen günstigen Witterungsbedingun-gen (wenige Zeiten mit starker, direkter Strahlung, vornehmlich starke Bewölkung und mäßige Winde) in dieser Saison haben die Meßfortschritte so günstig beein-flußt, daß über die geplanten Nivellementslinien hinaus noch eine zusätzliche Verbindung zwischen dem ERS-1-Testfeld und dem Punkt 236 (Bohrlokation B 15) beobachtet werden konnte. Der Abschnitt zwischen Punkt 142 und der Filchner-Station wurde auch auf dem Rückweg nivelliert. Einschließlich der Höhenan-schlüsse an die Meeresoberfläche der automatischen Wetterstation am Drescher-Inlet und der neuen Überwinterungsstation "Neumayer" auf dem Ekströmschelfeis wurden in der Zeit 25.01.-04.03.92 insgesamt 800 km mit Zielweiten zwischen 400 m und 1400 m nivelliert. Um den sehr inhomogenen Refraktionsverhältnissen spe-ziiell in den späten Nachmittagsstunden auszuweichen, wurden die Messungen in der Regel gegen 19:00 Uhr (UTC) - entsprechend etwa 15:00-16:00 Uhr Ortszeit - beendet.

In Tab. 17 sind die Höhenunterschiede zwischen den Balisenoberkanten der Hauptpunkte, die Distanzen und die Anzahl der Zwischenpunkte - das sind die Bambusflaggen - aufgeführt. Die Messungen in den beiden großen Schleifen und bei den Strecken mit Wiederholungsmessungen hatten Widersprüche $< 0,2$ m ergeben. Diese Widersprüche sind in den aufgelisteten Werten bereits abgeglichen. Unterschiedliche Angaben bei den Schneehöhen für denselben Punkt resultieren aus Veränderungen während der Saison, die auf Drift oder Schneefall zurückzu-führen sind.

von nach	Datum der Messung	Distanz [km]	Anzahl der Standpkt	Höhenunterschied (Balisen) [m]	Schneehöhe [m]	Bemerkung
140	25.01.92	48,0	51	(+13,613)	40,5	Hinmessung
142					53,6	
142	27.01.92	38,5	31	-5,985	53,6	
136					49,3	
136	29.01.92	49,8	40	+8,074	49,3	
235					57,4	
235	31.01.92	58,7	46	+3,856	57,4	
236					61,2	
236	02.02.92	47,0	36	+2,815	61,2	
3359					64,0	
3359	05.02.92	28,7	24	+4,140	64,0	
338					67,0	
338	06.02.92	70,2	56	+4,628	67,0	
3451					71,6	
3451	07.02.92	52,3	41	-4,400	71,6	
246					68,2	
246	09.02.92	50,8	40	-3,170	68,2	
245					64,8	
245	11.02.92	40,0	36	-0,796	64,8	
55					62,8	
55	12.02.92	40,0	41	(-0,077)	62,8	ERS1-Testf. Schleife
55					62,8	
55	13.02.92	30,0	28	-0,201	62,8	
71					62,9	
71	14.02.92	38,1	31	-2,781	62,9	
237					60,8	
237	15.02.92	12,8	12	+0,235	60,8	
236					61,2	
57	16.02.92	35,0	36	-2,656	64,0	
25					61,2	
25	18.02.92	43,0	43	-4,986	61,2	
68					56,8	
68	19.02.92	17,2	18	-2,637	56,8	
142					53,7	
142	20.02.92	48,0	50	(-13,671)	53,9	
140					40,5	
140	24.02.92	20,1	16	-14,682	40,7	
139					26,6	
Atka PE1	04.03.92	8,8	17	+40,747	0,0	Meeresans. Neumayer
					39,6	

Tab. 17: Zusammenstellung der Daten des trigonometrischen Nivellements
 Tab. 17: Data-compilation of trigonometric levelling

Als Beispiele für die stark variierenden Oberflächenformen des Filchner- und des Ekströmschelfeises in der Nähe der Eiskante sind die beiden Stationsanschlüsse an die Meeresoberfläche in Vertikalschnitten dargestellt (Abb. 56 und 57).

Die weitgehend tableauförmige Oberfläche des Filchner-Schelfeises zeigt erst bei entsprechender Maßstabsauswahl, daß in manchen Regionen deutliche Strukturen (Wellen o.ä.) vorhanden sind. Diese Strukturen können hochaufgelöst dargestellt werden, wie dies aus den Abb. 58 und 59 aus dem Bereich des ERS-1-Testfeldes abzulesen ist. Aus den Daten der zum zweiten Mal gemessenen Nivellementsstrecke von 136 - 3359 (ca. 150 km) sowie dem wiederholten Anschluß der Filchner-Station an die Meeresoberfläche sollen Höhendeformationen der Eisoberfläche analysiert werden. Sehr vorteilhaft ist dabei die Tatsache, daß alle Bambusstäbe von 1990 auf den genannten Strecken wieder aufgefunden wurden. Die Detailauswertung der Höhenprofile von 1990 und 1992 wird die Höhenverhältnisse des östlichen Ronne-Schelfeises zuverlässig beschreiben und klären, ob signifikante Korrelationen zu den glaziologisch-morphologischen Angaben in der "Glaziologischen Karte 1 : 2 000 000 des Filchner-Ronne-Schelfeises" (Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/M, 1987) vorliegen.

Im ERS-1-Testfeld wurden von 69 vermarkten und mit GPS vermessenen Punkten insgesamt 25 Pegel auch mittels des trigonometrischen Nivellements an die Meereshöhe angeschlossen. Nach der Auswertung dieser GPS-Daten kann auch ein Vergleich zwischen den beiden unterschiedlichen Höhensystemen - Ellipsoidhöhen aus GPS-Messungen, Geoidhöhen aus dem trigonometrischen Nivellement - vorgenommen werden.

Literatur:

RITTER, B. & KARSTEN, A., 1991: Geodäsie. in: MILLER, H. & OERTER, H. (Hrsgb.), Die Expedition ANTARKTIS VIII mit FS "Polarstern" 1989/90, Bericht vom Fahrtabschnitt VIII/5. Ber. *Polarforschung*, **86**, 50-57.

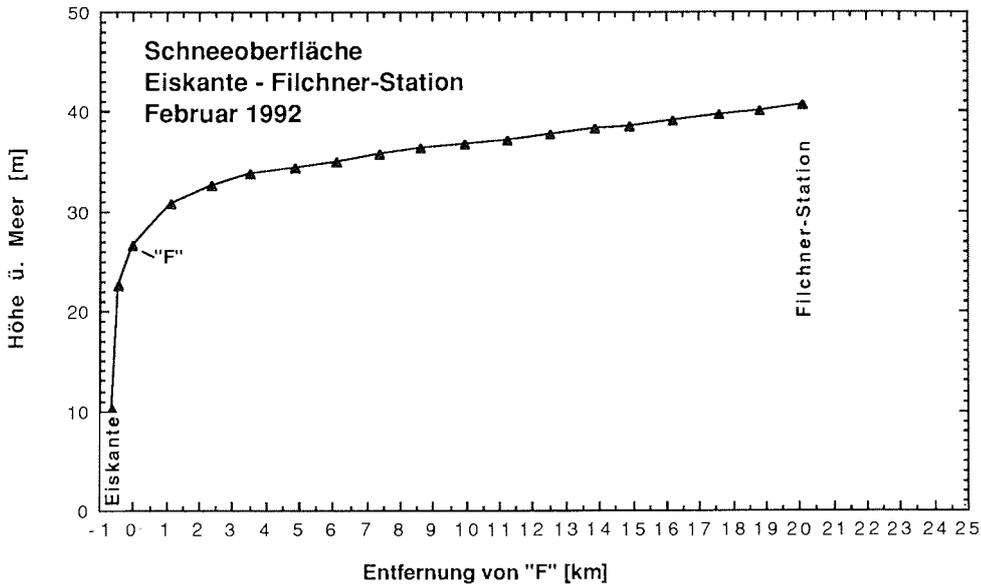


Abb. 56: Schelfeisoberfläche zwischen Eiskante und Filchner-Station
Fig. 56: Surface of the ice shelf between ice edge and Filchner-station

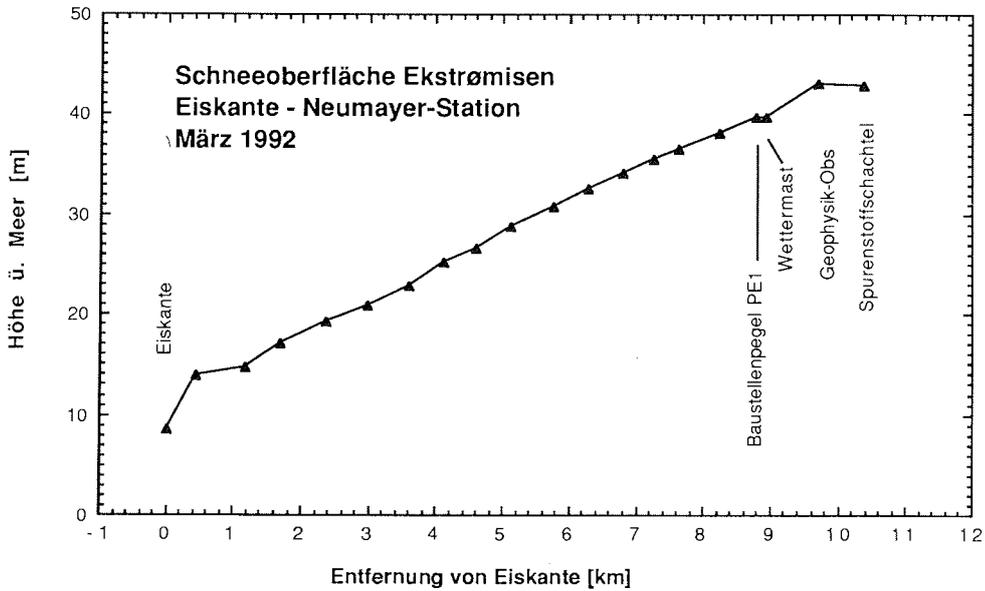


Abb. 57: Schelfeisoberfläche zwischen Eiskante und Neumayer-Station
Fig. 57: Surface of the iceshelf between iceedge and Neumayer-station

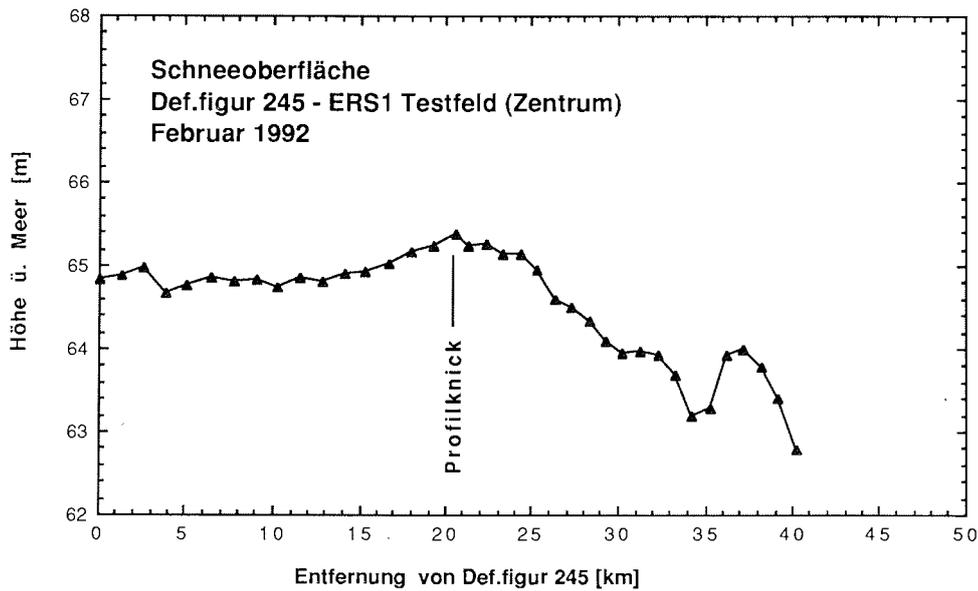


Abb. 58: Schelfeisoberfläche im ERS-1 Testfeld (1 km Zielweiten)
Fig. 58: Surface of the iceshelf in the ERS-1 testfield (1 km distances)

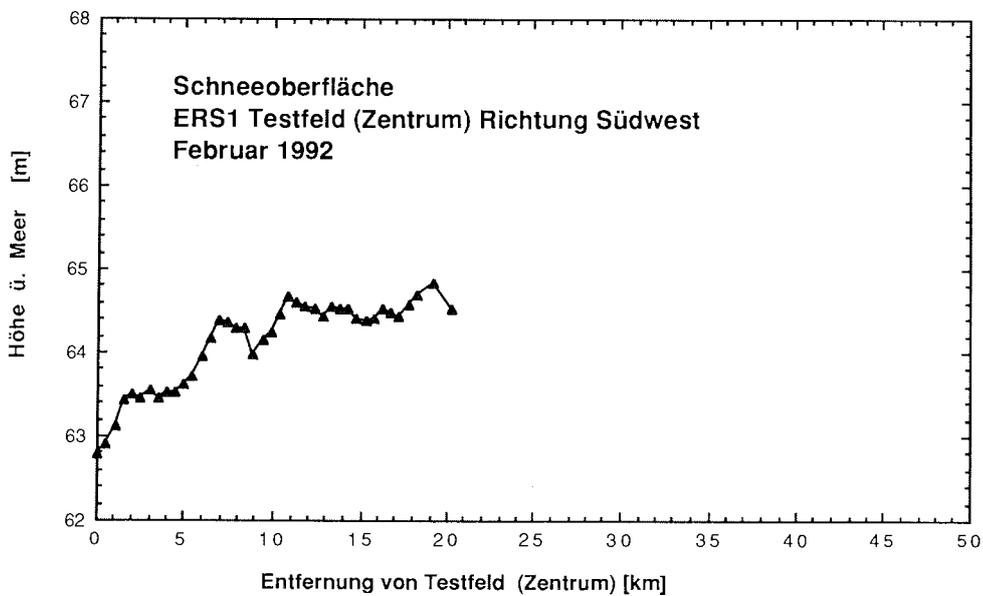


Abb. 59: Schelfeisoberfläche im ERS-1 Testfeld (0,5 km Zielweiten)
Fig. 59: Surface of the iceshelf in the ERS-1 testfield (0,5 km distances)

2.11.3 Kernbohrung (H. Oerter, J. Kipfstuhl, A. Minikin)

Die Hauptaufgabe der Kernbohrung war das Erreichen und weitgehende Durchteufen des marinen Schelfeises, das nach früheren EMR-Messungen am Punkt 236 (N. Blindow, pers. Mitt.) bei ca. 155 m anstehen sollte. Der Bohransatzpunkt war so gewählt, daß er in etwa auf einer Fließlinie durch die Bohrung B13 von 1990 (Miller & Oerter 1991) liegt (Abb. 54). Diese Lage sollte die direkte Zuordnung einzelner Horizonte in beiden Bohrungen, sowohl im meteorischen wie im marinen Teil, ermöglichen und die zeitliche Veränderung des Eiskörpers auf dem ca. 144 km langen Fließweg (Fließzeit nach Geschwindigkeitsmessungen von Ritter & Karsten, Tab. 15, 132 Jahre) aufzeigen. Dies gilt besonders für das Kristallwachstum im marinen Schelfeis. Der meteorische Teil der Bohrung B15 ist dabei in der Bohrung B13 unterhalb der Schelfeisakkumulation zwischen B15 und B13, d.h. in einer Tiefe ab ca. 37 m, abgebildet, der marine Teil der Bohrung B13 hingegen voll in der Bohrung B15. Zusätzlich ist dort noch marines Eis zu finden, das später auf dem Weg bis B13 bereits an der Unterkante abgeschmolzen wird. Die Bohrung B15 liegt in einem Bereich mit Akkumulation an der Schelfeisunterseite, d.h. nach unserer derzeitigen Vorstellung Anlagern von in der freien Wassersäule ausgefrorenen Eisplättchen, B13 hingegen in einem Gebiet mit Ablation. Der Bohransatzpunkt von B15 lag ca. 1,5 km südlich des Punktes D236, bei 77° 56' 06" S und 55° 56' 10" W (Abb. 55), auf einer Höhe von 61 m über dem Meer (Ritter & Karsten, pers. Mitt.), woraus sich nach einer bei Thyssen (1988) genannten, für Gletschereis gültigen Beziehung eine Schelfeismächtigkeit von 420 m errechnet (Abb. 60). Die Kernbohrung B15 ist die zweite Kernbohrung auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis, die Probenmaterial aus dem marinen Schelfeis erbohrte.

Literatur:

Thyssen, F., 1988: Special aspects of the central part of the Ronne Ice Shelf. *Annals Glaciology* 11,

Miller, H. & Oerter, H. (Hrsgb.), 1991: Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS "Polarstern" 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt VIII/5. *Ber. Polarforschung* 86, 58-62

Längsschnitt Filchner-Ronne-Schelfeis

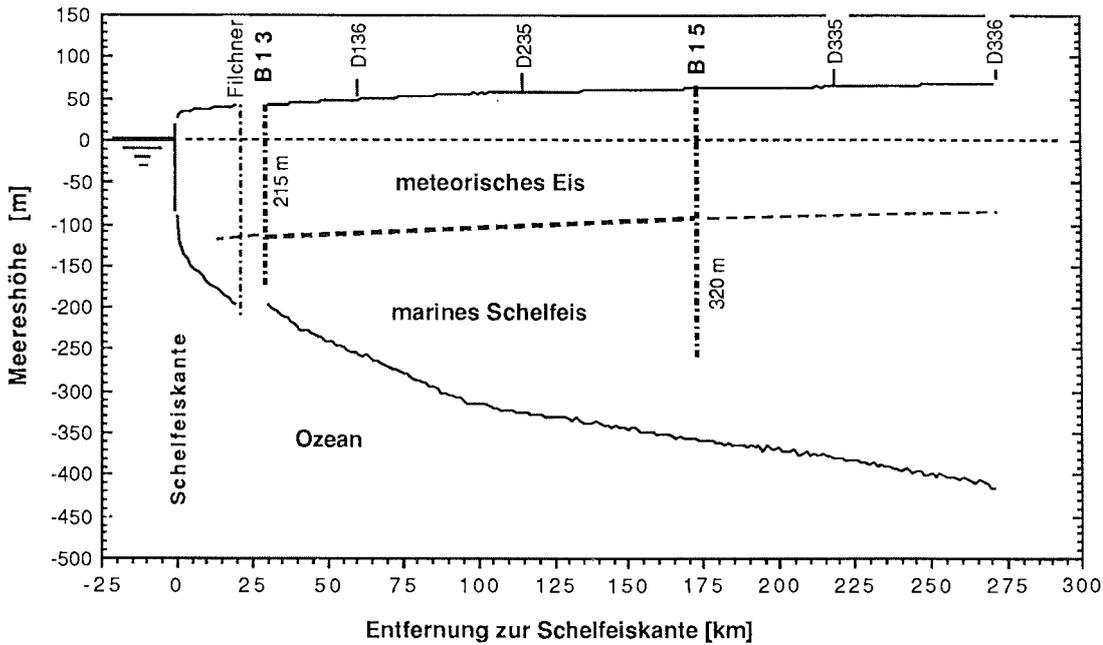


Abb. 60: Längsschnitt durch den zentralen Bereich des Ronne-Schelfeises, entlang einer Fließlinie auf dem Möller-Eisstrom (vgl. Abb. 54). Eingezeichnet sind die beiden Bohrungen B13 von 1990 und B15 von 1992. Die Höhen der Schelfeisoberkante wurden während Filchner IIIa von Ritter & Karsten mit Hilfe eines trigonometrischen Nivellements bestimmt, die Schelfeismächtigkeit daraus nach einer bei Thyssen (1988) angegebenen, für Gletschereis gültigen Beziehung berechnet.

Fig. 60: Cross section along a flow line on the Möller Ice Stream (Fig. 54), central part of Ronne Ice Shelf. The figure shows the two boreholes B13 and B15 from 1990, 1992, respectively. The elevation of the snow surface was determined by Ritter & Karsten during the Filchner-IIIa field season in 1990. The thickness of the ice shelf was calculated according to a relationship given by Thyssen (1988).

2.11.3.1 Bohrtechnik und Bohrverlauf (C. Drücker, H. Oerter, W. Stadler)

Bohrtechnik

Die Bohrung wurde mit dem schon bei früheren Bohrungen eingesetzten AWI-Bohrgerät durchgeführt (Bässler & Kohnen 1990), wobei jedoch wesentliche Komponenten modifiziert bzw. neu gefertigt wurden:

- Die Untergrundeinheit wurde von 3" auf 4" erweitert, wodurch sich der Kerndurchmesser von 70 auf 98 mm vergrößerte. Dies entspricht nahezu einer Verdoppelung des Kernquerschnitts.
- Die Bohrkronen wurden nach den Erfahrungen bei den Bohrungen B13 und B14 völlig neu konzipiert und gefertigt.
- Aufgrund der guten Erfahrungen bei den beiden letzten Bohrungen B13 und B14 (Miller & Oerter 1991) kamen Rundmesser mit innerer Hohlkehle zum Einsatz (Abb. 61)
- Die Kernfänger wurden nochmals neu konzipiert und gefertigt, da die bei B13 erstmalig verwendeten Kernfänger unzuverlässig arbeiteten und zusätzlich den Kerndurchmesser verringerten.
- Das Kernrohr wurde um 300 mm auf 2500 mm verlängert.
- Der Bohrturm wurde um 400 mm auf 5800 mm verlängert.
- Unter dem Umlenkrad des Bohrturms wurde eine Druckmeßdose montiert, die im Regelschrank ständig den tatsächlichen Zug am Bohrerakabel anzeigt.
- An der Winde wurde eine Scheibenbremse montiert.
- An der Umlenkrolle des Seillaufspul-Kompensators wurde ein Seillängenzähler zur Tiefenanzeige installiert.

Verlauf der Bohrung

Nach Errichtung des Schutzzeltes und des Bohrgerätes wurde am 29.01.92 um 17 Uhr mit der Kerngewinnung begonnen. Während 150 Stunden effektiver Bohrzeit in 19 Bohrtagen wurden 414 Hieven gefahren. Am 16.02.92, 02:00 Uhr, wurden bei einer Endtiefe von 320,74 m die Arbeiten eingestellt (Abb. 62). Bei 405 Hieven konnte gekernt werden, 6 Hieven waren an den letzten 3 Bohrtagen notwendig, um den eigentlichen Lochdurchmesser von 135 mm wieder herzustellen, da dieser sich unterhalb von 200 m durch die Plastizität des unter Druck stehenden, relativ warmen (vgl. Abb. 64) Eises verringert hatte und die Untergrundeinheit nicht mehr bis auf die Lochsohle gefiert werden konnte. Eine Hieve wurde abgebrochen, da der Antriebsmotor der Winde ausfiel und gegen den Ersatzmotor getauscht werden mußte. Zwei Hieven brachten aus unbekanntem Gründen keinen Kern.

Erfahrungen

Die neuen Bohrkronen, bestückt mit Rundmessern mit innerer Hohlkehle und die neuen Kernfängern haben sich bewährt. Im Vergleich zu früheren 3"-Bohrungen konnte der Bohrfortschritt, trotz Erweiterung des Kerndurchmessers auf 4", beschleunigt werden, obwohl die installierte Antriebsleistung für Bohrer und Winde unverändert blieb. Dies ist im wesentlichen auf die geringeren Schneidkräfte der neuen Rundmesser mit innerer Hohlkehle und die gute Funktion aller sonstigen Gerätekomponenten zurückzuführen. Die notwendigen Justier- und Reparaturzeiten konnten auf 20 Stunden während der gesamten Bohrung reduziert werden.

Für zukünftige Einsätze sind folgende Verbesserungen am Bohrgerät notwendig:

- Das zweite Kernrohr muß mit einer identischen Bohrkronen bestückt werden, um durch einen schnelleren Kernrohrtausch die Entnahmezeit des Kerns aus dem Kernrohr in die Frierzeit der nächsten Hieve zu verlegen und somit den Bohrfortschritt, zumindest in größeren Tiefen, weiter beschleunigen zu können.
- Die Oberfläche der Kernrohre muß beschichtet werden, um Reifansatz und die damit verbundene Behinderung des Bohrmehltransports zu verhindern.
- Die Funktion der Kernrohrkupplung bedarf der Verbesserung.
- Der Meßfehler der Tiefenanzeige muß verringert werden.
- Die Zugmeßanzeige bedarf des besseren Schutzes gegen störende externe Signale.
- Eine Windenmotorregelung muß konzipiert und gefertigt werden, die konstante Fiergeschwindigkeiten ermöglicht und die Sicherheit gegen Bedienungsfehler erhöht.
- Ein separater Bohrkopf muß konzipiert und gefertigt werden, der den Zeitbedarf für das Aufbohren des Loches in größeren Tiefen erheblich vermindert.

Literatur

BÄSSLER, K.-H. & KOHNEN, H., 1990 : German intermediate ice core drillings since 1981, technique and experience. Proc. Workshop on Ice Core Drilling, Grenoble

MILLER, H. & OERTER, H. (Hrsgb.), 1991: Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS "Polarstern" 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt VIII/5. *Ber. Polarforschung* 86, 58-62

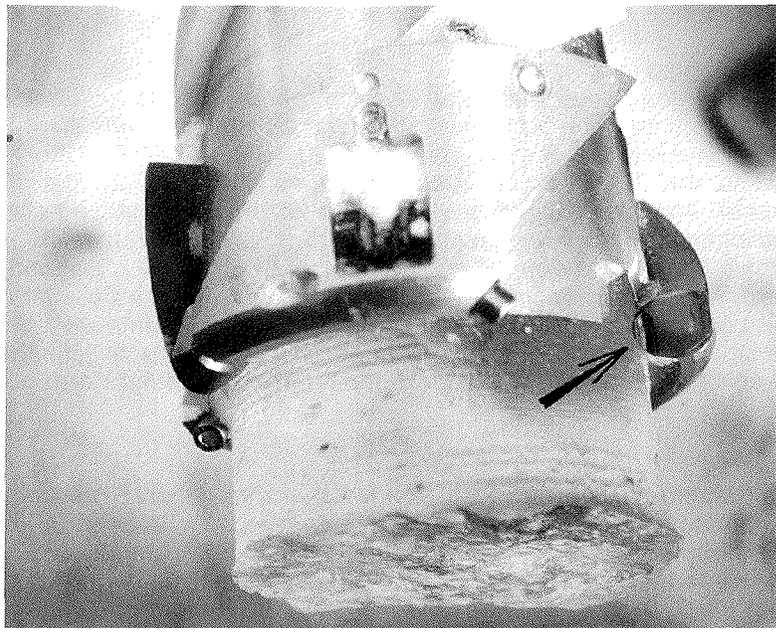


Abb. 61: AWI-Eiskernbohrer: Bohrkronen bestückt mit Rundmessern mit innerer Hohlkehle (siehe Pfeil).

Fig. 61: AWI ice-core drill: drillhead with round bits with hollow-ground edge (see arrow)

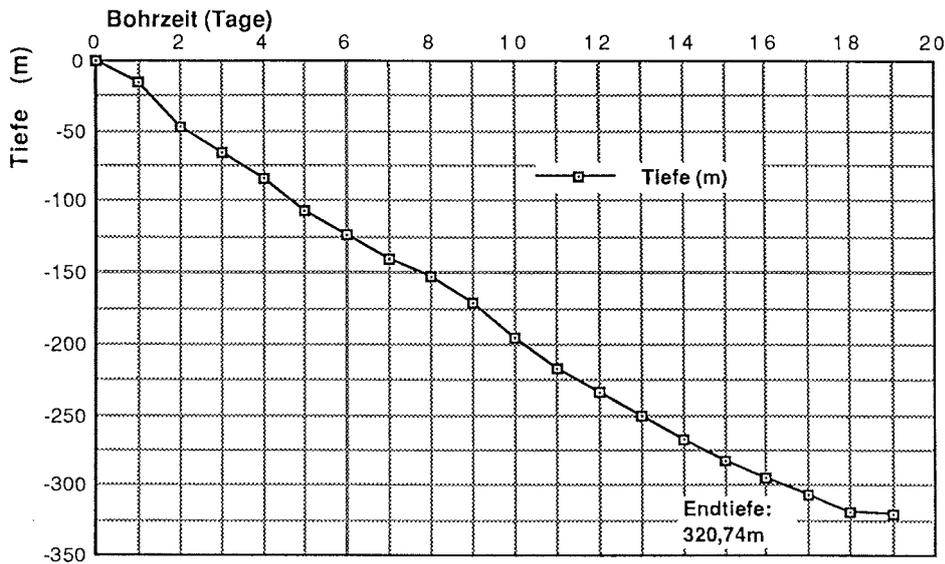


Abb. 62: Zeitlicher Verlauf der Bohrung B15 auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis, 29.01.-16.02. 1992

Fig. 62: Drill log ice core B15 on the Filchner-Ronne-Ice Shelf, 29.01.-16.02.1992; relationship between borehole depth and time

2.11.3.2 Gewonnenes Probenmaterial (H. Oerter, A. Frenzel, J.Kipfstuhl, A. Minikin)

Das Probenmaterial der Bohrung B15 umfaßt eine gekerntete Länge von 319 m, beginnend bei 1,8 m unter der Schneeoberfläche vom 29.01.92. Der Kerndurchmesser liegt bei 98-99 mm. Das Kernmaterial ist i. allg. von sehr guter bis guter Qualität, nur im Bereich 125-140 m und 145-152 m traten gehäuft Brüche auf, die jedoch die Kontinuität von Einzelproben für Isotopengehaltsbestimmung und chemische Analysen noch nicht nachhaltig beeinflussen sollten. Die mittlere Kernlänge beim Bohren betrug im Firnbereich $0,91 \pm 0,19$ m, im meteorischen Eisbereich $0,77 \pm 0,17$ m und im marinen Schelfeis $0,76 \pm 0,07$ m.

Die Kerne wurden in der Regel mit zwei horizontalen Bleistiftmarkierungen versehen, die für die weitere Bearbeitung eine eindeutige Tiefenzuordnung gewährleisten sollen. Außerdem wurden sie vertikal, in Längsachse markiert. An den meisten Kernen wurde in situ bereits die elektrische Leitfähigkeit (Wechselstromleitfähigkeit und sog. ECM) gemessen. Hierzu wurden vor der Messung von den Kernen in

Längsachse ca. 5 mm abgehobelt. Die in situ durchgeführten zerstörungsfreien Messungen, elektrische Leitfähigkeiten und Gamma-Absorption zur Dichtebestimmung sind im Abschnitt 2.11.4 näher erläutert.

Für die sich anschließenden Labormessungen wurden im Bereich 46,3-138,6 m und 153-179 m bereits Längsaliquote für die Messungen von ^{18}O bzw. ^2H am GSF-Institut für Hydrologie in München-Neuherberg (4-5 Proben pro Kernstück) und für chemische Analysen am Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, (jeweils 1 Streifen über ganze Kernlänge) abgesägt und separat verpackt. Im tieferen Bereich des meteorischen Eises kam es, vermutlich wegen zu hoher Spannungen im Eis, zu so starken Brüchen beim Sägen, daß dieses eingestellt wurde; mit dem weiteren Zersägen kann erst im Labor fortgefahren werden, wenn sich der Kern genügend entspannt hat.

Für Dünnschnittanalysen wurden zwischen 47 m und 179 m bereits jeweils 22 horizontale und vertikale (Länge 20 cm) Dickschnitte herausgesägt und ebenfalls getrennt verpackt.

Bis zum Abschluß des Core-Processing lagerten die Eiskerne in Nischen im Firn bei Temperaturen zwischen -15 und -7 °C. Anschließend wurden sie in zweischichtige Folie (PE/PA) eingeschweißt und in wärmegeämmte Holzkisten verpackt. Die Lager- und Transporttemperatur im Freezer wurde auf -20 °C eingestellt.

Für erste Übersichtsmessungen der elektrolytischen Leitfähigkeit und des ^{18}O -Gehalts wurde wie bei B13 das Bohrmehl jeder Hieve beprobt. Für die Untersuchung von partikulären Einschlüssen im marinen Schelfeis stehen neben dem Kernmaterial 6 großvolumige Bohrmehlproben zur Verfügung.

Der Wechsel von meteorischem zu marinem Schelfeis wurde bei 152,75 m Tiefe beobachtet, wo wie bei B13 ein sehr markanter Übergang von opaken, mit vielen Luftblasen durchsetztem meteorischem Eis zu glasklarem, von Luftblasen und, im Gegensatz zu B13, von partikulären Eiseinschlüssen freiem marinem Schelfeis auftrat. Die partikulären Einschlüsse setzten erst ca. 1 m unterhalb der genannten Grenzschicht ein und waren, abgesehen von einer kräftigen Schmutzlage bei 154,15-154,25 m insgesamt weniger dicht verteilt als in B13. Die kettenförmige Anordnung und horizontale Schichtung konnte jedoch auch hier beobachtet werden.

Da der Bohrkern B15 erst bei einer Tiefe von 1,80 m unter der Schneeoberfläche beginnt, wurde zusätzlich ein 5 m tiefer Schneeschacht beprobt. Außerdem wurde noch eine 10-m-Bohrung in der Nähe der Hauptbohrung gebohrt, die zusätzliches Probenmaterial der oberflächennahen Schichten zur Verfügung stellt.

An dem Kernmaterial sind am AWI vorwiegend Untersuchungen zur Struktur und zu physikalischen Eigenschaften des Eis sowie Untersuchungen an den Partikeleinschlüssen vorgesehen. Das Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, plant chemische Untersuchungen, die Münchener Arbeitsgruppe (Bayerische Akademie der Wissenschaften und GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit) Isotopenuntersuchungen. Für diese weiterführenden Laborprogramme ist eine finanzielle Förderung bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft beantragt. Außerdem soll die Zusammenarbeit mit der

Forschungsstelle für physikalische Glaziologie, Universität Münster, und dem British Antarctic Survey, Cambridge, fortgeführt werden.

2.11.4 Messungen am Bohrkern und im Bohrloch (H. Oerter, A. Frenzel, J. Kipfstuhl, A. Minkin)

Das bereits im Feld durchgeführte Meßprogramm am Eiskern B15, das sogenannte "core processing", wurde gegenüber der Bohrung B13 auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis in der Saison 1989/90 erheblich erweitert und umfaßte nun, neben Protokollierung, fotografischer Dokumentation, Dichtebestimmung durch Wägung und Beprobung des Bohrmehls, die Messungen folgender Parameter:

- elektrische Gleichstrom-Leitfähigkeit (ECM-Methode),
- elektrische Wechselstrom-Leitfähigkeiten im Frequenzbereich zwischen 80 Hz und 1 MHz,
- kontinuierliche Dichte (über Gamma-Absorption).

Auf die ursprünglich geplanten Ultraschallmessungen mußte aus Zeitgründen und aufgrund der unbefriedigenden Ankopplung der Rollenprüfköpfe an die Eiskerne verzichtet werden. Desweiteren konnte die vorgesehene Apparatur zur kontinuierlichen Schmelzwasser-Analyse chemischer Parameter nicht rechtzeitig für den Feldeinsatz fertiggestellt werden. Diese Messungen werden, ebenso wie die Ultraschallmessungen, später im Labor nachgeholt. Das Probenmaterial dafür wurde bereits vorbereitet.

Die Messungen am festen Eis erfordern möglichst konstante Temperaturen unter minus 10 °C. Aus diesem Grund wurde neben dem Bohrzelt ein rund 15 m langer Tunnel (der "science trench") in 4,5 m Tiefe unter der Schneeoberfläche ausgehoben, in dem die oben genannten Messungen und, in einem Seitengang, die Säge- und Verpackungsarbeiten durchgeführt wurden (Abb. 63). Dort wurden auch in Nischen und Holzregalen die Eiskerne zwischengelagert. Der Zeitaufwand für den Aushub des Schachtes, die Einrichtung der Kernlager und den Aufbau sämtlicher Apparaturen betrug insgesamt rund vier bis fünf Tage. In der restlichen Zeit wurden zwischen 60 und 80 % aller Kerne vermessen.

2.11.4.1 Dichte, elektrolytische Leitfähigkeit und Temperatur (H. Oerter)

Dichte

In Abb. 64 sind die Ergebnisse der feldmäßigen Dichtebestimmung (Wägung, zylindrisches Volumen) am Kern B15 dargestellt. Hieraus erkennt man, daß die Dichte der mechanisch dichtesten Lagerung (550 kg/m^3) wie bei B13 (Miller & Oerter 1991) in einer Tiefe von ca. 11 m erreicht wird. Der Firn-Eis-Übergang (815 kg/m^3) liegt in einer Tiefe von ca. 45 m. Ab ca. 75 m bleibt die Dichte des meteorischen Eises annähernd konstant, mit einem mittleren Wert von $896 \pm 9 \text{ kg/m}^3$. Die Dichte des marinen Schelfeises liegt nach diesen Messungen bei $911 \pm 6 \text{ kg/m}^3$. Der Verlauf der Dichte bis zu einer Tiefe von 75 m läßt sich gut durch ein Polynom 5.

Grades, (Koeffizienten $A_0=349,95$, $A_1=22,739$, $A_2=-0,848$, $A_3=0,023$, $A_4=-2,9 \cdot 10^{-4}$, $A_5=1,3 \cdot 10^{-6}$) beschreiben.

Elektrolytische Leitfähigkeit

Für eine erste Übersichtsmessung wurde wie bei B13 das Bohrmehl beprobt und die elektrolytische Leitfähigkeit an den aufgeschmolzenen Proben gemessen. Im meteorischen Bereich zeigt sich eine stetige Abnahme mit fortschreitender Tiefe, entsprechend dem abnehmendem Gehalt an Seesalz im Niederschlag mit steigender Küstenentfernung. Die bei B15 gemessenen Leitfähigkeitswerte nahe der Oberfläche entsprechen bei B13 etwa den Werten im Tiefenbereich unterhalb 40 m. (Nach einer Abschätzung mit gemessenen Akkumulationsraten und Deformationsraten, umfaßt die Akkumulation zwischen B15 und B13 eine 37 m mächtige Schicht.) Eine Zuordnung von einzelnen Peaks ist jedoch nicht möglich. Im marinen Schelfeis zeigt sich in beiden Bohrungen ebenfalls ein ähnlicher Verlauf. Bei B15 lassen sich über ein Tiefenintervall von 75 m noch größere Schwankungen mit Werten zwischen 300 und 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nachweisen, darunter gruppieren sich die Werte um einen mittleren Wert von 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Übergang vom meteorischen Eis zu marinem Schelfeis ist wiederum eindeutig belegt.

Temperatur

Nach Abschluß der Bohrarbeiten wurde im Bohrloch über einundeinhalb Tage ein Temperaturlog (Abb. 64) gefahren. Als Meßfühler wurden dabei 2 Thermistoren verwendet, die mit geringem Wandabstand oder teilweise auch mit Wandberührung im Bohrloch hochgefahren wurden. Die Meßpunkte lagen 2,5 bzw 5 m auseinander, die Meßfühler wurden jeweils nach 15 min abgelesen. Die Kurve zeigt einen S-förmigen Verlauf und ist damit typisch für einen Schelfeisbereich mit Akkumulation an der Unterseite (Paterson, 1981). Im Übergangsbereich meteorisch-marin ist, wie bei B 13, keine Unstetigkeit zu erkennen. Geht man von einer Schelfeismächtigkeit von 420 m aus, so verbleibt für die restlichen, nicht erbohrten 100 m eine Temperaturdifferenz von etwa 2,5 K bis zum Erreichen der Wassertemperatur, die bei $-2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ liegen dürfte. Als mittlere Temperatur ergibt sich für den von der Kernbohrung erfaßten Tiefenbereich ein Wert von $-13,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Für eine Schelfeismächtigkeit von 420 m läßt sich ein Wert von $-11,2 \text{ }^\circ\text{C}$ abschätzen.

Literatur:

MILLER, H. & OERTER, H. (Hrsgb.), 1991: Die Expedition ANTARKTIS VIII mit FS "Polarstern" 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT VIII/5, *Ber. Polarforschung* **86**, 62-66
PATERSON, W.S.B., 1981: *The Physics of Glaciers*. 2nd. ed. Pergamon Press, Oxford etc., 380p.

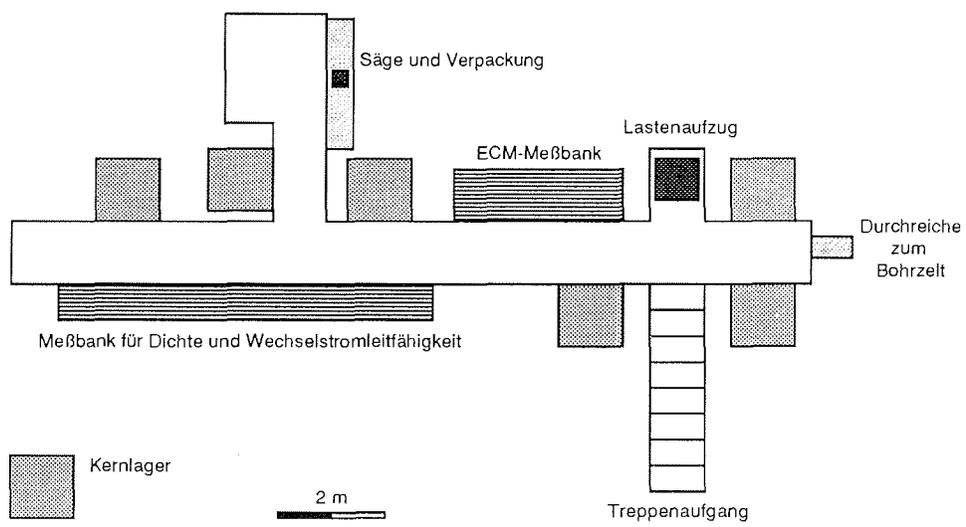


Abb. 63: Skizze des "science trench" der Bohrung B15. Die Sohle des Schachtes lag in 4,5 m Tiefe unter der Schneeoberfläche.

Fig. 63: Schematic diagram of the B15 science trench. The base of the trench was 4.5 m below snow surface.

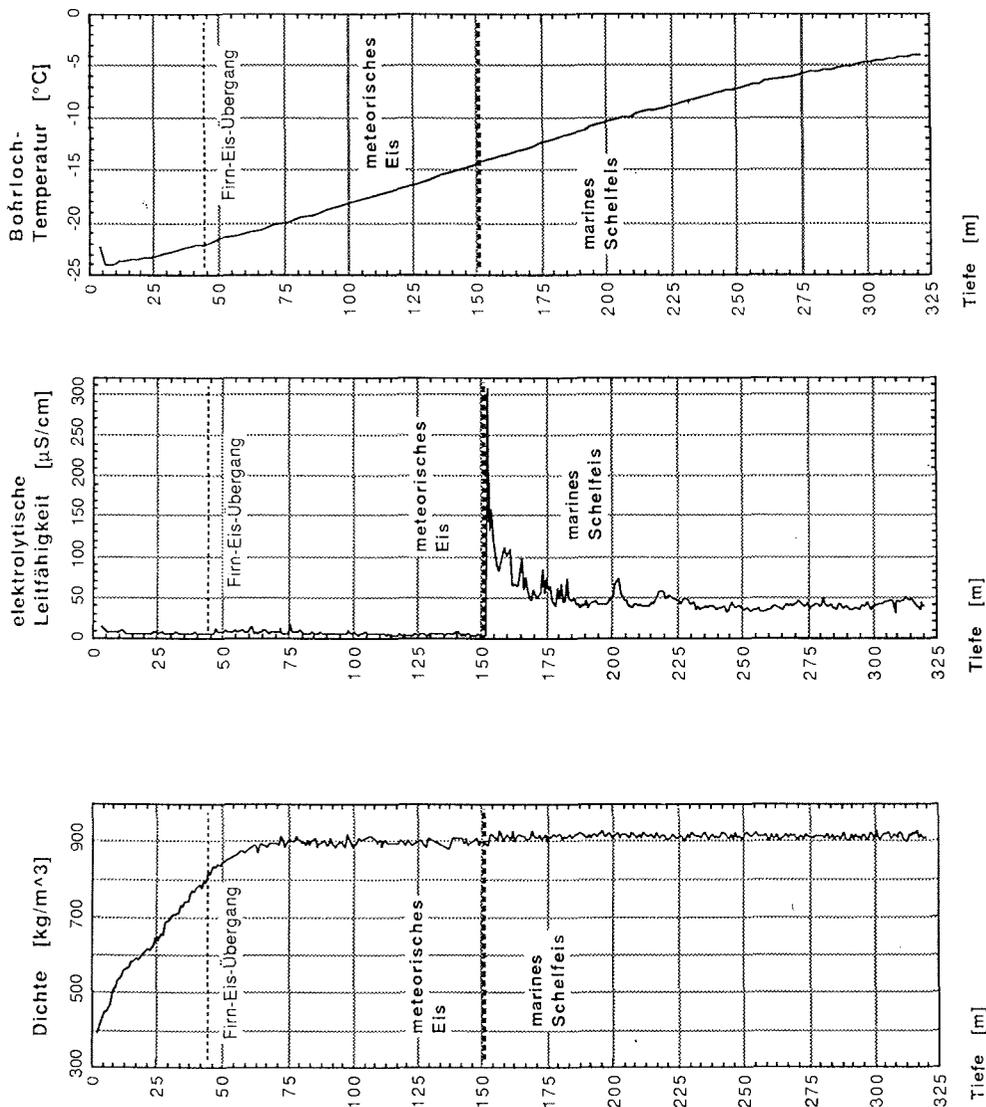


Abb. 64: Kernbohrung B15, Filchner-Ronne-Schelfeis, 1992:
 a) Dichteprofil nach Feldmessungen
 b) elektrolytische Leitfähigkeit, gemessen an Bohrmehlproben
 c) Temperaturlog im Bohrloch nach Abschluß der Bohrarbeiten am 16./17.02.92

Fig. 64: Ice core drilling B 15, Filchner-Ronne Ice Shelf, 1992:
 a) density profile (field measurements)
 b) electrolytical conductivity, measured at drill chippings
 c) temperature profile in the borehole (16./17.02.92)

2.11.4.2 ECM-Messungen (A. Minikin)

Unter ECM (electrical conductivity measurement) versteht man eine Meßmethode zur Erfassung einer "Pseudo"-Gleichstrom-Leitfähigkeit an Eiskernen. Dazu wird nach Hammer (1980) eine Gleichspannung in der Größenordnung von 1000 V über zwei Elektroden auf eine abgehobelte Fläche des Eiskerns übertragen und der fließende Strom, typisch 10-100 μA , gemessen. Die Elektroden haben einen Abstand von 10-15 mm und werden mit einer Geschwindigkeit von 1-2 cm/s in Längsrichtung über den Eiskern bewegt. Das erhaltene Stromsignal ist, am festen Ort gemessen, zeitlich nicht konstant, da sich im Eis abschirmende Raumladungen aufbauen. Weil außerdem die Geometrie des elektrischen Feldes nicht genau definiert ist, kann man den gemessenen Strom nicht ohne weiteres in die spezifische Gleichstrom-Leitfähigkeit umrechnen.

Wie auch die Wechselstrom-Leitfähigkeit von Eiskernen (s. Abschn. 2.11.4.3) ist auch die mittels ECM gemessene Leitfähigkeit durch die chemische Zusammensetzung des Eises bestimmt. Für ECM konnte sowohl bei grönländischen als auch bei antarktischen Eiskernen eine Abhängigkeit vom Säuregehalt nachgewiesen werden. Während eine genaue Kalibrierung der ECM-Leitfähigkeit gegen die Säurekonzentration aus mehreren Gründen schwierig ist und insbesondere regional unterschiedlich ausfällt, liegt die Stärke der ECM-Methode darin, daß man vergleichsweise einfach und schnell, so zum Beispiel auch bereits im Feld, ein kontinuierliches, hochauflösendes Leitfähigkeitsprofil von einem gesamten Bohrkern gewinnen kann. Damit lassen sich frühzeitig Aussagen über relative Variationen der Säurekonzentration treffen, woraufhin man gezielt Probenmaterial für eine aufwendigere chemische Analyse auswählen kann. Von Interesse sind dabei insbesondere Bereiche mit saisonalen Variationen oder einzelne Vulkanhorizonte.

Die ECM-Messungen am Kern B15 wurden mit der ECM-Meßbank des Instituts für Umweltphysik der Universität Heidelberg vorgenommen, die bereits im Rahmen der Kernbohrung B13 während der Filchner Illa Kampagne 1989/90 eingesetzt wurde (Miller & Oerter, 1991). Die Apparatur mußte in verschiedener Hinsicht für den neuen Feldeinsatz modifiziert werden:

- Die eigentliche Meßbank wurde so umgebaut, daß nunmehr die Messung von 1,30 m langen und im Durchmesser 50-110 mm messenden Eiskernen möglich ist.
- Die feste Klemmung des Kerns in der Bank, die für das Mikrotomieren (Abhobeln) erforderlich ist, erfolgt jetzt rein mechanisch und nicht mehr pneumatisch, was für den Feldeinsatz erheblich günstiger ist.
- Die Meßdaten (Strom, Elektrodenposition) werden über eine eingebaute ADC-Karte direkt auf einem kältetauglichen Laptop abgespeichert.
- Das Programm zur Meßdatenerfassung wurde neu geschrieben. Insbesondere eine automatische Erkennung von Anfang und Ende eines Kernsegments sowie die Speicherung der Meßdaten in unbearbeiteter und bereits geglätteter Form beschleunigt die nachträgliche Weiterverarbeitung der Daten erheblich.

Sämtliche Komponenten der Apparatur haben fehlerfrei funktioniert. Die ECM-Meßbank erforderte zur Bedienung eine Person während der gesamten Meßzeit.

Der Zeitaufwand pro Messung an einem Kernsegment, einschließlich Temperaturmessung, Protokollierung, gegebenenfalls Vermessung von Kernbrüchen sowie provisorischer Verpackung, betrug im Mittel 11-12 Minuten. Aus Zeitgründen konnten ca. 50 m im marinen Kernabschnitt (entsprechend mindestens zwei Arbeitstagen) nicht mehr durchgemessen werden. Ansonsten wurden mit Ausnahme der wenigen Kernstücke, die als unversehrte Stücke für Ultraschallmessungen im Labor reserviert sind, der gesamte meteorische Abschnitt, ca. 150 m, sowie rund 120 m im marinen Kernabschnitt des Kerns B15 gemessen.

Die Weiterverarbeitung der (nicht-temperaturkorrigierten) ECM-Profile konnte auf der Rückreise an Bord von "Polarstern" weitgehend abgeschlossen werden. Wichtigste Bearbeitungsschritte waren die Elimination von Meßartefakten an Kernbrüchen und -rändern, die Aneinanderreihung sämtlicher Einzelprofile innerhalb eines Datenbanksystems und verschiedenskalierte Glättungen des resultierenden Gesamtprofils. Erste Ergebnisse der ECM-Messungen sind im Abschnitt 2.11.4.4 gemeinsam mit Ergebnissen der anderen Messungen am Kern B15 zusammenfassend dargestellt. Bezüglich der ECM-Meßmethodik erscheinen für spätere Messungen im Labor zwei Punkte interessant: zum einen gezielte Nachmessungen, um Einflüsse von Transport und Lagerzeit auf das ECM-Signal zu ermitteln, und, zum anderen, Messungen zur Erfassung der Temperaturabhängigkeit des ECM-Signals.

Literatur:

HAMMER, C. U., 1980: Acidity of polar ice cores in relation to absolute dating, past volcanism, and radio echoes. *Journal of Glaciology*, **25**, 359-372
MILLER, H. & OERTER, H. (Hrsgb.), 1991: Die Expedition ANTARKTIS VIII mit FS "Polarstern" 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT VIII/5, *Ber. Polarforschung*, **86**, 64-66

2.11.4.3 Wechselstromleitfähigkeits- und kontinuierliche Dichte-Messungen (J. Kipfstuhl, A. Frenzel)

Gammadichte und Wechselstromleitfähigkeit wurden an der GRIP-Kernbank gemessen, die erstmals im Sommer 1990 im Rahmen des europäischen "Greenland Icecore Projects" (GRIP) in Grönland eingesetzt wurde. Das Funktionsprinzip der Bank besteht darin, den Eiskern durch ein Sensorenfeld zu fahren, in dem die erforderlichen Meßaufnehmer für Gammadichte, elektrische Leitfähigkeit, Ultraschall-Laufzeit usw. angebracht sind. Die Kernschale, die bis zu 280 cm Eiskern (Durchmesser 100 mm) aufnehmen kann, bedingt die 7 m Gesamtlänge der Bank. Die einzelnen Größen können mit einer maximalen räumlichen Auflösung von 1 mm gemessen werden. Ein Meßpunkteabstand von 3 mm hat sich als gangbarer Kompromiß zwischen erforderlicher Auflösung und Meßzeit herausgestellt. Ein Meßzyklus, der weitgehend automatisch abläuft, dauert bei 250 cm Eiskernlänge etwa 90 Minuten.

Die Gammadichte-Meßeinrichtung an der GRIP-Kernbank bietet die Möglichkeit die Dichte mit hoher Ortsauflösung zerstörungsfrei und berührungslos zu bestimmen. Als Strahlenquelle wurde Cs-137 mit einer Aktivität von 111 GBq (3 Ci), einer

Gammastrahlungsenergie von 662 keV und einer Halbwertszeit von 30 Jahren eingesetzt. Das Szintillationsdetektorsystem besteht aus Szintillator, Photomultiplier, Strom-Spannungswandler und nachgeschaltetem Ausgangsverstärker. Letzterer liefert ein intensitätsproportionales, tiefpaßgefiltertes Spannungssignal von 0-10 V, das von einem Digitalmultimeter gemessen wird. Der Durchmesser des Eiskerns wurde im Abstand von 10-20 cm mit einer Schieblehre (Ablesegenauigkeit: 1/20 mm) bestimmt und lag im Mittel bei $98,4 \pm 0,2$ mm. Als Folge der hohen Temperaturabhängigkeit der Detektorelektronik erwiesen sich die raschen Temperaturschwankungen im Schacht erneut als Problem. Die gemessene Dichte muß neben der Kerntemperatur auch mit der Sensortemperatur korrigiert werden. Bei den in den Abb.65 und 66 gezeigten Profilen handelt es sich um noch nicht temperaturkorrigierte Dichtewerte. Der geschätzte meßtechnische Fehler in der Dichtebestimmung dürfte unter 0,5 % liegen.

Bis in etwa 50 m Tiefe (Firn-Eis-Übergang) sind die Dichteveriationen noch gut ausgeprägt. Sie können hochaufgelöst relativ schnell bestimmt werden. Darunter erfordern die abnehmenden Dichteunterschiede bei gleicher Genauigkeit zunehmend längere Meßzeiten und damit eine geänderte Meßstrategie. Über eine quasi-kontinuierliche Erfassung (bei reduzierter Genauigkeit) oder punktuelle Messungen muß von Fall zu Fall entschieden werden. Im meteorischen Teil des Kernes wurde überwiegend der quasi-kontinuierliche Meßmodus beibehalten. Im marinen Teil wurde die Dichte überwiegend an etwa 10-20 Punkten im Abstand von 1 cm bestimmt.

Die kontinuierliche Bestimmung der Wechselstromleitfähigkeit an Eiskernen ist im Vergleich mit den ECM-Messungen noch jung und dementsprechend wenig verbreitet. Man nimmt an, daß im Gegensatz zu ECM die hochfrequente Leitfähigkeit im wesentlichen vom Gesamtionengehalt im Eis bestimmt wird. Vergleichsmessungen am GRIP-Kern für Tiefen größer 200 m zeigten, daß die Frequenzabhängigkeit sehr stark von den im Eis eingelagerten Spurenstoffen bestimmt wird, daß die niederfrequente Leitfähigkeit streckenweise dem ECM-Signal folgt, teilweise aber auch signifikant davon abweicht. Sie ergaben weiter, daß die Wechselstromleitfähigkeit noch weniger als ECM nicht ohne umfangreiche chemische Analysen interpretiert werden kann. Die Wechselstromleitfähigkeit gewährt andererseits jedoch einen gegenüber ECM vertieften Einblick in die im Kern enthaltenen Spurenstoffe. Zum Beispiel zeichnen sich Meersalzhorizonte durch einen starken Anstieg in der hochfrequenten und einen ebenso starken Rückgang in der niederfrequenten Leitfähigkeit aus.

Die Wechselstromleitfähigkeit wird mit Hilfe eines Impedanzmeßgerätes (HP4284A) für 10 Frequenzen im Bereich zwischen 85 Hz und 1 MHz bestimmt. Dazu wird die Impedanz (Konduktanz, Suszeptanz) des zwischen zwei Elektroden befindlichen Kernsegmentes gemessen. Für die Berechnung der spezifischen Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstanten müssen noch Geometriefaktoren entsprechend der jeweiligen Elektrodenanordnung berücksichtigt werden. Die Messungen im Rahmen von Filchner IV wurde unter anderem gerade dafür genutzt, unterschiedliche Elektrodenkonfigurationen auszuprobieren. Tests ergaben hierbei, daß abgeschirmte Elektroden auch an den Kernenden noch zuverlässige Ergebnisse liefern. Bei früher verwendeten, nicht abgeschirmten Elektroden ist dort das Leitfähigkeitssignal bei Frequenzen oberhalb von etwa 50 kHz stark gestört.

Als vorteilhaft erwies es sich ebenfalls, auf der für die ECM-Messungen erforderlichen mikrotomierten Oberfläche (etwa 20-30 mm breit) zu messen. Der Abstand der beiden Elektroden, im allgemeinen 10 mm, wurde für verschiedene Meßreihen zwischen 10 und 30 mm variiert.

Die Kernbank lief in der Zeit 01.-18. 02.1992 ohne Probleme, nahezu rund um die Uhr. Insgesamt wurde fast der komplette meteorische Teil des Kernes gemessen. Es fehlt lediglich die Leitfähigkeit im Tiefenintervall von 30-45 m. Vom marinen Teil liegen Messungen bis 200 m und darüberhinaus in verschiedenen kürzeren Intervallen (240-250 m, 258-266 m, 303-310 und 316-320 m) vor. Die noch ausstehenden Kerne werden im Labor nachgemessen. Die im Feld gewonnenen Rohdaten wurden auf der Rückreise in Dichte- und Leitfähigkeitsdaten separiert und zu fünf längeren Einzelprofilen verkettet. Nächste Bearbeitungsschritte sind die Temperaturkorrektur beider Datensätze und die Beseitigung der von Brüchen und den Kernenden herrührenden Ausreißern. Bei den in Abb. 65 und 66 gezeigten Ergebnisse handelt es sich um leicht geglättete Rohdaten. Neben der Analyse der beiden Einzeldatensätze stehen im weiteren insbesondere der Vergleich mit den ECM-Daten (B15, auch B13) und die Wechselstromleitfähigkeit des Kernes B13, die im vergangenen Jahr im Labor gemessen wurde, im Vordergrund.

2.11.4.4 Erste Ergebnisse der Messungen am Bohrkern B15 (J. Kipfstuhl, A. Minikin)

Elektrische Leitfähigkeiten

Nach den Ergebnissen der isotopischen und chemischen Analysen an mehreren Firnkernen, die in der Feldkampagne 1989/90 im zentralen Filchner-Ronne-Schelfeis erbohrt wurden, war für den Bohrkern B15 zumindest in den oberen 20-40 m ein weitgehend ungestörter, saisonaler Aufbau der Firnschicht zu erwarten.

Die in Abb. 65 dargestellten geglätteten Leitfähigkeitsprofile für die ECM- und die niederfrequente 470 Hz Messung im Tiefenintervall 25,0-30,0 m bestätigen diese Erwartung. Das Ergebnis, daß die 470 Hz Leitfähigkeit und das ECM-Signal weitgehend bezüglich Maxima und Minima phasengleich verlaufen, ist neu und deutet daraufhin, daß neben ECM auch die niederfrequente Leitfähigkeit die relativen Variationen des Säuregehalts im Eis erfaßt. Relative Maxima im Säuregehalt sind aufgrund des regelmäßig nur im Frühjahr und Sommer erfolgenden Eintrags von atmosphärischem HNO_3 und H_2SO_4 Markierungen für Sommerschichten im Firn. Daß demgegenüber die hochfrequente 250 kHz Leitfähigkeit auch relative Maxima in Herbst- oder Winterschichten zeigt, weist auf einen Zusammenhang dieses Parameters mit dem Meersalzgehalt im Firn hin. Dies ist in Übereinstimmung mit bisherigen Arbeiten zur Interpretation der hochfrequenten Leitfähigkeit (Moore et al., 1991). Demnach ist die auf unendliche Frequenz extrapolierte Leitfähigkeit ein Maß für die gesamte Ionenkonzentration im Eis, also für Säure und Salz.

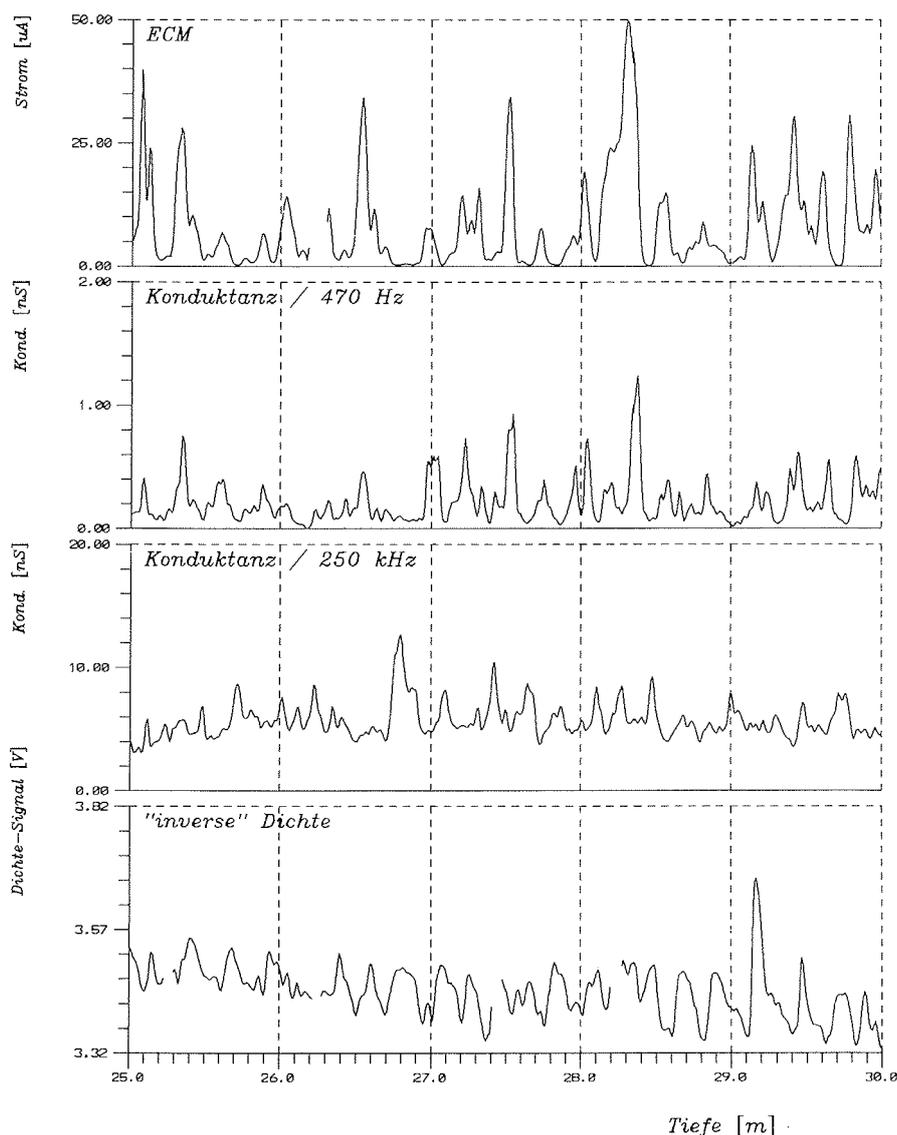


Abb. 65: ECM-, Wechselstromleitfähigkeits- und Dichteprofile im Tiefenintervall 25-30 m des Kerns B15. Die "inverse Dichte" bezeichnet das Dichtesignal am Ausgang des Szintillationsdetektors. Es ist umgekehrt proportional der Schnee- bzw. Eisdichte. Die Daten sind tiefpaßgefiltert.

Fig. 65: ECM-, AC conductivity and density profiles of the ice core B15 from 25 to 30 m depth. "Inverse Dichte" is the output of the gamma scintillation detector. It is inversely proportional to the density of snow and ice. All data records are low pass filtered.

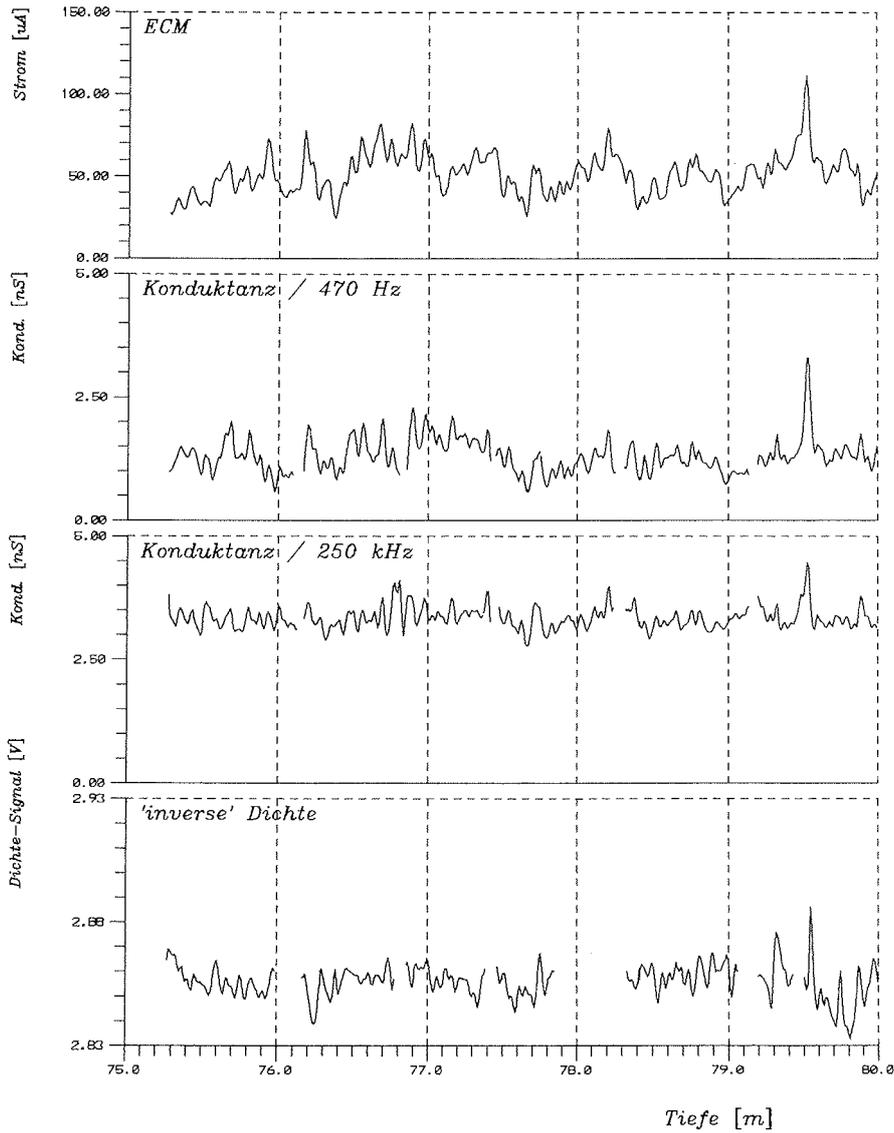


Abb. 66: ECM-, Wechselstromleitfähigkeits- und Dichteprofile im Tiefenintervall 75-80 m des Kerns B15. Die "inverse Dichte" bezeichnet das Dichtesignal am Ausgang des Szintillationsdetektors. Es ist umgekehrt proportional der Schnee- bzw. Eisdichte. Die Daten sind tiefpaßgefiltert.

Fig. 66: ECM-, AC conductivity and density profiles of the ice core B15 from 75 to 80 m depth. "Inverse Dichte" is the output of the gamma scintillation detector. It is inversely proportional to the density of snow and ice. All data records are low pass filtered.

Daß auch das 250 kHz Signal Säurehorizonte detektiert, wenn auch vergleichsweise unempfindlich, zeigen beispielhaft die in Abb. 66 dargestellten Profile aus dem Tiefenbereich 75,0-80,0 m. Bei 79,5 m Tiefe ist hier ein deutlicher Säurehorizont enthalten, der sehr wahrscheinlich vulkanischer Herkunft ist. Allgemein charakteristisch für größere Tiefen im meteorischen Abschnitt von B15 ist die geringere Dynamik in allen Leitfähigkeitsprofilen sowie die Verdichtung der Jahresschichten mit zunehmender Tiefe. Eine Zählung der Sommerschichten pro Tiefenintervall liefert die in Abb. 67 gezeigte Abhängigkeit der Jahresschichtdicken (in Wasseräquivalent) von der Tiefe. Für die oberflächennahen Schichten ergibt sich so eine Akkumulationsrate von 165 mm Wasseräquivalent pro Jahr, welche mit dem aus der isotopischen Analyse des 1990iger Firnkerns vom Punkt 236 bestimmten Wert sehr gut übereinstimmt (Graf et al., 1991).

Mit der Einschränkung, daß die in unteren Schichten des meteorischen Eises bestimmten Jahresschichtdicken nur ungenau aus den ECM- und 470-Hz-Leitfähigkeiten abzuleiten sind und unbedingt einer Überprüfung durch isotopische Messungen bedürfen, kann man das Alter der tiefsten Schichten des meteorischen Eiskörpers auf rund 1500 Jahren abschätzen. Demgegenüber liegt das aus dem Fließverhalten des Schelfeises bestimmte Alter für die tiefsten meteorischen Schichten bei rund 2000 Jahren, aber auch für diese Abschätzung gehen mit den Fließgeschwindigkeiten im südlichen Teil des Schelfeises nur sehr ungenau bekannte Werte ein, so daß die Diskrepanz beider Alter zum jetzigen Zeitpunkt als unbedeutend bewertet werden darf. Eine Hilfestellung bei der Datierung in tieferen Schichten darf von der zeitlichen Zuordnung der gefundenen Vulkanhorizonte erwartet werden. So könnte beispielsweise ein Leitfähigkeitsereignis in 94,6 m Tiefe dem großen unbekanntem Vulkanausbruch des Jahres 1259 entsprechen. Prinzipiell jedoch muß die vulkanische Herkunft solcher Ereignisse noch durch die chemische Analyse im Labor bestätigt werden.

Im marinen Eis sind ECM- und 470-Hz-Leitfähigkeiten deutlich erniedrigt. Dies wurde für ECM bereits am Kern B13 beobachtet und entspricht auch dem Verhalten beider Signale im meteorischen Eis, wo in den Intervallen hoher Meersalzkonzentration ECM- und niederfrequente Leitfähigkeit gegen Null gehen. Interessanterweise bestätigt sich im ECM-Profil von B15 eine bei B13 ebenfalls bereits festgestellte Auffälligkeit, nämlich die innerhalb des marinen Eises beobachtete positive (!) Korrelation von ECM-Strom und Salzgehalt. Das geglättete ECM-Profil für das gesamte marine Eis (Abb. 68) verläuft sehr ähnlich wie die elektrolytische Leitfähigkeit (vgl. Abb. 64) und spricht ebenso wie der visuell zu erfassende geringe Partikelgehalt für eine weitgehende Homogenität des marinen Eises unterhalb etwa 180 m Tiefe. Kleinskalig zeigen sämtliche Leitfähigkeitsmessungen keine regelmäßigen Variationen, allerdings treten insbesondere nahe der oberen Schichtgrenze einzelne Salzpeaks auf, die nach den Beobachtungen im Feld mit den auffälligen Partikellagen nicht zusammenfallen.

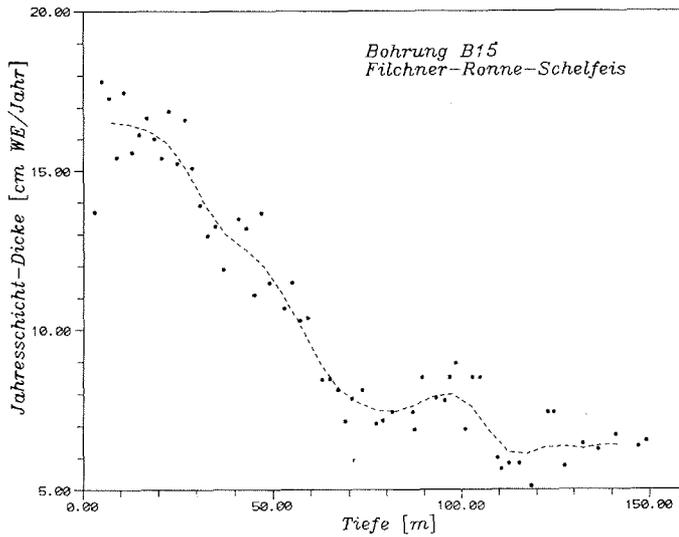


Abb. 67: Vorläufige Jahresschichtmächtigkeiten (in Wasseräquivalent) im meteorischen Abschnitt des Bohrkerns B15, bestimmt aus den kontinuierlichen Leitfähigkeitsdaten (ECM, Wechselstromleitfähigkeit) durch Zählen der Sommermaxima.

Fig. 67: Preliminary annual layer thicknesses (water equivalent) within the meteoric section of the ice core B15, derived from the conductivity records (ECM, AC conductivity) by counting of the summer peaks.

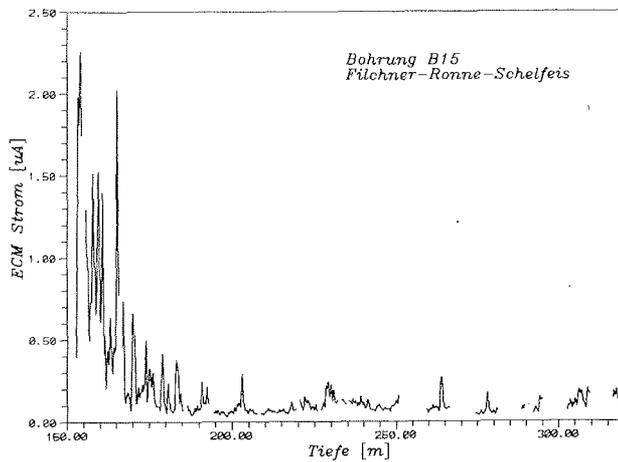


Abb. 68: Tiefpaßgefiltertes Profil der ECM-Leitfähigkeit im marinen Abschnitt des Bohrkerns B15.

Fig. 68: Low-pass filtered ECM profile of the marine section of the ice core B15.

Die weitere Bearbeitung der am Kern B15 gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten wird vor allem eine Kalibrierung der Leitfähigkeiten bezüglich der chemischen Zusammensetzung des Eises beinhalten. Dazu müssen einzelne Kernabschnitte im meteorischen und marinen Eis ionenchromatographisch bezüglich Salz- und Säurekomponenten (Natrium, Chlorid, Nitrat, Sulfat, Methansulfonsäure) hochaufgelöst gemessen werden. Dies würde zu einer genaueren, gegebenenfalls quantitativeren Interpretation der Leitfähigkeitsprofile verhelfen und auch Hinweise für ein besseres Verständnis der physikalischen Ursachen für die elektrischen Leitfähigkeiten geben. Darüberhinaus wird ein Vergleich der Leitfähigkeitsprofile der Bohrkern B13 und B15, insbesondere die Identifizierung altersmäßig übereinstimmender Horizonte, die Gültigkeit der Annahmen über das Fließverhalten des Schelfeises testen können.

Kontinuierliche Dichte

In der Dichte sind bis in etwa 50 m Tiefe einzelne Jahresschichten gut erkennbar. In 25-30 m Tiefe (Abb. 65) variiert die Dichte noch um bis zu 4 % (entsprechend 35 kg/m³). Aus dem Vergleich mit der Leitfähigkeit (Säurepeaks im Sommer) folgt hohe Dichte (niedrige Spannung) im Sommer und entsprechend geringe Dichte im Winter (hohe Spannung). Unterhalb von 50 m (Abb. 66) wird eine klare Zuordnung zwischen Dichte- und Leitfähigkeit und damit Sommer- oder Winterhorizont zunehmend schwierig, da nicht nur die Amplituden von Dichte- und Leitfähigkeitssignal kleiner werden, sondern auch die Jahresschichten stetig abnehmen. Im marinen Schelfeis wurde die Dichte nur noch an einigen wenigen Stellen im Kern bestimmt. Ersten Ergebnissen zufolge liegen die kleinskaligen Dichteschwankungen dort unterhalb von 0,3 %, teilweise sogar unterhalb von 0,1 %.

Zitierte Literatur:

GRAF, W., REINWARTH, O., MOSER, H., MINIKIN, A., WAGENBACH, D., KIPFSTUHL, J. AND OERTER, H., 1991: Isotopic and chemical investigations of 10 m firn cores from the eastern part of the Ronne Ice Shelf, Antarctica. *FRISP Report*, 5, 45-53.

MOORE J. C., WOLFF, E. W., CLAUSEN, H. B. AND HAMMER, C. U., 1982 : The chemical basis for the electrical stratigraphy of ice, *J. Geophys. Res.*, 97, 1887-1896.

2.11.5 Heißwasserbohrung (U. Nixdorf, H. Mandler, Ch. Wege, A. Ziffer)

2.11.5.1 Motivation und Zielsetzung

Heißwasserbohrungen liefern im Rahmen des Filchner-Ronne-Schelfeisprojekts einen Beitrag zur Erfassung und Beschreibung des Massenhaushaltes und der Dynamik des Filchnerschelfeises. So konnten Engelhardt & Determann (1987) die Mächtigkeit des Filchner-Schelfeises zu 465 m am Ort ihrer Heißwasserbohrung bestimmen. Damit war gezeigt, daß es sich bei einem Radar-Reflektor in 100-200 m Tiefe im zentralen Bereich des Filchner-Ronne-Schelfeises um einen internen Reflexionshorizont handelt. Neben anderen Indizien führte die Berücksichtigung von Schweremessungen zu der Annahme, daß es sich bei der unter dem Reflektor liegenden Schicht um marines Eis handelt. Dieses konnte mittels Kernbohrungen von Oerter et. al (1992) verifiziert werden. Modellrechnungen zur thermohalinen

Zirkulation unter Schelfeisen (Hellmer, 1989; Jenkins, 1991) können diese Akkumulation von Meereis an der Schelfeisunterseite erklären. Allerdings beruhen die den Modellen zugrundeliegenden Randbedingungen (Werte von Geschwindigkeit, Temperatur, Salzgehalt, Helium und $\delta^{18}\text{O}$ in der Wassersäule) auf Messungen vor dem Schelfeis bzw. einigen wenigen unter dem Schelfeis (Nicholls, 1991; Orheim, 1990). In diesem Zusammenhang ermöglichen Heißwasserbohrungen den Zugang zur Wassersäule unter dem Schelfeis und damit die Messung der ozeanographisch relevanten Parameter. Darüber hinaus kann aus Temperaturmessungen an der Grenze Schelfeis-Ozean die Abschmelz- bzw. Anfrierrate direkt bestimmt werden. Temperaturmessungen in der Eissäule an verschiedenen Lokationen entlang einer Fließlinie geben unter Berücksichtigung des Energieerhaltungssatzes und unter Zuhilfenahme von Fließmodellen Auskunft über die Dynamik des Schelfeises, sowie über die Prozesse an der Ober- und Unterseite des Schelfeises.

2.11.5.2 Bohrtechnik (C. Drücker, U. Nixdorf)

Eine Übersicht über das Heißwasser-Bohrerquipment des AWI zeigt die Abb. 69. Als Wärmeerzeuger dienen Hochdruckreiniger der Fa. WAP, die sich in kleinerer Bauart bereits früher bewährt haben, z.B. beim Einbringen von Sensoren ins Ekström-Schelfeis. Ein Hochdruckreiniger (hier kurz WAP genannt) besteht im wesentlichen aus einem Generator, einer Hochdruckpumpe und einem Brenner mit einer Heizleistung von 125 kW. Die sechs völlig gleichartigen Hochdruckreiniger werden einer Schmelz- und einer Bohrseite zugeordnet. Einfachen Abschätzungen zufolge benötigt man als Schmelzenergie pro Bohrloch eine Wärmemenge von ca. 25 GJ, die in Form von heißem Wasser unter Druck ins Bohrloch gepumpt wird. Diese Wärme kann von den Bohr-WAP's in etwas weniger als einem Tag aufgebracht werden; die dabei benötigte Wassermenge wird gleichzeitig von drei Schmelz-WAP's in einem Schneeschmelzbecken (Bassin, Inhalt 5 m³) produziert. Daneben kann Schmelzenergie - durch Wasserrückgewinnung aus einer in einem ersten Arbeitsschritt vorgebohrten Kaverne - eingespart werden. Diese Energie ginge sonst in Form von Wasser, das im Bohrloch aufsteigt, im Firn oberhalb des Firn/Eis-Übergangs verloren. Je nach Menge des rückgewonnenen Wassers können mehrere Schmelz-WAP's der Bohrseite zugeordnet werden, bis im Idealfall ein quasi geschlossener Wasserkreislauf entsteht und alle sechs Hochdruckreiniger dem Bohren dienen. Der eigentliche Bohrvorgang besteht im geregelten Absenken einer Bohrlanze an einem Hochdruckschlauch (Fa. SYN FLEX, Innend_h 3/4", Gewicht im Wasser: 4kg/100m). Dies geschieht mittels einer Motorgetriebenen Winde bestehend aus Schlauchtrommel, Mast und einer Umlenkrolle mit Zugmeßdose; die Nachführung des Schlauches wird entweder von einer automatischen Regelung oder von Hand dem tatsächlichen Bohrfortschritt angepaßt. Beide Betriebsarten basieren auf einer Zugmessung am Umlenkrad: Nur wenige Prozent des Gewichts von Schlauch und Bohrlanze sollen auf der Sohle aufstehen, der Hauptanteil des Gewichts soll frei hängen. Damit sollte gewährleistet sein, daß sich die Lanze ständig in der Vertikalen befindet und demnach auch das erbohrte Loch vertikal ist, was eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Probennahme ist.

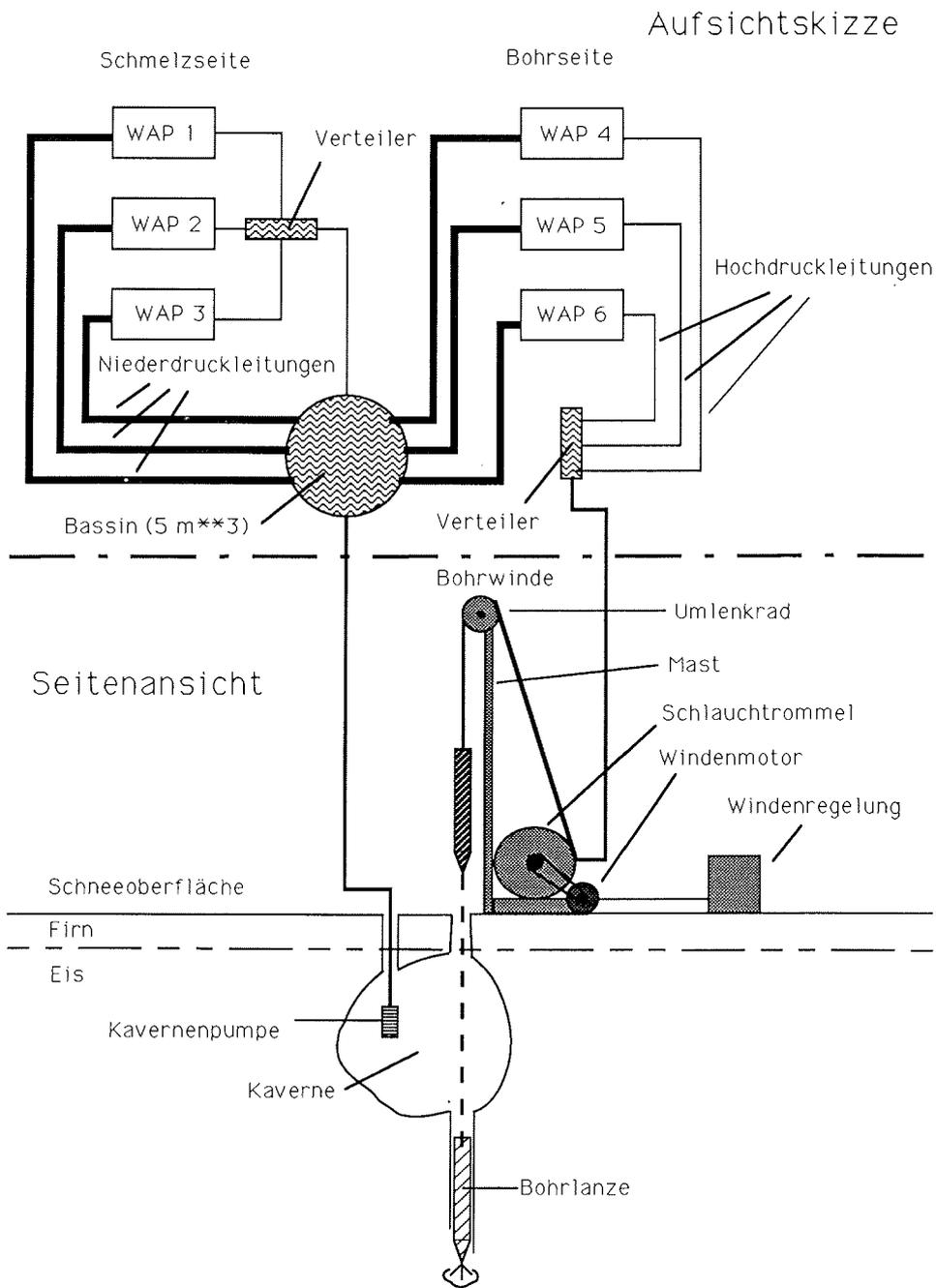


Abb. 69 Prinzipskizze der Heißwasserbohrung

2.11.5.3 Bohrarbeiten und Erfahrungen (U.Nixdorf, C. Lukait, H. Mandler, E. Schlosser, Ch. Wege, H. Woltmann, A. Ziffer)

Einen Lageplan des Bohrcamps, das auch Ort der Heißwasserbohrungen war, zeigt Abb. 55. Die Aufbau- und Konfektionierungsarbeiten dauerten 3 Tage; anschließende Arbeiten zur Bereitstellung des umfangreichen Meßequipments dauerten weitere 2 Tage. Die Bohrarbeiten begannen am 01.02.1992 und wurden am 10.02.1992 beendet; während dieser Zeit wurden zwei Bohrungen abgeteuft. Inklusive Inbetriebnahme aller WAP's, Bohren der Kaverne, Hauptbohrung und Aufweitversuch dauerte die erste Bohrung ca. 71 Stunden, die zweite Bohrung ca. 52 Stunden. In dieser Zeit wurden ca. 6500 l Diesel verbraucht. Das an der Bohrstelle etwa 420 m mächtige Schelfeis wurde zweimal durchbohrt, beide Male mußte ca. 580 m Schlauch nachgeführt werden. Diese Tatsache sowie Druckmessungen im Bohrloch führen zu dem Schluß, daß beide Bohrlöcher eine z.T. beträchtliche Neigung aufwiesen. Leider ging eine Inklinometersonde im Bohrloch verloren, bevor eine Messung durchgeführt werden konnte. Die Neigung der Bohrlöcher wird letztlich als Grund dafür angenommen, daß es nicht gelang, Sonden bis unters Schelfeis abzulassen. Zusammenfassend kann man sagen, daß vielfältige Erfahrungen mit dem neu zusammengestellten Heißwasserbohrequipment gewonnen wurden, daß allerdings das Ziel der Probennahme unter dem Schelfeis während dieser Expedition nicht erreicht wurde. Aufgrund dieser Erfahrungen sind folgende wesentliche Verbesserungen am Bohrequipment geplant:

- neues Konzept für längen- und geschwindigkeitsgeregelte Windensteuerung realisieren
- Störanfälligkeit der Windensteuerung beseitigen
- Niederdruckseite: vorhandene Wasserfilter erweitern zu entlüftbarem Wechselfiltersystem, gröbere Filter verwenden
- Hochdruckseite: Ausgang entlüftbar als Kugelblock-3-Wegehahn ausführen
- Betriebsstundenzähler für Hondamotor und Brenner einbauen
- Hondamotor: Auspuff umbauen, Abgasrohr nach oben verlegen, Vergaservorwärmung mit Gehäuseentlüftungsvorwärmung installieren, Tankumbau für zentrale Kraftstoffversorgung
- neuen Sammelverteiler (Hochdruckseite) bauen
- Brennerausgang mit Abgasrohren versehen

Zitierte Literatur:

- ENGELHARDT, H. & J. DETERMANN (1987): Borehole evidence for a thick layer of basal ice in the central Ronne Ice Shelf. - *Nature*, **327**, 318-319.
- HELLMER, H. (1989): Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis. - *Ber. z. Polarf.*, **60**, 87 S.
- JENKINS, A. (1991): A one-dimensional model of ice shelf-ocean interaction. - *J. Geoph. Res.*, **96**, 20671-20677.
- NICHOLLS, K.W., K. MAKINSON & A.V. ROBINSON (1991): Ocean circulation beneath the Ronne ice shelf. - *Nature*, **354**, 221-223.
- OERTER, H., J. KIPFSTUHL, J. DETERMANN, H. MILLER, D. WAGENBACH, A. MINIKIN, W. GRAF (1992): Evidence for basal marine ice in the Filchner-Ronne ice shelf. - *Nature*, in press.

ORHEIM, O., J.O. HAGEN, S. ØSTERHUS, A.C. SÆTRANG (1990): Glaciologic and oceanographic studies on, and underneath, the ice shelf Fimbulisen. - in: O. Orheim (Ed.), Report of the Norwegian Antarctic Expedition 1989/90, Medelelser No. 103, Norsk Polar Institutt, Oslo, 59-75.

2.11.6 Sonstige glaziologische Arbeiten zu Massenhaushalt und Bohrkerninterpretation

2.11.6.1 Aerosolsammlung (A. Minikin)

In Erweiterung des Programms der Kern- und Heißwasserbohrung wurde in der Nähe des Bohrcamps im Zeitraum 29.01.-17.02.92 auch eine kleine Aerosolsammelstation betrieben. Allgemein wird bei der Aerosolsammlung Luft durch ein geeignetes Filter gesaugt, welches das Aerosol zurückhält und es so einer späteren Analyse im Labor zugänglich macht. An den beim Bohrcamp gesammelten Luftpartikeln ist eine chemische Analyse des wasserlöslichen Anteils vorgesehen, insbesondere sollen die Gehalte an Schwefelverbindungen (Sulfat und Methansulfonsäure) sowie Meersalz (mittels Natrium) ionenchromatographisch bestimmt werden.

Die daraus abzuleitenden Spurenstoffkonzentrationen in der Luft werden benötigt bei der Interpretation von Spurenstoffkonzentrationen in Eisbohrkernen, die ihrerseits eines der wenigen zugänglichen Archive für die Rekonstruktion früherer atmosphärischer Verhältnisse darstellen. Während nun durch die letzten beiden Kampagnen auf dem zentralen Filchner-Ronne-Schelfeis eine ganze Reihe von Firnkernen sowie mit B13 und B15 zwei tiefere Kerne u.a. auch für spurenstoff-glaziologische Fragestellungen zur Verfügung stehen, liegen Zeitreihen der atmosphärischen Aerosolkonzentrationen nur von der zwar küstennahen, aber mehr als 1500 km entfernten Georg-von-Neumayer-Station (GvN) vor. Aus diesem Grund sind direkt auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis gewonnene luftseitige Spurenstoffkonzentrationen von hohem Interesse, selbst mit der gewichtigen Einschränkung der geringen zeitlichen Repräsentativität einer nur zwei- bis dreiwöchigen Feldsaison.

Die Aerosolsammelstation wurde in 1200 m Entfernung in westlicher Richtung vom Bohrcamp aufgebaut. Die Ansaugvorrichtung wurde in einer Höhe von 2,30 m über der Schneeoberfläche montiert. Eine Zeitschaltuhr unterbrach den Pumpenbetrieb zweimal täglich für eine halbe Stunde, so daß in diesen Zeiträumen eine bezüglich Kontamination risikolose, direkte Annäherung zur Station per Skidoo möglich war. Sonstige Vorkehrungen gegen Kontamination durch Abgase von Kraftstoffverbrennung konnten nicht getroffen werden, allerdings wurden die Zeiten mit Wind aus Richtung des Bohrcamps protokolliert.

Als Filtermaterial wurden (doppelte) Zellulose-Filter eingesetzt, um eine bestmögliche Vergleichbarkeit der Sammeleigenschaften mit der High-Volume-Besaugung des luftchemischen Observatoriums an GvN zu erreichen. Die Filter sind hochgereinigt und wurden aus der gleichen Charge hergestellt, die für die GvN-Überwinterung 1992 vorbereitet wurde. Die Filter wurden im Regelfall jeden zweiten Tag

gewechselt. Zwei Filter wurden zwar wie alle anderen in die Filterhalterung eingelegt, aber nicht besaugt, um so einen Prozedur-Blankwert zu ermitteln.

Als Pumpe wurde eine Gleichstrom-Graphitschieber-Pumpe mit einer Leistungsaufnahme von rund 30 Watt bei einer Pumpleistung von 19 l/min eingesetzt. Die Energieversorgung erfolgte mittels zweier 53 Watt Solarpanels, zwischengepuffert über zwei Bleiakkus. Die während des gesamten Aufenthalts am Bohrcamp fast ausnahmslos trübe und teilweise tiefhängende Bewölkung führte aufgrund zu geringen Solarladestroms zu Ausfallzeiten bei der Besaugung. Für einen nächsten Feldeinsatz auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis wäre eine Erweiterung der Solarpanelfläche bei ähnlicher Pumpenkonfiguration sinnvoll.

Die Luftfilter werden direkt nach Ankunft in Kapstadt in nichtgekühltem, aber lichtgeschütztem Zustand direkt zum Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg transportiert, wo dann anschließend die Labormessungen und deren Auswertung durchgeführt werden.

2.11.6.2 Wasserprobennahme vor Filchner (J. Kipfstuhl, H. Miller, N. Lensch)

Die ozeanographische Datenbasis für das Gebiet vor dem Ronneschelfeis ist noch recht dürrtig. Insbesondere fehlen Isotopendaten von den Wassermassen, die vor dem Schelfeis liegen. Sie sind notwendig für die Interpretation von Isotopendaten von Wasserproben, die man unter dem Schelfeis gewonnen hat und damit auch für das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Ozean und Schelfeis. Am 25.01.92 wurden bei 75° 47' S, 55° 26' W (Station 187) im Bereich nördlich der Filchner-Station und bei 75° 01'S, 59° 42' W (Station 185) jeweils ein CTD-Profil bis in 460 m bzw. 610 m Tiefe gefahren und 6 bzw. 12 über die gesamte Tiefe verteilte Wasserproben genommen. An den Wasserproben sollen Salzgehalt, die stabilen Isotope ¹⁸O und Deuterium und der Tritiumgehalt bestimmt werden.

2.11.6.3 Beprobung Eisberge (J. Kipfstuhl)

Grüne und andere sedimentführende Eisberge weisen im Gefüge und in der Weise, wie die Sedimentpartikel in das Eis eingeschlossen sind, Ähnlichkeiten mit dem von marinem Schelfeis auf. In der Atka Bucht wurden 2 sedimentführende Eisberge, die von den Überwinterern entdeckt worden waren, ein zweites Mal beprobt. Der im Westen der Bucht liegende Eisberg führte bis zu faustgroße Steine, der im Nordosten liegende unter anderem Schnecken schalen mit sich. An den Eisproben sollen Isotopenanalysen, am Sediment Untersuchungen zur Tonmineralogie durchgeführt werden. Hieraus werden Aufschlüsse über die Herkunft der Eisberge erwartet. Weitere sedimentführende Eisberge wurden am 27.01.92 bei 75° 51' S, 42° 24' W, am 21.02.92 bei 76° 36' S, 30° 23' W, am 24.02.92 bei 75° 56' S, 45° 18' W und am 06.03.92 bei 70° 06' S, 2° 26' W beobachtet. Sie konnten nicht beprobt werden. Bei der Entstehung von marinem Schelfeis scheinen Unterwassereisplättchen eine große Rolle zu spielen. Für Isotopenanalysen und Gefrierversuche wurden deshalb in der Atka Bucht Eisplättchenproben genommen.

2.11.6.4 Glaziologische Arbeiten bei der Neumayer-Station (H. Oerter, J. Kipfstuhl)

Bei der Neumayerstation wurde, wie bereits früher bei der Georg-von-Neumayer-Station, ein Pegelfeld zur Akkumulationsbestimmung eingerichtet. Das Pegelfeld liegt einige hundert Meter südöstlich der geophysikalischen Observatorien. Das Pegelfeld besteht aus 20 Alu-Balisen von 2 m Länge, die im Abstand von jeweils 5 m ausgesteckt wurden. Das Pegelfeld soll von den Überwinterern betreut und einmal wöchentlich abgelesen werden.

In der unmittelbaren Nähe dieses Feldes wurde am 14.03.1992 ein 10-m-Firn Kern gezogen. An dem Kern sind sozusagen als Nullmessung Isotopenuntersuchungen und die Bestimmung von Ionengehalten vorgesehen, um später den Einfluß der Station auf Akkumulation und Schneeeinhaltsstoffe nachweisen zu können.

Das noch bei der Georg-von-Neumayer-Station bestehende Pegelfeld wurde verlängert, um wenigstens während eines Jahres Vergleichsmessungen zwischen beiden Lokalitäten zu haben.

2.11.7 ERS-1-Testfeld (H. Ehrhard, K. Heidland, A. Reinhold, C. Völksen)

2.11.7.1 Einrichtung eines Testfeldes für die Satellitenaltimetrie auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis (K. Heidland, H. Ehrhardt)

Das Meßprogramm stand im Zusammenhang mit der Mission des europäischen Forschungssatelliten ERS-1 und beinhaltete Ground-Truth-Messungen für die Altimetrie über Eis.

Südlich der Filchner-Station wurde dafür ein Testfeld als Höhenreferenz mit einer Ausdehnung von 40 km * 40 km eingerichtet (Abb.70). Der Zentralpunkt des Höhenreferenzfeldes befand sich im Schnittpunkt der Satellitenbahnen 13 und 31 des 3-Tage-Orbits des ERS-1.

Altimetermessung

Die Höhenbestimmung aus der Altimetermessung wird durch die Neigung der Eisoberfläche beeinflusst. Das Signal kommt von der dem Altimeter nächstgelegenen Fläche zurück. Die Reduktion auf den Nadirpunkt läßt sich bei bekannter Geländeneigung durchführen. Dafür werden aus dem Testfeld die statischen GPS-Beobachtungen genutzt, aus denen ein Geländemodell berechnet wird.

Im Altimetersignal selbst zeichnet sich die Rauigkeit der Eisoberfläche ab, die durch Sastrugis und Geländeformen mit Ausdehnungen unterhalb des Altimeterfootprints hervorgerufen wird. Mit den kinematischen GPS-Vermessungen wurden diese Oberflächenstrukturen erfaßt.

Terrestrische Messungen

Die terrestrischen Messungen auf dem Eis zur Höhenbestimmung im Testfeld wurden mit Differential-GPS in kinematischer Anwendung durchgeführt. Bei dieser

erstmalig in der Antarktis erprobten Anwendung wird während der Fahrt zwischen den statischen Beobachtungspunkten gemessen. In diesem Projekt wurden drei ASHTECH P-code GPS-Empfänger eingesetzt. Die Empfänger beobachten beide Frequenzen des GPS und besitzen 12 Kanäle. Ein Empfänger wurde als Referenzstation am Zentralpunkt, die beiden anderen Empfänger wurden auf Schlitten eingesetzt. Auf den Meßschlitten waren Schlittenstative fest montiert, auf die die GPS-Antennen aufgebaut waren. Die Empfänger selbst waren zusammen mit einer Batterie in einer Zargeskiste untergebracht.

Lokale Referenzstation

Im Testfeld war in der Zeit vom 25.01.92, 22:00 Uhr bis 22.02.92 11:00 Uhr eine lokale Referenzstation installiert. Diese GPS-Referenz diente in erster Linie den GPS-Messungen im Testfeld zur relativen Positionsbestimmung. Die Bestimmung der absoluten Koordinaten der Referenzstation im Testfeld erfolgt durch Relativmessungen zu dem Referenzpunkt bei der argentinischen Station Belgrano II (s. Abschn. 2.11.7.2). 25 Tage lang wurde gleichzeitig mit der Referenzstation Belgrano II beobachtet.

Die Beobachtungen wurden in der Regel in einem 15-s-Intervall aufgezeichnet, für die kinematischen GPS-Beobachtungen betrug das Aufzeichnungsintervall 5 s oder 2 s.

Statische GPS-Messungen

Das Testfeld wurde mit Balisen, die etwa 2 m über die Oberfläche ragen, um für Wiederholungsmessungen benutzt werden zu können, im Abstand von 5 km x 5 km vermarktet. (Abb. 71). Die Neigung der Balisen wurde mit dem Klinometer bestimmt. Zwischen den vermarkten Punkten befanden sich unvermarkte Meßpunkte, und es ergab sich dadurch ein Punktabstand von 3,5 km im Testfeld.

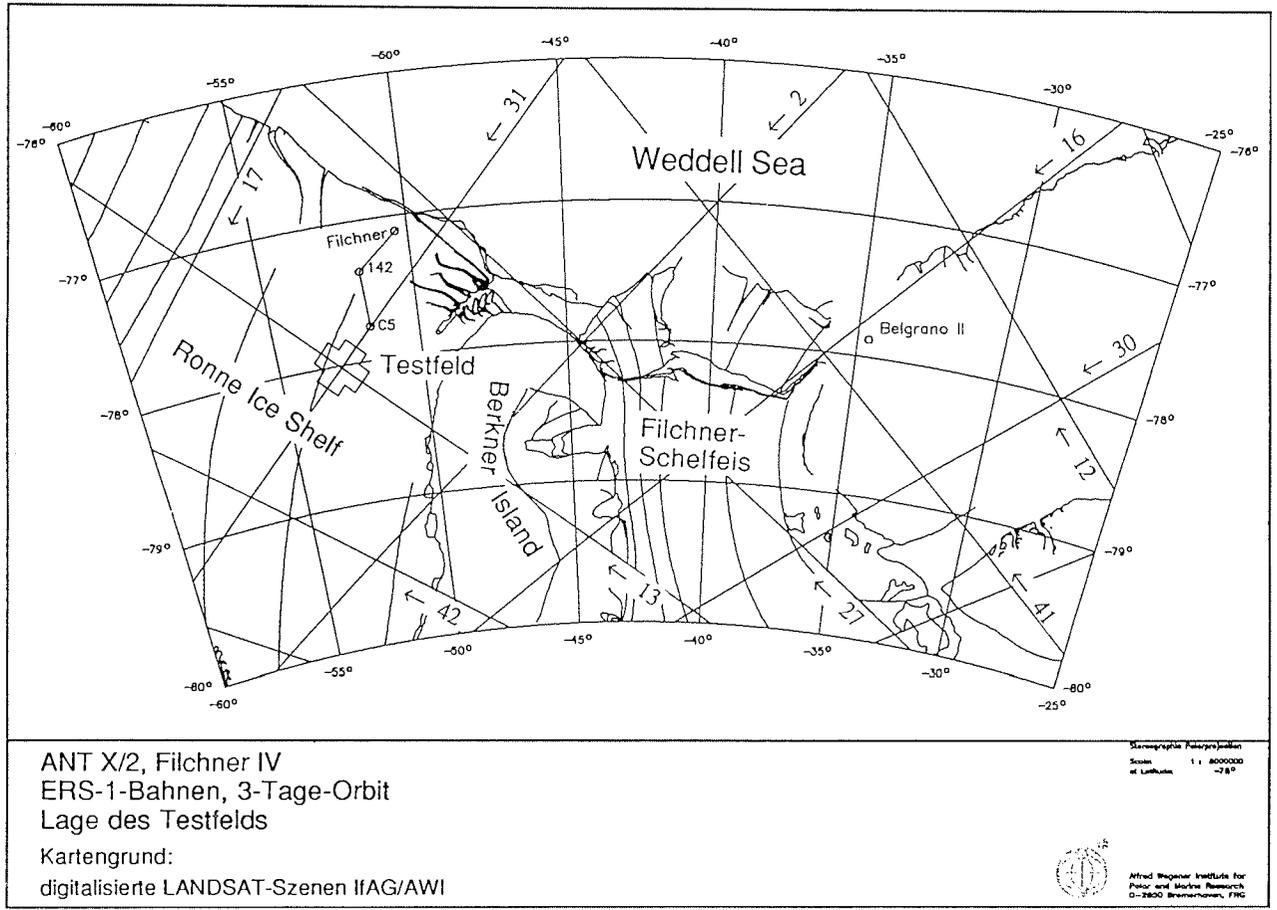
Auf allen Meßpunkten wurde jeweils 30 Minuten lang beobachtet. Soweit eine Balise vorhanden war, wurde die Antenne auf die Balise aufgesetzt, ansonsten wartete der Meßschlitten am Meßpunkt.

Kinematische GPS-Messungen

Im übrigen Testfeld wurden die kinematischen Beobachtungen mit 5 s aufgezeichnet. Die Meßprofile wurden so angelegt, daß die beiden Meßschlitten in Sichtweite voneinander fahren konnten. Aufgrund sehr schlechter Sichtverhältnisse an einigen Meßtagen mußte der Abstand zwischen den Meßschlitten verringert werden, und es wurden sich kreuzende Profile abgefahren.

Entlang der abgestreckten Trassen zwischen den Punkten 51 - 59 und 15 - 65 und im Zentrum des Testfelds zwischen den Punkten 44, 46, 64 und 66 wurden die GPS-Messungen mit einem Intervall von 2 s, die etwa 10 m entsprechen, aufgezeichnet.

Abb. 70: Lage des Testfeldes
 Fig. 70: Location of the testfield site



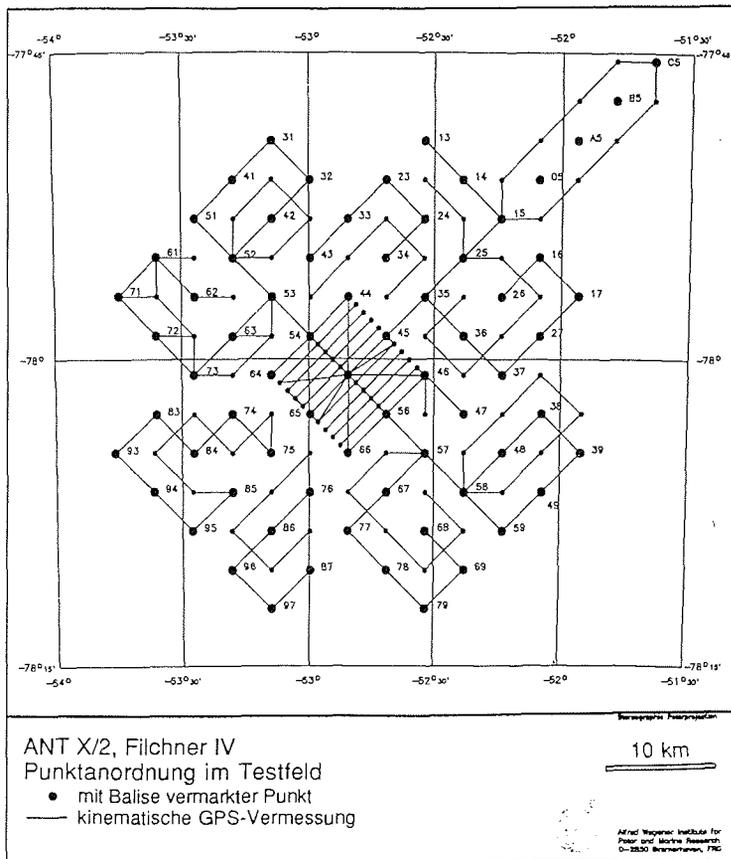


Abb. 71: Punktanordnung im Testfeld
Fig. 71: Individual points within the testfield

Neu abgesteckte Trassen

Der Weg von der Filchner-Station zum Testfeld über die Punkte 142, C5 und 55 wurde mit Bambusfahnen im Abstand von etwa 500 m abgesteckt (Abb. 54). Im Testfeld wurde die Trasse 51 bis 59 im Abstand von 1000 m und die Trasse von 15 bis 95 im Abstand von etwa 500 m ausgeflaggt (Abb. 71). Die ausgeflaggten Trassen dienten der Sicherheit und wurden für das trigonometrische Nivellement (s. Abschn. 2.11.2) genutzt.

Navigation im Testfeld

Die Skidoos mit den angehängten Meßschlitten waren mit TransPak-GPS-Empfängern ausgerüstet. Die Fahrer navigierten abseits der abgesteckten Trassen ausschließlich mit den TransPak-GPS-Empfänger. Diese waren sichtbar vor dem Lenker befestigt und konnten vom Fahrer bequem abgelesen werden. Eine externe Antenne auf einer Stange am Rahmen des Skidoos sorgte für einen optimalen Empfang der GPS-Signale. Die TransPak-GPS-Empfänger waren für die Durchführung der Messungen unentbehrlich. Sie boten uns zusätzlich eine sehr

hohe Sicherheitsreserve, da mit Hilfe dieser Empfänger auch in "white out"-Situationen zu navigieren und ein Lager oder eine Station zu erreichen ist.

2.11.7.2 GPS-Beobachtungen auf der argentinischen Station General Belgrano II (Ch. Völkse)

Im Rahmen der geodätischen Feldarbeiten im ERS-1-Höhentestfeld war es notwendig, eine Referenzstation zur Erfassung der Bewegung des Eisfeldes und zur Höhenübertragung zu besetzen. Aus diesem Grund wurde auf der am Nunatak "Bertrab" gelegenen argentinischen Station General Belgrano II ein auf Fels vermarkter Bezugspunkt mit einem GPS-Empfänger besetzt. Die ellipsoidischen Koordinaten dieses Bezugspunktes wurden erstmalig während des Filchner-I-Projektes 1983/84 aus Satellitendopplermessungen bestimmt. Bei dem GPS-Empfänger handelte es sich um ein Zweifrequenzgerät vom Typ Trimble SST-4000 mit P-Code auf der zweiten Frequenz. Die Beobachtungen wurden über 21 Tage mit einer Aufzeichnungsrate von 15 s vom 29.01.-19. 02.1992 kontinuierlich aufgezeichnet. Zusätzlich wurden parallel auf der chilenischen Station O'Higgins und der deutschen Station Georg Forster GPS-Beobachtungen durchgeführt, um bei einer gemeinsamen Auswertung aller drei Stationen eine Verbesserung der Referenzkoordinaten zu erreichen.

An Bord von "Polarstern" erfolgte eine erste Auswertung der Basislinie zwischen dem Referenzpunkt 222 auf Belgrano II und dem Zentralpunkt im Testfeld. In der Auswertung wurden nur Broadcast Ephemeriden (Bahndaten) benutzt, die später durch präzise Ephemeriden ersetzt werden sollen. Diese Methode ist notwendig, da seit Inbetriebnahme von Selective Availability (SA) eine Verschlechterung der Bahndaten ("epsilon-Prozeß") und eine gewollte Frequenzinstabilität des Zeitnormals ("dithering") der Satelliten die Positionsbestimmung erheblich beeinträchtigt. Durch diese beiden Maßnahmen wurde die Positionsgenauigkeit von etwa 10 auf 100 m herabgesetzt. Die Frequenzinstabilität hat keine Auswirkungen auf die Bestimmung von Koordinatendifferenzen. Lediglich bei der Verschlechterung der Bahndaten ist mit einem Einfluß auf die Bestimmung der Koordinatendifferenzen zu rechnen. An Bord wurden insgesamt 18 Sessions ausgewertet. Jede Session umfaßte nahezu Daten von 23 Stunden. Auf die Bestimmung von Mehrdeutigkeiten wurde verzichtet und nur eine sogenannte "float solution" erzeugt. In Abb. 72 ist die Eisbewegung des Zentralpunktes des ERS-1-Höhentestfeldes dargestellt.

Die Lage der einzelnen Punkte ist hier in UTM-Koordinaten dargestellt. Die X-Koordinate weist in Richtung des Meridians, während die Y-Koordinate in Richtung des Längengrades weist. Sehr leicht läßt sich die Bewegung der Zentralstation auf dem Ronne Ice Shelf erkennen. Die Sessions der Tage 31, 33 und 40 wurden noch nicht ausgewertet, was man an den größeren Abständen zwischen einzelnen Punkten sehen kann.

Eisbewegung der Zentralstation
im ERS-1 Testfeld

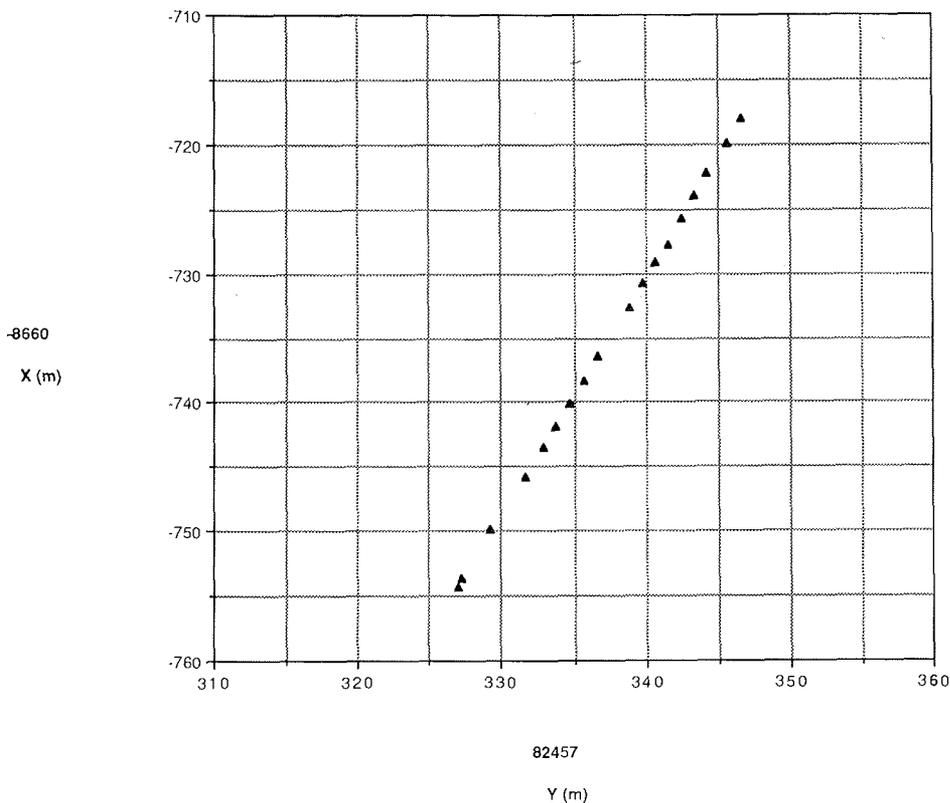


Abb. 72: ERS-1-Höhentestfeld: Lageänderung der Zentralstation infolge der Eisbewegung in der Zeit 29.01.-19.02.1992. (Darstellung in UTM-Koordinaten)

Fig. 72: ERS-1 altimeter test area: Displacement of the central station due to ice motion during the period 29.01.-19.02.1992. (The positions are shown in UTM-coordinates)

In einer Ausgleichung wurden die Geschwindigkeitskomponenten in X- und Y-Richtung V_x und V_y (beziehungsweise die gesamte Geschwindigkeitskomponente V und das Azimut A der Eisbewegung) bestimmt, sowie die Lagekoordinaten des Zentralpunktes für den 08.02.1992, 0:00 UTC, berechnet. Bei der weiteren Auswertung der im Testfeld gesammelten Daten sollen sich die Koordinaten auf dieses Datum des Zentralpunktes beziehen. Aus den Residuen der Ausgleichung wurden die mittleren Fehler der Lagekomponenten ermittelt, während der Fehler der Höhenkomponente aus einfacher Mittelbildung bestimmt wurde. Die Ergebnisse sind im folgenden zusammengestellt.

Eisbewegung:

$$\begin{aligned} V_x &= 1,83 \text{ m/d} & V &= 2,08 \text{ m/d} \quad (759 \text{ m/a}) \\ V_y &= 0,99 \text{ m/d} & A &= 28,5^\circ \end{aligned}$$

Koordinaten im WGS 84:

Station	f	l	h
Belgrano II	77° 52' 29,3850" S	34° 37' 36,9430" W	247,963 m
ERS-1-Testfeld (Zentralpunkt)	78° 00' 46,6108" S	52° 50' 25,1211" W	45,372 m

Koordinatendifferenzen der Basislinie:

Δf	Δl	Δh
-0° 8' 17,2258" $\pm 0,284 \text{ m}$	-18° 12' 48,1781" $\pm 0,177 \text{ m}$	-202,591 m $\pm 0,202 \text{ m}$

Länge der Basislinie: 423 343,210 m
Mittlerer Punktfehler: $\pm 0,391 \text{ m}$

Die beobachteten Geschwindigkeitsvektoren stimmen gut mit den früher, nach einem Zweijahresabstand, bestimmten Eisbewegungen der benachbarten Stationen D240 (824 m/a) und D241 (722 m/a) überein. Besondere Beachtung verdient dabei, daß die Koordinatenübertragung von der Referenzstation auf das Schelfeis bereits nach dieser Vorauswertung mit einer Genauigkeit von 39 cm erreicht wurde. Bei einer Länge der Basislinie von 423 km ist dieser Betrag kleiner als 1 ppm und weist auf die Leistungsfähigkeit des GPS hin. Die Höhenkomponente zeigt einen mittleren Fehler von nur 20 cm, obwohl die Punktbestimmung nur mit einer einfachen "float solution" durchgeführt wurde. Es ist zu erwarten, daß bei der endgültigen Auswertung unter Verwendung von präzisen Ephemeriden und Mehrdeutigkeitsbestimmung eine höhere Genauigkeit erreichbar ist. Damit ist die Erfassung der Bewegung der Zentralstation und die Höhenübertragung sehr gut gelungen.

2.11.8 Passive und aktive Radarreflektoren (A. Reinhold)

Satellitengestützte Fernerkundungsdaten können eine Vielzahl von Aussagen über Gebiete leisten, die für terrestrische Meßprogramme schwer oder gar nicht zugänglich sind. Ein Beispiel dafür ist das Studium des Bewegungsverhaltens und des Massenhaushaltes großer antarktischer Ausflußgletscher bzw. Schelfeise, deren Dynamik in Lage und Höhe großen Einfluß auf globale Prozesse und deren Änderung haben.

Unter Nutzung des Verfahrens der interferometrischen Auswertung von SAR-Daten des europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 ist es möglich, dreidimensionale digitale Geländemodelle zu erarbeiten, wobei geringe Veränderungen in Lage und Höhe als Funktion der Zeit bestimmt werden können.

Im Rahmen der Filchner-IV-Expedition war es möglich, die notwendigen Bodenvergleichsmessungen für die geometrische und radiometrische Korrektur der SAR-Szenen durchzuführen. Das dafür ausgewählte Testfeldgebiet lag im Schnittpunkt zweier Satellitenspuren des Drei-Tage-Orbits bei $78^{\circ} 01,0' S$ und $52^{\circ} 50,5' W$ und hatte eine Ausdehnung von $40 \text{ km} \times 40 \text{ km}$, parallel zum Spurverlauf. Die dieses Gebiet überdeckenden SAR-Szenen werden auf Grund der Geometrie des SAR-Systems des ERS-1 bei Überflügen des Satelliten in etwa 300 km Entfernung südöstlich (Orbit 30) bzw. südwestlich (Orbit 14) des Testfeldgebietes erzeugt (Abb. 73).

Insgesamt 22 passive Radarreflektoren vom Typ der Cornerreflektoren wurden im Testfeldgebiet in vier geometrischen Figuren dauerhaft installiert. Dies erfolgte mit Balisenunterbau und Holzpodest, worin die Reflektoren bei einer Bodenfreiheit von mindestens 50 cm gelegt und mit der Hauptreflexionsachse auf den Satelliten ausgerichtet wurden. Die Standorte der Reflektoren sind mit GPS in Bezug auf den Referenzpunkt des Testfeldes (Altimetervergleichsnetz) festgelegt und mit klassischen geodätischen Messungen zentriert (Abb. 74).

Beim Überflug des Satelliten im Orbit 14 wird das Testfeldgebiet in einer SAR-Szene vollständig erfaßt, bei Orbit 30 liegt es auf zwei Szenen verteilt. Deshalb sind 16 Cornerreflektoren auf den Orbit 14 ausgerichtet.

Der Abstand der Reflektoren untereinander ist größer als 100 m , um bei einer Abbildungsgröße von $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ pro Pixel eine eindeutige räumliche Trennung im Radarbild zu gewährleisten.

Um Einflüsse der Schneebedeckung auf das Reflexionsverhalten zu erfassen, wurden zeitweise ausgewählte Reflektoren unterschiedlich dicht mit Schnee gefüllt. Aus den Beobachtungen während der Meßkampagne ist zu schließen, daß die Reflektoren längerfristig nutzbar bleiben. Die Standorte werden gut vom Neuschnee freigefegt, die Hauptreflexionsachsen der Reflektoren zeigen in etwa in die Hauptwindrichtung, so daß ein Zudriften relativ langsam erfolgt. Trotz zeitweise starkem Schneefall und mehreren Drifttagen war die Schneebedeckung der Grundfläche der Reflektoren mit nur wenigen Zentimetern zu beobachten, teilweise waren große Flächen bereits wieder ausgeschmolzen.

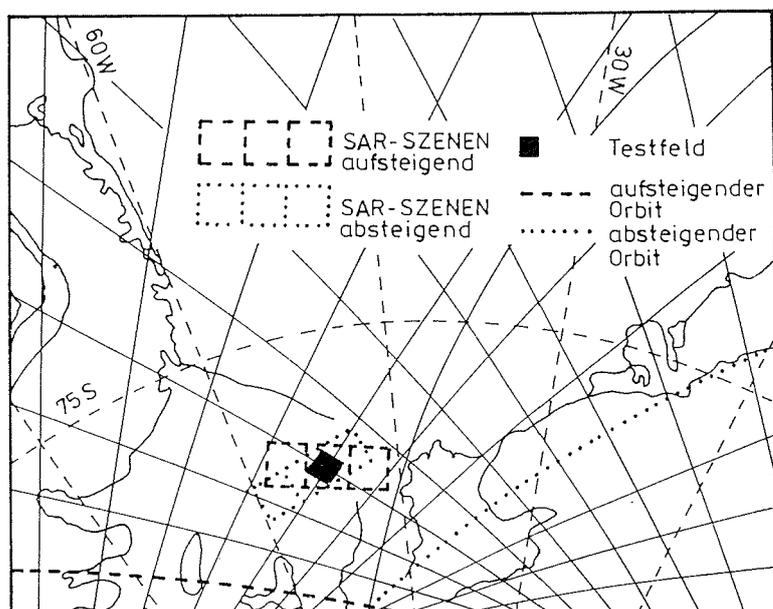


Abb. 73: ERS-1-Spuren im Gebiet des Weddellmeeres und Lage des ERS-1-Testfeldgebietes mit überdeckenden SAR-Szenen

Fig. 73: ERS-1 tracks over the Weddell Sea area and location of the ERS-1 reference area with overlapping SAR scenes

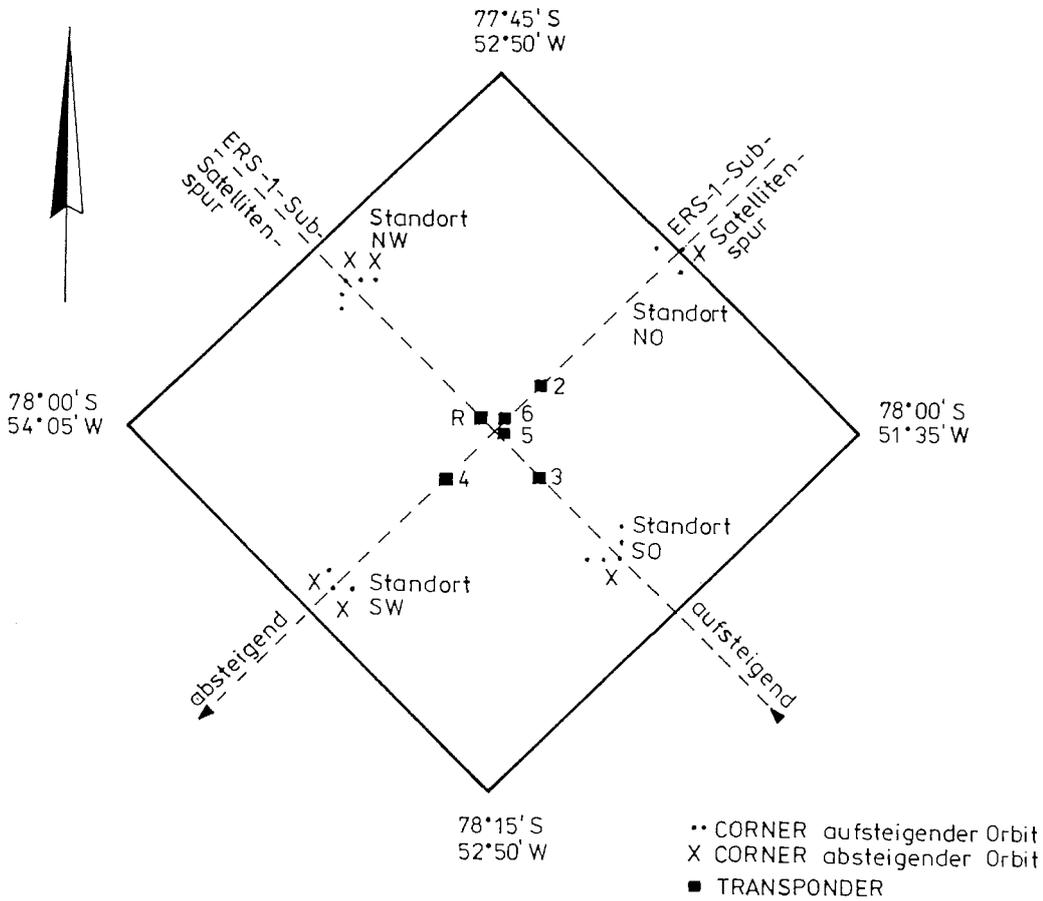


Abb. 74: Standorte der Cornerreflektoren und Tansponder im ERS-1-Testfeld.
Fig. 74: Location of the corner reflectors and transponders within the ERS-1 reference area.

Für den Empfang und die Aussendung von Radarpulsen vom und zum Satelliten ERS-1 standen zwei aktive ARC-Transponder zur Verfügung, mit denen die möglichen Überflüge registriert wurden (Tab. 18).

Datum	TC-Nr.	Standort	empfangene Pulse	Orbit
31.01.92	09A	R	5442	14
01.02.92	09A	2	5099	30
01.02.92	10A	R	5070	30
03.02.92	09A	R	5462	14
03.02.92	10A	5	5511	14
04.02.92	09A	2	5205	30
04.02.92	10A	R	5467	30
06.02.92	09A	R	5481	14
06.02.92	10A	3	5507	14
07.02.92	09A	2	5381	30
07.02.92	10A	R	5632	30
09.02.92	09A	R	5467	14
09.02.92	10A	3	5409	14
10.02.92	10A	R	6017	30
13.02.92	09A	2	5202	30
13.02.92	10A	6	5292	30
15.02.92	09A	5	5215	14
15.02.92	10A	3	5248	14
16.02.92	09A	4	5418	30
16.02.92	10A	6	5861	30
18.02.92	09A	R	5549	14
18.02.92	10A	5	5622	14
19.02.92	09A	4	5507	30
19.02.92	10A	6	5190	30
21.02.92	10A	3	5384	14
22.02.92	10A	6	5338	30

Tab. 18: Einsatz der beiden aktiven ARC-Transponder im ERS-1-Testfeld
Tab. 18: Periods of measurements of the two ARC transponders in the ERS-1 reference area

Vorrangig die Empfangsergebnisse dieser Geräte werden für die radiometrische Korrektur der SAR-Daten herangezogen.

Die Transponder waren zu jeder Messung neu zu initialisieren und aufzubauen. Die dadurch hervorgerufene Wetterabhängigkeit bezüglich des Transports der Geräte verhinderte eine kontinuierlichere Abarbeitung der Meßpunkte. Trotzdem konnten für 5 Meßpunkte jeweils 4 Satellitenpassagen registriert werden. Die Messung mit beiden Transpondern auf dem Referenzpunkt des Testfeldes soll gerätespezifische Untersuchungen ermöglichen, der Aufbau des Transponders 1,50 m über der Schneeoberfläche am Punkt 6 dient der Unterstützung der Genauigkeitsbewertung des Verfahrens.

Die empfangenen Pulse weisen gleiche Strukturen und Eigenschaften bzw. Merkmale wie SAR-Daten auf, die in Deutschland registriert wurden. Es ist davon auszugehen, daß damit auch die Anwendung der bisherigen Auswertetechnologie möglich ist.

Nach jeder SAR-Datenregistrierung erfolgte unmittelbar die Einmessung des Standpunktes mittels GPS durch Anbindung an den Referenzpunkt des Testfeldes.

Die SAR-Bilddaten wurden durch die Bodenempfangsstation O'Higgins (Antarktische Halbinsel) vom Satelliten ERS-1 abgerufen.

In Abb. 75 sind die tatsächlich gewonnenen SAR-Szenen mit dem ERS-1-Testfeld und die gleichzeitig durchgeführten Messungen am Boden zusammengestellt.

Alle GPS-Messungen sind mit der Registrierung meteorologischer Daten (Temperatur, Luftdruck, relative Feuchte, Schneetemperatur) und einer groben Wetterbeobachtung gekoppelt. An allen Standorten der Cornerreflektoren bzw. Transponder wurde die Dichte des oberflächennahen Firms (0-20 cm) bestimmt. Sie weist für das Testfeldgebiet einen wenig schwankenden, mittleren Betrag von $383 \pm 11 \text{ kg/m}^3$ aus (Tab. 19).

Punkt	Dichte kg/m ³	Punkt	Dichte kg/m ³
Corner NW	393	Transp. R	375
Corner NO	385	Transp. 2	392
Corner SW	389	Transp. 3	398
Corner SO	386	Transp. 4	359
		Transp. 5	375

Tab. 19: Dichtewerte des oberflächennahen (0-20 cm) Firms im ERS-1-Testfeld
Tab. 19: Snow density of the near surface layer (0-20 cm) in ERS-Reference area

Die SAR-Bilddaten, die Bodenvergleichsmessungen mit aktiven und passiven Radarreflektoren sowie die Ergebnisse der Untersuchungen über die Wechselwirkungen von Mikrowellen mit polarem Firm (s. Abschn. 2.11.9) bilden die Grundlage für die mögliche Ableitung eines digitalen Geländemodells in diesem Teil der Antarktis.

2.11.9 Mikrowellensignaturen und physikalische Eigenschaften der Schneedecke (J. Bamber, K. Sturm, H. Wohltmann)

2.11.9.1 Introduction (J. Bamber, K. Sturm)

The successful launch and operation of the first Earth Remote Sensing satellite (ERS-1) has heralded a new era in remote sensing of the polar regions. For the first time, satellite data extend to 82 degrees latitude so that there will be almost complete coverage of the two major ice shelves (the Filchner-Ronne and Ross) and all of the Greenland ice sheet. There are two active microwave instruments onboard. An altimeter (operating at 13.5 GHz) measuring the range to a surface with a precision of approximately 25 cm (for unaveraged data) and a Synthetic Aperture Radar (SAR) operating at 5 GHz. This produces images of approximately 100 km x 100 km size with a resolution of up to 8 m. The satellite also carries the most accurate infrared radiometer ever flown from space with an absolute accuracy of 0.1 K and a temperature resolution in the order of mK. Due to the lack of altimeter and SAR data over Antarctica little work has been undertaken to validate measurements from these sensors. Models of the microwave behaviour of snow remain at a basic level and have rarely been tested against *in-situ* glaciological and microwave data. The aim of this project was to collect ground truth data contemporaneously with overpasses of ERS-1. The *in-situ* data can then be used to develop a microwave model of the surface snow behaviour over a range of frequencies and can also be compared directly with the satellite data. This will provide a better understanding of the remote sensing data and allow it to be used with greater confidence and accuracy.

The key parameters that influence the radar backscatter of snow (in approximate order of importance) are:

- water content (if any),
- centimetric scale surface roughness
- density and grain size,
- temperature, and
- sub-surface layering.

To produce a realistic model all these parameters must be measured and this was carried out at eight separate sites, indicated in fig. 76. Repeat measurements were carried out at three sites to examine the temporal (as well as spatial) variability of the data. These, and the other measurements made, are discussed in the next sections.

A traverse covering a distance of 900 km was completed to determine the spatial variability in the microwave behaviour of the snow. The route taken and the test site locations are indicated in fig 76.

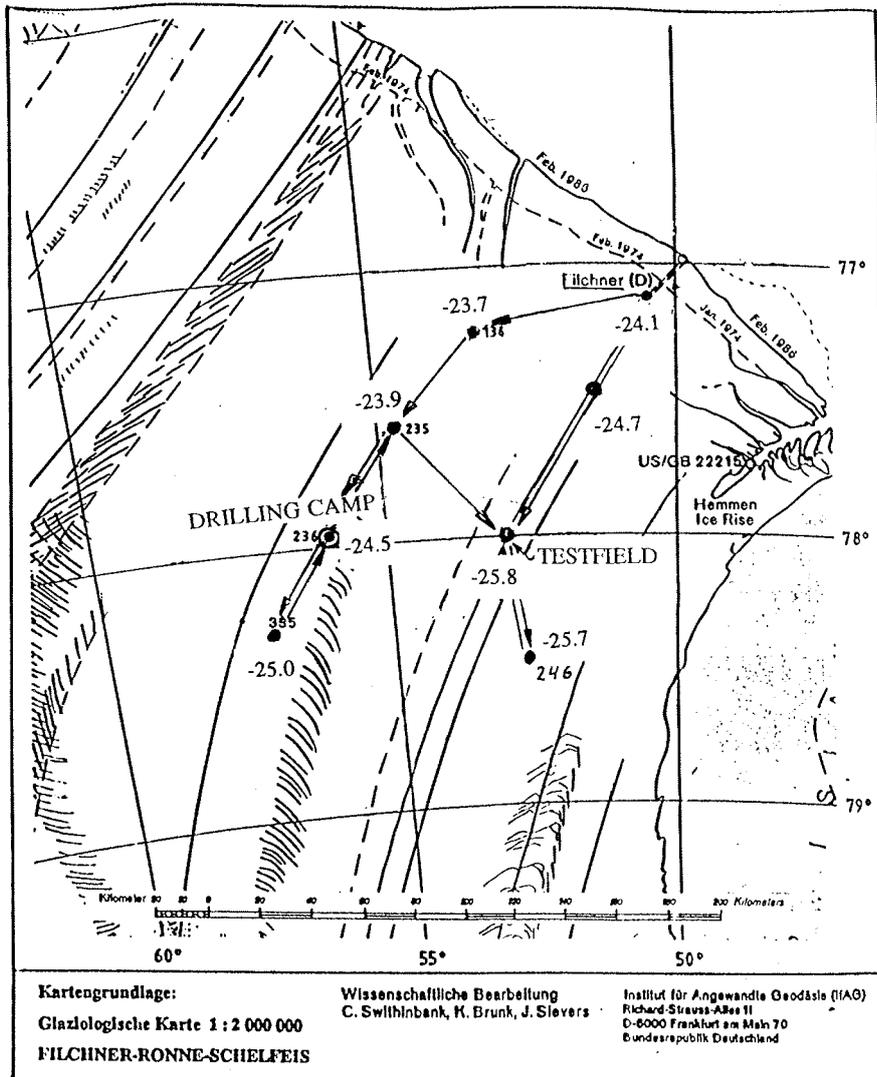


Abb. 76: Karte der Traversenroute, eingetragen sind Meßplätze und 10-m-Bohrlochtemperaturen

Fig. 76: Map showing route of traverse, test site locations and firn temperatures at 10 m depth

2.11.9.2 MSSL Radar (J. Bamber)

The MSSL radar is a Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) instrument operating at a centre frequency of 13.5 GHz (similar to the ERS-1 altimeter). The instrument has a range resolution of about 1 cm and can be set to receive power at any distance between 1.5 and 20 m. By ranging to successively lower and lower surfaces it is possible to measure the relative contributions from surface and sub-surface scatterers.

Such an experiment was carried out at three sites and the data suggest that there were no dominant sub-surface scatterers at these locations. Precise values of the surface backscatter will be calculated after a full external calibration of the radar has been carried out back at MSSL and are, therefore, not presented here.

The radar was built so that it could be reconfigured for measuring the attenuation of the radar wave in snow. This experiment requires that an antenna, connected to two metre sections of metal waveguide are placed down a corehole and connected to the radar and a high precision calibrated attenuator at the surface. This experiment was carried out in a 6 m corehole at the testfield, 10 m hole at the bore camp and a 10 m corehole at point D246. The results of these measurements await calibration of the system in an anechoic chamber. Supporting glaciological data for these experiments are discussed in section 2.11.9.4.

2.11.9.3 IMGI Radar (K. Sturm)

Zur Messung der Mikrowellensignatur wurde ein Zweikanal- (5,2 GHz, 13,3 GHz) Radio-Scatterometer (RSM) eingesetzt, welches unter beliebigen Winkeln auf die Schneedecke blickt und polarisierte Strahlungstemperaturen als Radiometer bzw. Rückstreuvermögen als Scatterometer mißt. Das Gerätes hat sich unter den rauen Umweltbedingungen der Antarktis bewährt. Da es sich bei jeder Messung sowohl im Radiometer- als auch im Scatterometerbetrieb selbst kalibriert, ist das System stabil. Durch eine vorherige externe Eichung wird eine absolute Genauigkeit von 1-2 dB im aktiven und ca. 3 K im passiven Betrieb erreicht.

Standardmäßig wurde das Rückstreuvermögen zwischen 0 Grad (senkrecht nach unten) und 70 Grad Blickwinkel in den Polarisationszuständen VV, VH, HV, HH bzw. V, H bei der Strahlungstemperatur gemessen (V vertikale, H horizontale Polarisation). Dabei befanden sich die Geräte, das 13,5-GHz-Scatterometer von MSSL ebenfalls, etwa 7 m über der Schneeoberfläche. Daneben wurden Messungen während der Fahrt des Schlittengespannes vorgenommen, was die Anzahl der unabhängigen Messungen im Interferenzmuster erhöht, und damit die Unsicherheit in der Bestimmung des Rückstreuvermögens reduziert.

Die erhaltenen Signale werden von elektromagnetischen und morphologischen Eigenschaften der Schneedecke bestimmt. Dabei bleiben die Wechselwirkungen zwischen Mikrowellen und Schnee nicht nur auf die Oberfläche beschränkt. Für trockenen Schnee wird die Signatur auch von den Schnee-Eigenschaften aus einigen Metern Tiefe beeinflut.

Das Konzept der Feldkampagne wurde entsprechend zweier Problemstellungen ausgelegt:

- Die Radarmessungen am Boden sollen mit denen des ersten europäischen Fernerkundungssatelliten (ERS-1) verglichen werden, der im gleichen Zeitraum mit AMI (Active Microwave Instrument) unter anderem auch das Ronne-Schelfeis erstmals bis zu 79,4 ° S flächendeckend aufnimmt. Zusammen mit den glaziologischen Arbeiten sollen Analysemethoden der Satellitenbilder erarbeitet werden.
- Trotz der relativ homogenen Schneeerhältnisse des Ronne-Schelfeises variiert das Rückstreuvermögen räumlich und zeitlich. Zum tieferen Verständnis der Wechselwirkungen von Mikrowellen mit polarem Firn muß daher erheblicher Aufwand zur Erfassung einiger glaziologischer Parameter betrieben werden. Die Kampagne diente dazu, die Schneedecke möglichst maximal zu dokumentieren und die Analysemethoden, erweitert durch Messungen der kleinräumigen Oberflächenrauigkeit mittels eines Laserprofilometers und der Kornstruktur mittels Makrofotografie, zu verfeinern. Zur späteren Bestimmung von Korneigenschaft und Mikrostruktur über Stereologie von Dickschnitten wurden 10-m-Kerne gewonnen. Radiometermessungen des RSM ergänzen die Signaturanalyse.

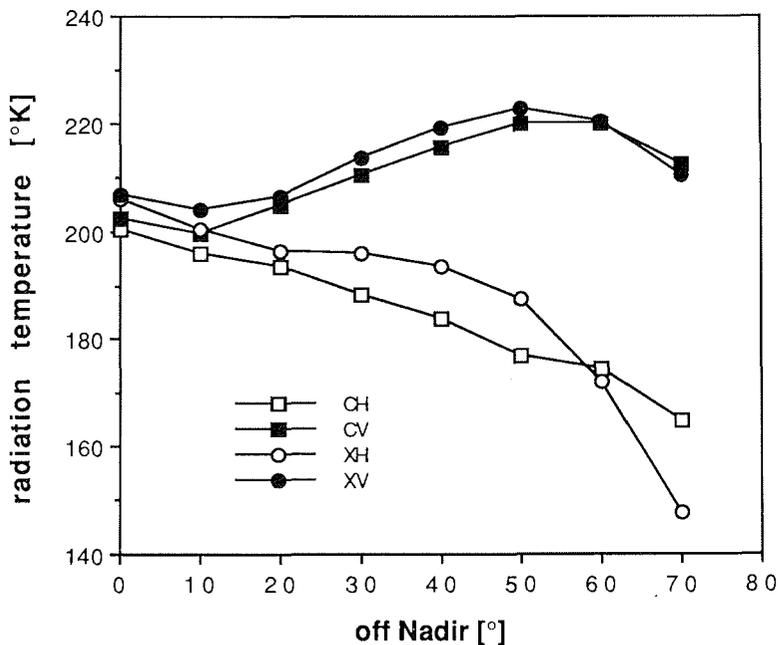


Abb 77: Strahlungstemperatur in Abhängigkeit von Blickwinkel (off nadir) und Polarisation für C- und X-Band am "Testfeld" 27.01.92.

H: horizontale Polarisation, V: vertikale Polarisation der Antenne

Fig. 77: Radiation temperature depending on viewangle (off nadir) and polarisation for C- and X-Band at location "Testfield" 27.01.92.

H: horizontal polarisation, V: vertical polarisation of antenna

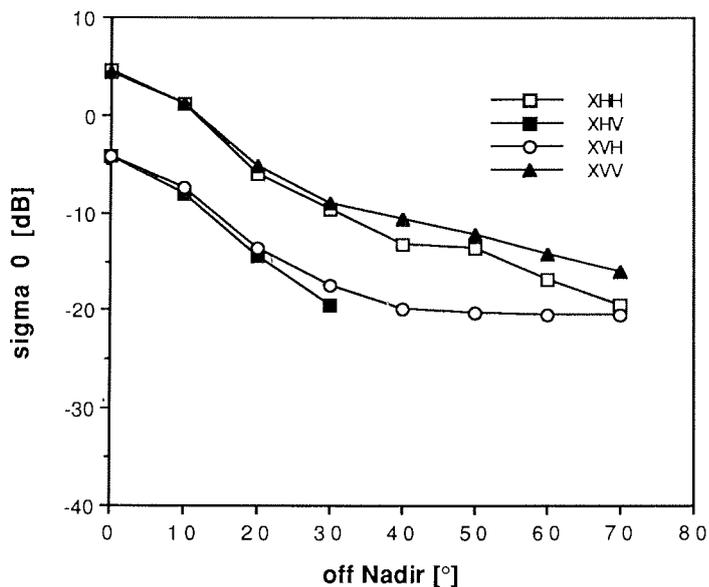
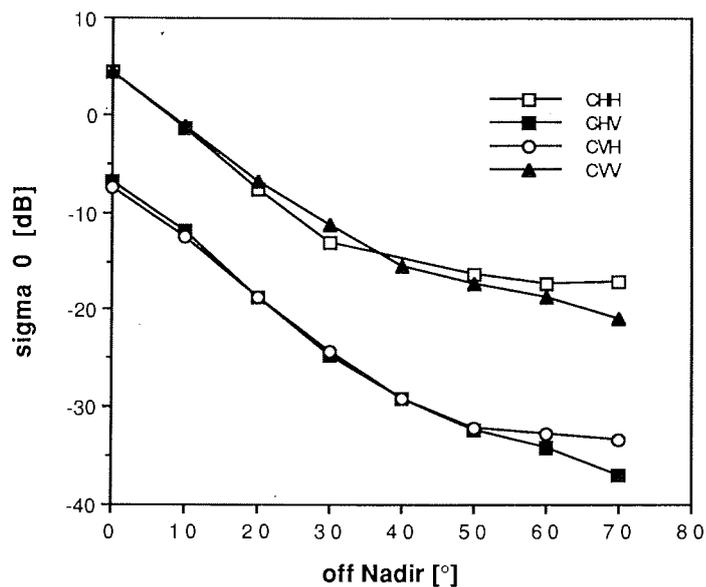


Abb. 78: Rückstreukoeffizient (σ_0) in Abhängigkeit von Blickwinkel (off nadir) und Polarisation für C-Band (a) und X-Band (b) am "Testfeld" 27.01.92H: horizontale Polarisation, V: vertikale Polarisation der Antennen

Fig. 78: Backscattering coefficient depending on viewangle and polarisation for C-Band (a) and X-Band (b) at location "Testfield" 27.01.92H: horizontal polarisation, V: vertical polarisation of antennas

Vom 26.01.92 bis 18.02.92 konnten insgesamt acht Meßplätze mehrfach aufgenommen werden. Abb. 77 zeigt Strahlungstemperaturen und Abb. 78 Rückstreuvermögen für verschiedene Blickwinkel und Polarisierungen am sogenannten ERS-1-Testfeld (78° 1,0' S, 52° 50,5' W). Die Signatur ist typisch für alle Meßpunkte des Ronne-Schelfeises im Untersuchungsgebiet.

Die geringe Rückstreuung für flache Blickwinkel wird durch diffuse Reflexion aus dem Schneevolumen bestimmt. Bei Annäherung an den Nadir nimmt die kohärente Komponente zu. Im C-Band (57 mm) ist diese Blickwinkelabhängigkeit etwas stärker ausgeprägt, da verglichen mit der kleineren Wellenlänge des X-Bandes (29 mm) die Schneeoberfläche bzw. die Grenzschichten im Schneevolumen glatter erscheinen. Obwohl die Schneeoberfläche während der Kampagne sehr glatt war, konnte bei Nadirmessung eine Signalspitze nicht nachgewiesen werden. Der Grund hierfür ist in dem relativ weiten Empfangsbereich der Antennen und in einem weiterhin diffusen Anteil des Rückstreuvermögens im Nadirbereich zu suchen. So ergibt sich eine relativ gleichmäßige Abnahme des Rückstreuvermögens für flachere Blickwinkel. Interessant ist auch die Rückstreuung für flache Blickwinkel im X-Band. Hier sind die kohärenten Komponenten im Signal gering, ko- und kreuz-polarisiertes Rückstreuvermögen werden etwa gleich groß.

2.11.9.4 Glaciological measurements (K. Sturm, J. Bamber)

At each site a 10 m borehole was drilled and a thermistor chain used to measure the temperature profile at 9 levels down the hole. The thermistor chain was allowed to stabilise for at least 12 hours which, from observation, proved to be adequate. In areas where there is no, or little, summer melting the 10 m temperature is a good estimate of the mean annual air temperature. Its distribution is indicated in fig. 76. The expected cooling moving south and east is clearly evident but there also appears to be a cold "tongue" of ice (based on the value at the test field), which was not anticipated.

The eight test sites were documented by snowpits down to a depth of 5 meters maximum. For each pit snow density, temperature and stratigraphy were measured. Crystal grain size and appearance were recorded by macrophotography. Each radar measurement was followed by a careful observation of the local snow surface and the weather conditions. Surface roughness was measured at several sites using a laser profilometer and by photographic method.

2.11.9.5 Infrared radiometry (J. Bamber)

There were two aims of this experiment:

- to validate the ATSR data, over snow, and
- to measure the emissivity of snow at 11 & 12 μm and its variation with angle.

Clear sky conditions are essential for the first of these and preferable for the second. Despite the poor weather experienced during the field work it was possible to collect data coincident with 6 overpasses of the satellite. Variations in wind speed

and snow surface temperature were measured with an anemometer and a micro-profiler consisting (originally) of ten platinum resistance thermometers (PRT) calibrated to 0.05 K. Radiosonde launches were made during overpasses so that a correction for the water vapour content in the atmosphere can be made and compared with that from the ATSR. The second objective proved harder to achieve as solar heating of the PRTs, during the day, and large temperature gradients across the surface during clear sky conditions made it difficult to measure the "true" snow surface temperature. Data collected during one night at Georg von Neumayer station, however, look as though they may, with careful analysis, yield an accurate estimate of the emissivity. This parameter is required if the real surface temperature is to be determined from the infrared brightness temperature measured by the ATSR and, to date, the most reliable estimates come from theoretical models of the optical properties of snow.

2.11.10 Untersuchungen anionischer Spurenstoffe und Speziesanalytik in Umweltproben (J. Wittenzellner)

Die luftchemischen Untersuchungen und Probennahmen während der Antarktisexpe-dition ANT X/2 dienen der Aufklärung der natürlichen Kreisläufe des Nitrats und des Iods. Durch Analyse der verschiedenen Nitrat- und Iodspezies in den auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis genommenen Proben können detailliertere Aussagen getroffen werden, als diese bisher durch die Gesamtgehaltsbestimmungen von Nitrat und Iod möglich waren.

Durchgeführte Untersuchungen und Probennahmen

Die unterschiedlichen Beprobungen der Atmosphäre fanden ca. 130 m südöstlich der Filchner-Station statt.

In Bezug auf die Nitratthematik lag der Schwerpunkt der Probennahme in den Luft-besamungen eines aus zwei verschiedenen Filtertypen bestehenden Systems. Die Filter wurden unmittelbar nach der Beprobung für die massenspektrometrische Isotopenverdünnungsanalyse (MS-IVA), die keiner externen Kalibrierung bedarf, vorbehandelt. Ein Teil dieser Filterproben wurde bereits während der Rückreise an Bord von "Polarstern" in einer transportablen Flow-Box für die massenspektrometri-schen Messungen aufgearbeitet. Die Bestimmung des Verhältnisses partikuläres Nitrat/ gasförmige HNO_3 wird später an der Universität Regensburg mittels Mas-senspektrometer erfolgen. Durch genaue Informationen über den Anteil der HNO_3 am Gesamtnitrat können Einblicke in die chemischen Reaktionen der Atmosphäre gewonnen und Erkenntnisse über Art und Umfang der Nitratdeposition abgeleitet werden.

Ergänzend zu den Luftuntersuchungen wurden Drift-, Alt- und Neuschnee sowie Reif, dem wegen der Anreicherung der atmosphärischen Spurenstoffe bei seiner Bildung das besondere Interesse gilt, gesammelt. Die meisten dieser Proben wur-den mit der vor Ort eingesetzten Ionenchromatographie (IC) vermessen, während einige ausgewählte Proben für die MS-IVA in Regensburg vorgesehen sind.

Parallel zu den Konzentrationsmessungen des Nitrats erfolgten mittels IC jeweils die Gehaltsbestimmungen von Chlorid und Sulfat, die ebenfalls wichtige saisonale

Indikatoren darstellen. Das durch den seaspray-Effekt in Form von Seesalz-Aerosolen im Schnee deponierte Chlorid liefert Erkenntnisse über den marinen Einfluß auf eine antarktische Region, während die Bestimmung des sog. "non-sea-salt"- bzw. Exzeß-Sulfats Rückschlüsse auf die biogenen Aktivitäten im antarktischen Meer erlaubt.

Bezüglich der Bestimmung von Iodspezies wurden mehrere verschiedene Aerosol- und Luftbesaugungen durchgeführt.

Während der Anreise von "Polarstern" zum Filchner-Ronne-Schelfeis sammelte ein fünfstufiger Impaktor größenfraktioniert Aerosole mit dem Ziel, aus den Iodgehalten der einzelnen Aerosolfractionen Informationen über die Quellen des partikelgebundenen Iods zu erhalten.

An der Filchner-Station kam ein Filtersystem zur Luftbeprobung zum Einsatz, das die Trennung anorganischer Iodspezies der Atmosphäre ermöglicht. Dabei erfolgte unmittelbar nach der Probennahme die Präparierung der Filter für die MS-IVA. Parallel dazu konnten durch die Besaugung von Adsorptionsröhrchen biogen gebildete, iodierete aliphatische Kohlenwasserstoffe gesammelt werden, die an der Universität Regensburg mittels Gaschromatographie (GC) hinsichtlich ihres Vorkommens und ihrer Konzentration untersucht werden sollen. Die Parallelbesaugungen zur Bestimmung anorganischer und organischer Iodspezies können wichtige Informationen über den natürlichen Iodkreislauf liefern. Ergänzend zu den Luftbesaugungen wurden, da über die Bildung iodorganischer Verbindungen im Meerwasser bisher nur geringe Kenntnisse vorliegen, auf dem Weg zwischen Atka-Bucht und Lazarev-Bucht einige Seewasserproben genommen, die ebenfalls mittels GC auf iodierete Kohlenwasserstoffe untersucht werden sollen.

Erste Untersuchungsergebnisse

Aus den an der Filchner-Station durchgeführten ionenchromatographischen Messungen lassen sich folgende Ergebnisse ableiten. In Alt-, Drift- und Neuschnee sowie Reif wurden die in Tab. 20 zusammengestellten Gehaltsbereiche, die mit in anderen Gebieten der Westantarktis analysierten Konzentrationen vergleichbar sind, gemessen:

Probenart	Gehaltsbereich (ppb)		
	Chlorid	Sulfat	Nitrat
Altschnee	157 - 11074	33 - 412	12 - 147
Driftschnee	195 - 3154	34 - 2033	42 - 445
Neuschnee	258 - 2733	82 - 1135	36 - 299
Reif	122 - 4179	237 - 1392	146 - 1034

Tab. 20: Schwankungsbereich der Anionengehalte in Schnee- und Reifproben aus der Umgebung der Filchner-Station, Ronneschelfeis.

Tab. 20: Ranges of the content of anions in snow and hoar-frost samples from the surrounding of Filchner base, Ronne Ice Shelf.

Die höchsten Chloridgehalte wurden, wie erwartet, bei vorherrschenden Winden aus Nord bis Nordost, d.h. aus Richtung des Meeres, in Neu- und Driftschneeproben sowie Reifproben nachgewiesen, während beim Nitrat keinerlei Abhängigkeiten von der Windrichtung vorliegen. Reif wies die höchsten Nitratgehalte auf (bis 1034 ppb), eine Bestätigung der Ergebnisse früherer Expeditionen (Neubauer & Heumann 1988), während Sulfat und Chlorid keine erhöhten Konzentrationen im Vergleich zu Schneeproben zeigten. Die hohen Nitratgehalte im Reif im Vergleich zu denen im Neuschnee deuten auf einen großen Anteil an gasförmiger HNO_3 am Gesamtnitratgehalt hin.

An einem 1-m-Schneeschart vom Filchner-Ronne-Schelfeis, der in 3-cm-Auflösung analysiert wurde, läßt sich eine eindeutige saisonale Variation des Nitratgehaltes erkennen, mit einem Maximum im antarktischen Sommer. Sulfat zeigt keine offensichtlichen periodischen jahreszeitlichen Gehaltsschwankungen. Dagegen läßt sich für den beprobten Zeitraum ein Gehaltsmaximum des Chlorids im jeweiligen antarktischen Frühjahr erkennen. Dies könnte, da gleichzeitig relativ hohe Sulfatgehalte gemessen wurden, ein erster Hinweis auf einen erhöhten Seesalzanteil in den Frühjahrsniederschlägen sein, hervorgerufen durch dominante Winde aus Richtung des Meeres.

Literatur:

NEUBAUER, J. & HEUMANN, K.G., 1988: Determination of nitrate at the ng/g level in Antarctic snow samples with ion chromatography and isotope dilution mass spectrometry, *Fresenius Z. Anal Chem.* **331**, 170-173

3 Die Sommerkampagne Schirmacheroase 1991/92, Georg-Forster-Station (GEOMAUD II) (U. Wand, D. Fritzsche, H.-U. Wetzell, K. Hahne, K. Belajev, J. Mikhalski, W. Krüger und B. Tschochner, M. Melles, G. Schwarz, W.-D. Hermichen)

Allgemeine Vorbemerkungen und Expeditionsverlauf

Vorbereitung und Durchführung des komplexen kontinental-antarktischen Forschungsprojektes GEOMAUD II erfolgten unter den nach der Vereinigung der beiden deutschen Staaten für die ostdeutschen Polarforscher veränderten finanziellen und logistischen Bedingungen. So wurden/werden die in diesem Projekt vereinten vier Teilprogramme sämtlich durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziell gefördert und durch das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung logistisch betreut.

GEOMAUD II beinhaltet komplexe geowissenschaftliche Forschungsarbeiten im ostantarktischen Sektor zwischen 70°/71°40'S und 11°20'/14° E (Abb. 79). Im folgenden Kapitel werden Ziele und vorläufige Ergebnisse der einzelnen Forschungsprogramme vorgestellt.

An der Sommerkampagne von GEOMAUD II waren insgesamt 9 Wissenschaftler und 3 Techniker beteiligt. Die Realisierung der geplanten Feldarbeiten wäre ohne die Unterstützung durch die 3 Techniker (2 Kraftfahrzeugtechniker/Kraftfahrer und 1 Techniker für die Sedimentprobennahmen) undenkbar gewesen. Die landgebundene Transporttechnik, bestehend aus Kettenfahrzeugen und Wohnschlitten, ermöglichte die Durchführung von mehreren Schlittenzügen auf bis zu 150 km langen Trassen in die Gebirgsregion südlich der Schirmacheroase (Gruberberge, Zentrales Wohlthatmassiv, Inselgebirge, Schüssel) und über das Novolazarevskaya-(Nivl-)Schelfeis.

Das Zusammenleben, die Kontakte und die gegenseitige Hilfe und Unterstützung der in der Schirmacheroase arbeitenden Expeditionsteams dreier verschiedener Länder (Deutschland, Rußland und Indien) waren in jeder Weise hervorhebenswert.

Die Abreise der 13-köpfigen Expeditions Mannschaft (darunter ein deutscher Überwinterer für die Station "Novolazarevskaya") in die Antarktis erfolgte am 26.10.1991 mit einer Linienmaschine der Aeroflot ab Berlin-Schönefeld nach Sankt Petersburg. Von hier wurde der Weiterflug in die Antarktis mit einem gecharterten russischen Großraumtransportflugzeug vom Typ IL-76MD am 29.10. fortgesetzt. Die Flugroute verlief über Larnaka (Zypern), Nairobi (Kenia), Antananarive (Madagaskar) nach Kapstadt, wo die Maschine am Abend des 30.10. landete. Wegen ungünstiger Wetterverhältnisse im Gebiet der russischen Antarktisstation "Molodezhnaya", dem nächsten Flugziel, konnte der Flug von Kapstadt erst am 5.11. fortgesetzt werden. Nach einem mehrstündigen Zwischenaufenthalt (Entladearbeiten, Betanken) auf der Eispiste von "Molodezhnaya" wurde dann zur Schirmacheroase weitergeflogen, wo die IL-76 am 6.11.1991 gegen 16 Uhr auf dem Flugplatz der russischen Station "Novolazarevskaya" landete.

Die Rückreise der Saisongruppe erfolgte gemeinsam mit den vier Überwinterern der "Georg-Forster-Station" (4. AE der ehemaligen DDR) am 10.3.1992 an Bord der

"Polarstern", die am 8.3. an der etwa 100 km nördlich der Schirmacheroase befindlichen Schelfeiskante Station bezogen hatte. Am 25.3.1992 lief die "Polarstern" im Hafen von Kapstadt ein, von wo aus die Expeditionsteilnehmer dann per Flugzeug die letzte Etappe der Heimreise antraten.

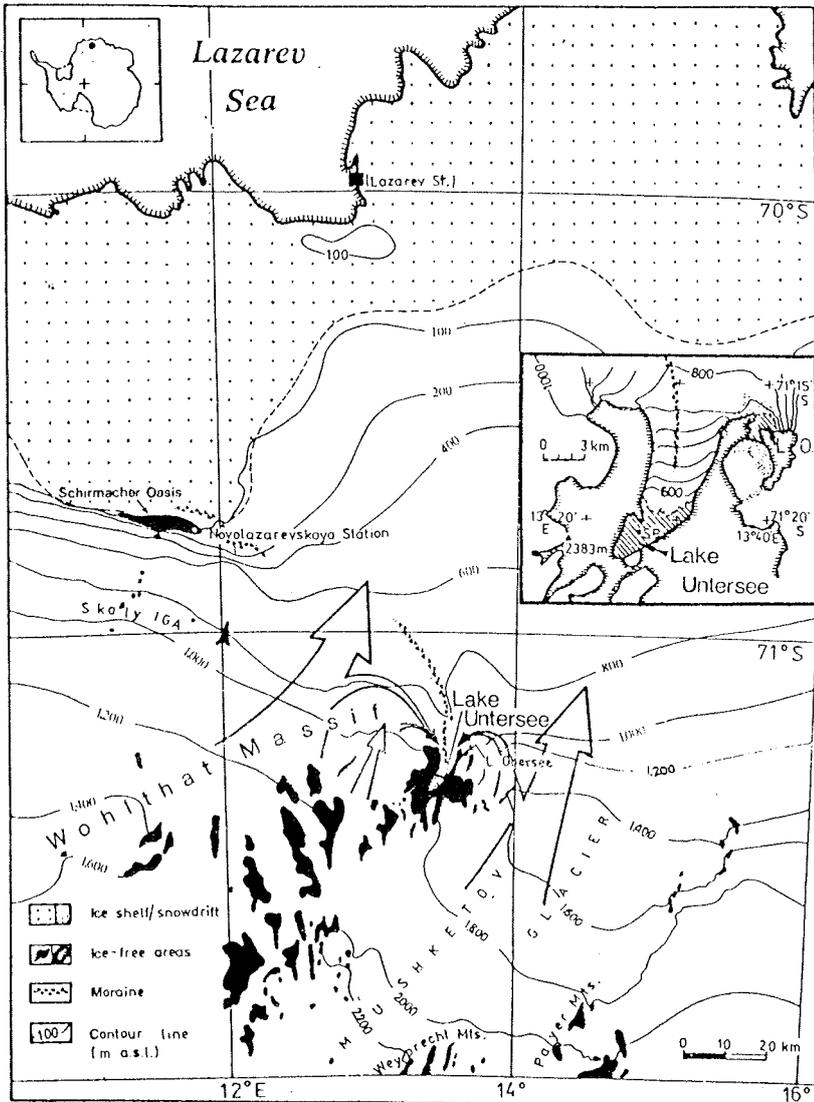


Abb. 79: Übersichtsskizze über das Arbeitsgebiet von GEOMAUD II
 Fig. 79: Sketch map of the area of GEOMAUD II

3.1 Geodätische und radioglaziologische Untersuchungen im zentralen Königin-Maud-Land

3.1.1 Das Projekt EISMAUD (D. Fritzsche)

Glaziales Umfeld der Schirmacheroase

Lage und Bewegung der Gletscher im zentralen Königin-Maud-Land werden wesentlich durch das bei etwa 72° S gelegene Wohlthatmassiv bestimmt. Dieses "staut" das sich südlich anschließende, an seinem Nordrand 2500-3000 m ü. NN liegende Wegener-Inlandeis und bestimmt dessen nach Norden gerichtetes Ausfließen. Die so entstehenden Eisströme bilden die Gletscher der Kosmonauten, Gornogo Instituta, Alexander von Humboldt und Muschketov, die sich zu einem südlich der Schirmacheroase zunächst NE gerichteten, bei etwa 15° E nach N abbiegenden und in die Lazarev-See mündenden Ausflußgletscher vereinigen.

Das glaziale Umfeld der Schirmacheroase gliedert sich wie folgt (vgl. Abb. 80 und 81):

- an die Oase im Süden angrenzendes Inlandeis, durchbrochen von den Nunatakgruppen Skaly Instituta Geologii Arktiki (Skaly IGA) und Basisny-Kit, mit einer Höhe bis etwa 800 m ü. NN, geringer Akkumulation und vermutlich kleiner Fließbewegung,
- daran südlich anschließendes, sich bis zum Wohlthatmassiv erstreckendes Inlandeis mit einer Höhe bis 1400 m ü. NN, Akkumulationsraten bis etwa 50 cm Wasseräquivalent pro Jahr und einer Fließbewegung von vermutlich bis zu 100 m pro Jahr,
- Blaueisgebiet östlich und nordöstlich der Schirmacheroase, Höhe 200-500 m ü. NN mit Ablationsraten von vermutlich einigen Dezimetern pro Jahr und unbekannter Fließgeschwindigkeit,
- Schelfeis nördlich der Schirmacheroase (Novolazarevskaya-Schelfeis) mit ebenfalls unbekannter Fließgeschwindigkeit und Akkumulationsraten bis zu 120 cm Schnee (ca. 60 cm Wasseräquivalent) pro Jahr.

Die heutigen Kenntnisse über die Eisdecke dieses Gebiets und ihrer zeitlichen Entwicklung resultieren aus folgenden Untersuchungen:

- Bestimmung der Akkumulationsraten auf dem Schelfeis entlang der Trasse Barriere-Schirmacher-Oase (AVERYANOV 1966; SHARMA 1986),
- reflexionsseismische Eisdickenbestimmungen an ca. 40 Meßpunkten im Rahmen eines die Schirmacheroase querenden geophysikalischen E-W-Profiles (Tiefenseismik, Gravimetrie, Geomagnetik, Reflexionsseismik (KOGAN 1972; KOGAN & STROEV 1972)),
- glaziologische und isopenchemische Untersuchung einer 804-m- Eiskernbohrung im Kuppelbereich (südlich des Nunatak "1272 m") und von 3 Kernbohrun-

gen durch das Novolazarevskaya-Schelfeis (vgl. Abb. 81; KOROTKEVICH et al. 1978; GORDIENKO & SAVATYUGIN 1980),

- Isotopendaten von oberflächennahem Firn und Eis entlang der Nord- und Südtrasse (HERMICHEN et al. 1990 a) und von Toteis aus Moränen (HERMICHEN 1990 b),
- EMR-Kartierungen im nördlichen Schelfeisbereich (ESKIN 1985). Ausbreitungsgeschwindigkeit und Dämpfung elektromagnetischer Wellen im Eis wurden sowohl auf der Eiskuppel südlich, als auch auf dem Schelfeis nördlich der Schirmacheroase bestimmt (BOGORODSKY, BENTLEY & GUDMANDSEN 1985).

Die Moränen im Wohlthatmassiv, an den Nunataks und in der Schirmacheroase sowie ^{14}C -Alter organischer Ablagerungen in Vogelbrutkolonien (Mumiyo) geben Hinweise auf ehemalige Eisstände. Die vorhandenen glaziologischen Daten genügen jedoch nicht für eine modellmäßige Beschreibung der Eisdecke und ihrer zeitlichen Entwicklung, die für das Verständnis paläoklimatischer Informationen, z.B. aus Eiskernen und Seesedimenten, notwendig ist. Insbesondere fehlen Messungen des subglazialen Reliefs und der rezenten Eisbewegung.

Zielstellung des Projektes EISMAUD und Aufgaben in der Kampagne 1991/92

Das Projekt EISMAUD beinhaltet die Erfassung der Oberflächenfließbewegung des Gletschers und des Subglazialreliefs auf den Trassen zum Untersee und zum Insel-Komplex (Abb. 80). Diese Daten sollen sowohl die Interpretation isotopenglaziologischer und geomagnetischer Untersuchungen unterstützen, als auch weiterführende glaziologische Arbeiten und Modellierungen ermöglichen.

Die Erkundung und Vermarkung der genannten Trassen, sowie die geodätische Erstmessung der Signale erfolgten in den vorangegangenen Sommerkampagnen seit 1988/89 (siehe Abb. 81).

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsprojektes (D. Fritzsche, AWI, und R. Dietrich, GEO-Forschungszentrum Potsdam) hatte die Kampagne 1991/92 folgende Aufgaben:

- Zweitmessung Untersee- und Südtrasse,
- EMR-Messung auf Untersee- und Südtrasse,
- Pegelablesung an allen geodätischen Signalen und speziellen Pegelstangen zur Ermittlung der Massenbilanz.

Darüber-hinaus wurden eine über das NE der Schirmacheroase gelegene Blaueis-gebiet und das Novolazarevskaya-Schelfeis zur Barriere führende Trasse (Nordtrasse) vermarktet, geodätisch vermessen (Erstmessung) und radioglaziologisch untersucht (Abb. 81), sowie die geodätische Vermessung der Südtrasse wiederholt.

3.1.2 Geodätische Arbeiten im Rahmen des Projektes EISMAUD (W. Adler, G. Noack)

Sowohl um den Massenhaushalt eines Gletschers bestimmen zu können als auch für andere Modellierungen ist es notwendig, die Fließgeschwindigkeit und -richtung der Eismassen sowie Angaben über Schneezutrag und Verdunstung zu kennen. Eine Möglichkeit zur Bestimmung dieser Werte ist die Anlage von signalisierten und vermessenen Trassen auf dem Eis. Aus dem Koordinatenunterschied zu einer Zweitmessung solcher Trassen lassen sich leicht Geschwindigkeitsvektoren für die Gletscheroberfläche ableiten. Akkumulation und Ablation lassen sich durch den Vergleich der Signalhöhen bestimmen. In diesem Teil des Königin-Maud-Landes wurde 1989 zum ersten Mal mit der Anlage derartiger Trassen begonnen. Die geodätische Arbeit dieser Saison bestand im wesentlichen in der Fortführungen dieses Projektes. Einen Überblick über frühere Arbeiten gibt die folgende Aufstellung:

1. AE der DDR (Saison), Dipl.-Ing. R. Frey, 1987/88, Satellitendopplerbeobachtungen auf 4 Festpunkten,
2. AE der DDR (Saison), Dipl.-Ing. W. Korth, 1988/89, Anlage der Südtrasse und erste Koordinatenbestimmung von Festpunkten,
3. AE der DDR (Saison), Dipl.-Ing. A. Reinhold/Dr.Ing. G. Schlosser, 1989/90, Erkundung, Vermarkung und Einmessung eines übergeordneten Festpunktfeldes auf Fels; Erweiterung, Verdichtung und genaue Einmessung der Südtrasse,
4. AE der DDR (Saison), Dr.Ing. G. Schlosser/Dr.Ing. G. Noack, 1990/91, Zweitmessung der Südtrasse Anlage und Einmessung der Unterseetrasse.

Aus den Messungen von 1989/90 und 1990/91 auf der Südtrasse sind für diesen Teil schon die Bewegungsvektoren abzuleiten. Das wichtigste Ergebnis der zurückliegenden Saison ist die Zweitmessung der Unterseetrasse, um auch in diesem Gebiet die Eisdynamik ableiten zu können. Es konnte auch die fotogrammetrische Aufnahme des Anuchingletschers am Untersee wiederholt werden. Die Südtrasse wurde bis zu den Eckhörnern erweitert und auf dem Schelfeis eine neue Trasse angelegt.

Die Einmessung der Trassenpunkte erfolgte bisher als klassischer Polygonzug (Streckenmessung mit elektro-optischem Streckenmessgerät RECOTA in Sprungständen von ca. 3 km Seitenlänge, simultane Messung der gegenseitigen Vertikalwinkel, Einbeziehung von Fernzielen in die Richtungssätze). Die Unterseetrasse wurde auch in dieser Saison noch einmal klassisch gemessen. Parallel dazu erfolgten auf jedem zweiten Punkt GPS-Messungen. Alle anderen Koordinatenbestimmungen erfolgten ebenfalls mit GPS. Dazu wurde als Referenzpunkt in der Schirmacheroase ein vermarkter Punkt des vorhandenen Netzes in unmittelbarer Nähe der Station " Georg Forster" verwendet.

Auf diesem und einem weiteren Punkt ca. 650 m östlich der Station sind während des SCAR Antarctic GPS Project 92 entsprechend der Vorgaben vom 01.01.92 bis

21.01.92 GPS-Daten aufgezeichnet worden. Der Empfänger in der Station ist auf Wunsch anderer Stationen des Projektes bis 31.01.92 betrieben worden.

Die schon während der Überwinterung durchgeführten gravimetrischen Messungen und der Betrieb eines automatischen Pegels in einem Epischelfsee zum Höhenanschluss des geodätischen Netzes an das Meeresniveau sind im Überwinterungsbericht von Dr.Ing. G. Noack beschrieben.

Beschreibung der Trassen (siehe auch Abb. 80 und 81)

1. Die Südtrasse führt von der Schirmacheroase ziemlich direkt nach Süden durch das Gebiet der Nunatakker der Skali IGA. Am Signal 8 verzweigt die Trasse zum Nunatak 1272. Die Haupttrasse führt an den Skali AI vorbei zum Felsmassiv der NW-Insel. Sie verläuft von der Schirmacheroase aus ständig ansteigend in einer Höhe zwischen 200 und 1400 m. Die Signale sind in Abständen von 2 bis 5 km auf gegenseitige Sichtbarkeit gestellt und werden durch Pegelstangen ergänzt. Da die Trasse bis auf ein kurzes Stück zu Beginn durch ein starkes Akkumulationsgebiet verläuft, ragten eine ganze Reihe von Signalen gerade noch aus dem Schnee heraus. Einige Pegelstangen konnten schon nicht mehr aufgefunden werden. Wo es notwendig und sinnvoll erschien, stockten wir die Signalisierung auf, so daß die Trasse wieder mindestens 3 Jahre (mit Einschränkungen auch noch länger) sichtbar sein wird. Die zur Zeit noch vorhandenen Signale der indischen Expedition dürften in 1 bis 2 Jahren eingeschneit sein. Erste Abschätzungen ergaben im Bereich der Skali AI eine geringe ungerichtete Bewegung von wenigen Metern im Jahr. Zwischen dem Nunatak 1272 und den Skali IGA ergibt sich eine Bewegung von bis zu 70 m/Jahr in nordöstliche Richtung. Die genaue Auswertung der Zweitmessung im vergangenen Jahr liegt noch nicht vor.

Die Trasse wurde in Richtung der Felsgruppen Eckhörner und Schüssel mit 4 Signalen und einem Festpunkt auf einer Moräne verlängert. Die Punkte wurden mit GPS eingemessen. Ihr Abstand beträgt zwischen 2 und 4 Kilometern. Sie stehen nicht unbedingt gegenseitig sichtbar, sind aber als Orientierungshilfe beim Befahren der Trasse geeignet gestellt. Die Signale sollten innerhalb der nächsten 2 Jahre wieder eingemessen werden. Die Strecke ist auf ca. einem Kilometer spaltengefährdet.

2. Die Unterseetrasse zweigt nach dem ersten Signal der Südtrasse nach Osten ab und führt an den Nunatakker Basisny und Kit vorbei in einem weiten Bogen wieder nach Süden. Sie endet im zentralen Wohlthatmassiv am Untersee. Die Trasse verläuft nur durch Ablationsgebiet, d.h. Blankeis, und ist auf Teilstrecken spaltengefährdet. Ab Mitte Dezember wird die Passierbarkeit durch Schneesümpfe und Seen eingeschränkt. Signale und Pegelstangen sind wechselweise in etwa 3 km Abstand auf gegenseitige Sicht gestellt. Die Höhe der Trasse bewegt sich zwischen 300 und 800 m mit steigender Tendenz in Richtung Wohlthatmassiv. Genaue Angaben zu Bewegung und Ablation sind noch nicht möglich, da die Auswertung der Erstmessung noch nicht erfolgte. Die Ablationsrate kann aber mit 40 bis 80 cm im Jahr abgeschätzt werden. Demnach ist damit zu rechnen, daß die Signalisierung in 1 bis 2 Jahren vollständig ausgetaut sein wird.

3. Die Nordtrasse folgt in ihrem Verlauf der indischen Versorgungstrasse zwischen der aufgelassenen Schelfeisstation "Dakshin Gangotri" und der Schirmacheroase.

Es wurden zum Ende der Saison vom Pegel 18/1 der Unterseetrasse beginnend etwa aller 5 km ein Signal gestellt und mit GPS eingemessen. Die ersten ca. 60 km sind noch starkes Ablationsgebiet, wie am Zustand der indischen Signalisierung leicht zu erkennen war. Danach beginnt die küstennahe Akkumulationszone mit geschätzten Zuwachsraten bis zu 1,20 m/ Jahr. Da auf der gesamten Trasse im Sommer starke Tau- und Aufweichungserscheinungen einsetzen, ist die Trasse zum einen nur im Winter und der Vor- bzw. Nachsaison zu befahren. Zum anderen ist bei einem Großteil der Signale nur mit 1 bis 2 Jahren Standzeit zu rechnen. Die Zweitmessung dieser Schelfeistrasse müßte in dieser Zeit durchgeführt werden.

3.1.3 EMR-Messungen (D. Fritzsche)

Meßtechnik

Die EMR-Untersuchungen wurden im wesentlichen im Rahmen der geodätischen Trassenvermessungen durchgeführt. Die Benutzung kleiner "feldfester" Sender und Oszilloskope ermöglichte diese Programmkombination, ohne daß die für die Schlittenzüge notwendige Logistik nennenswert erweitert werden mußte.

Die verwendete Meßtechnik bestand aus:

- Avalanche- oder Funkensender (wahlweise), dessen Frequenz durch die Länge der verwendeten Halbwellen-Dipolstäbe bestimmt wird
- Oszilloskop (Philips PM 3256) mit Empfangsdipol und Vorverstärker (20 dB) als Empfänger
- Polaroid-Kamera Typ "Shackman 7000" zur Signalaufzeichnung.

Die Geräte wurden von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover zur Verfügung gestellt, wofür ich insbesondere Herrn R. Thierbach danken möchte.

Meßprofile

Die Radarmessungen erfolgten punktweise in der Umgebung des jeweils beobachteten geodätischen Signals von einem vom Ski-Doo gezogenen Nansenschlitten aus. Der mittlere Meßpunktabstand auf der Untersee- und der Südtrasse betrug etwa 500 m, auf der Nordtrasse ca. 750 m.

Nach Möglichkeit wurden zusätzliche Kurzprofile rechtwinklig zur Trasse angelegt, die bei längerem Halten des Schlittenzuges auf mehrere Kilometer Länge ausgedehnt werden konnten (z.B. im Bereich Basisny-Kit und am Anuchingletscher/Gruberberge).

An jedem Punkt wurde jeweils mit in Längsrichtung und parallel zueinander angeordneten Sende- und Empfangsantennen einmal hinter und einmal neben dem Nansenschlitten gemessen. Dadurch wurde die Erkennbarkeit der Bodenreflexion verbessert. Der Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne betrug im Regelfall 20 m, die Meßfrequenz lag bei ca. 23 MHz.

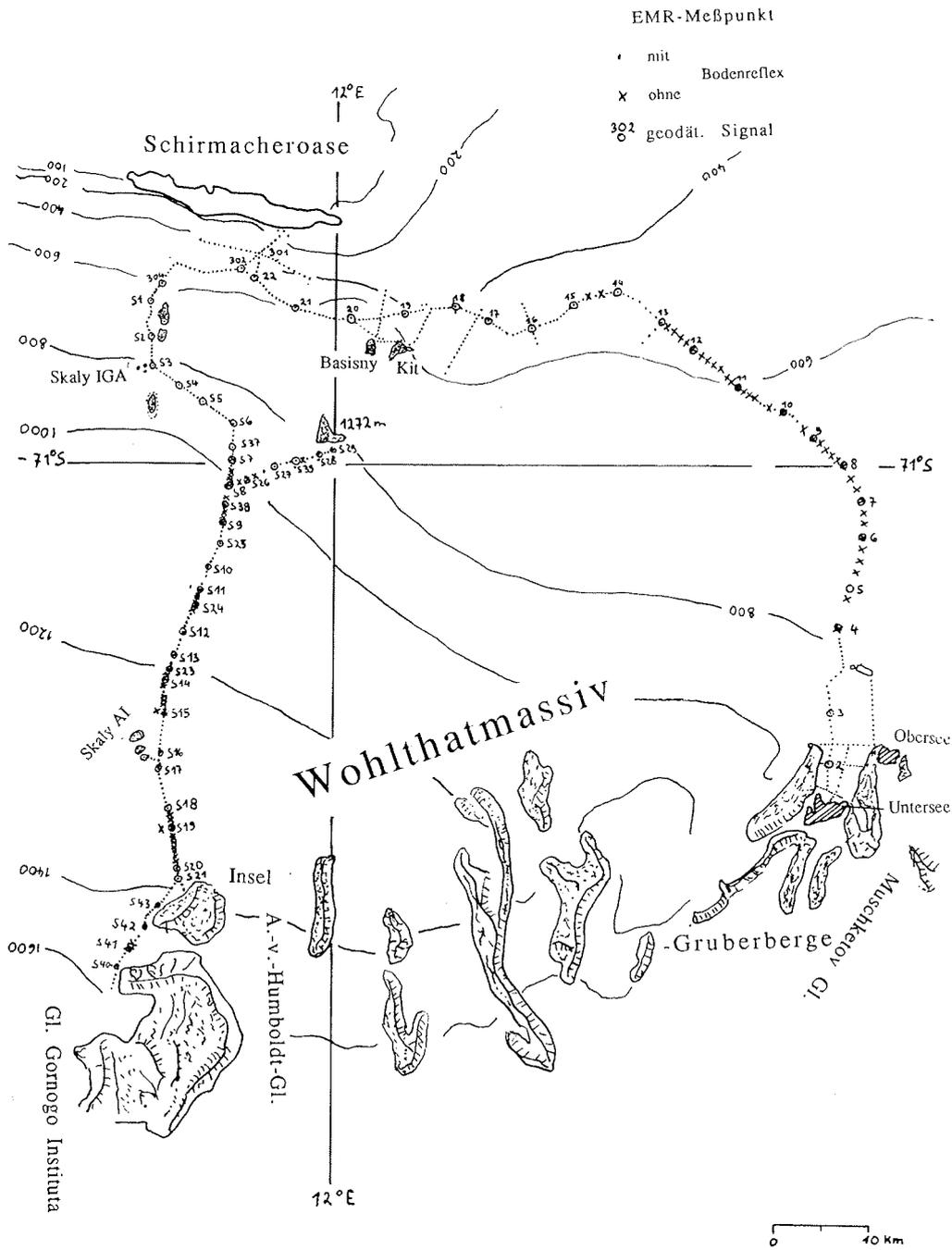


Abb. 80: Das Arbeitsgebiet des EISMAUD-Projektes südlich der Schirmacheroase mit Süd- und Unterseeetrasse; Kartengrundlage: Atlas Antarktiki (1966)

Fig. 80: The area of the EISMAUD-Project south of Schirmacher Oasis with southern traverse and Untersee traverse; map based on Atlas Antarktiki (1966)

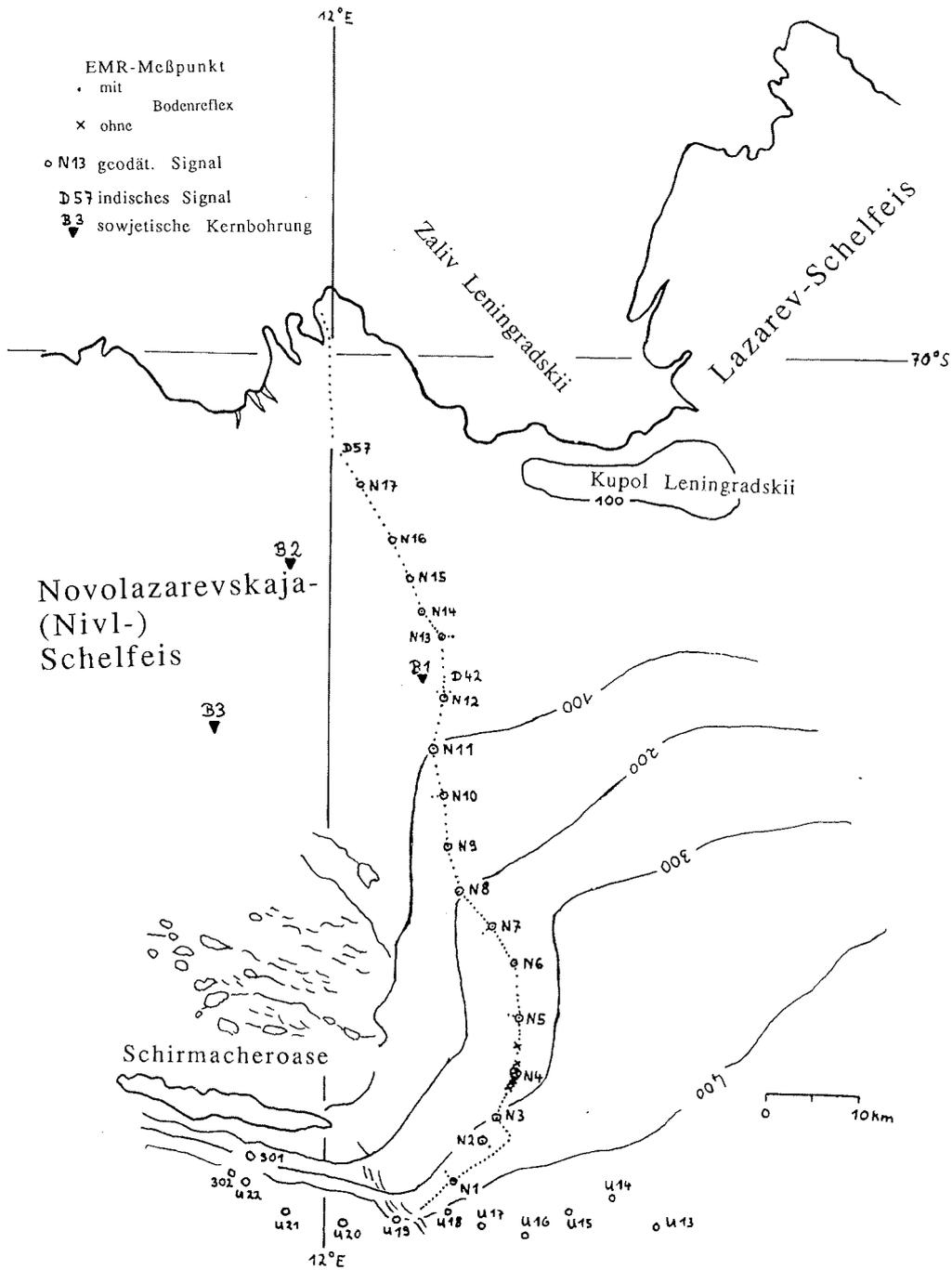


Abb. 81: Das Arbeitsgebiet nördlich der Schirmacheroase mit der Nordtrasse; Kartengrundlage: Atlas Antarktiki (1966)

Fig. 81: Area north of Schirmacher Oasis with the northern traverse; map based on Atlas Antarktiki (1966)

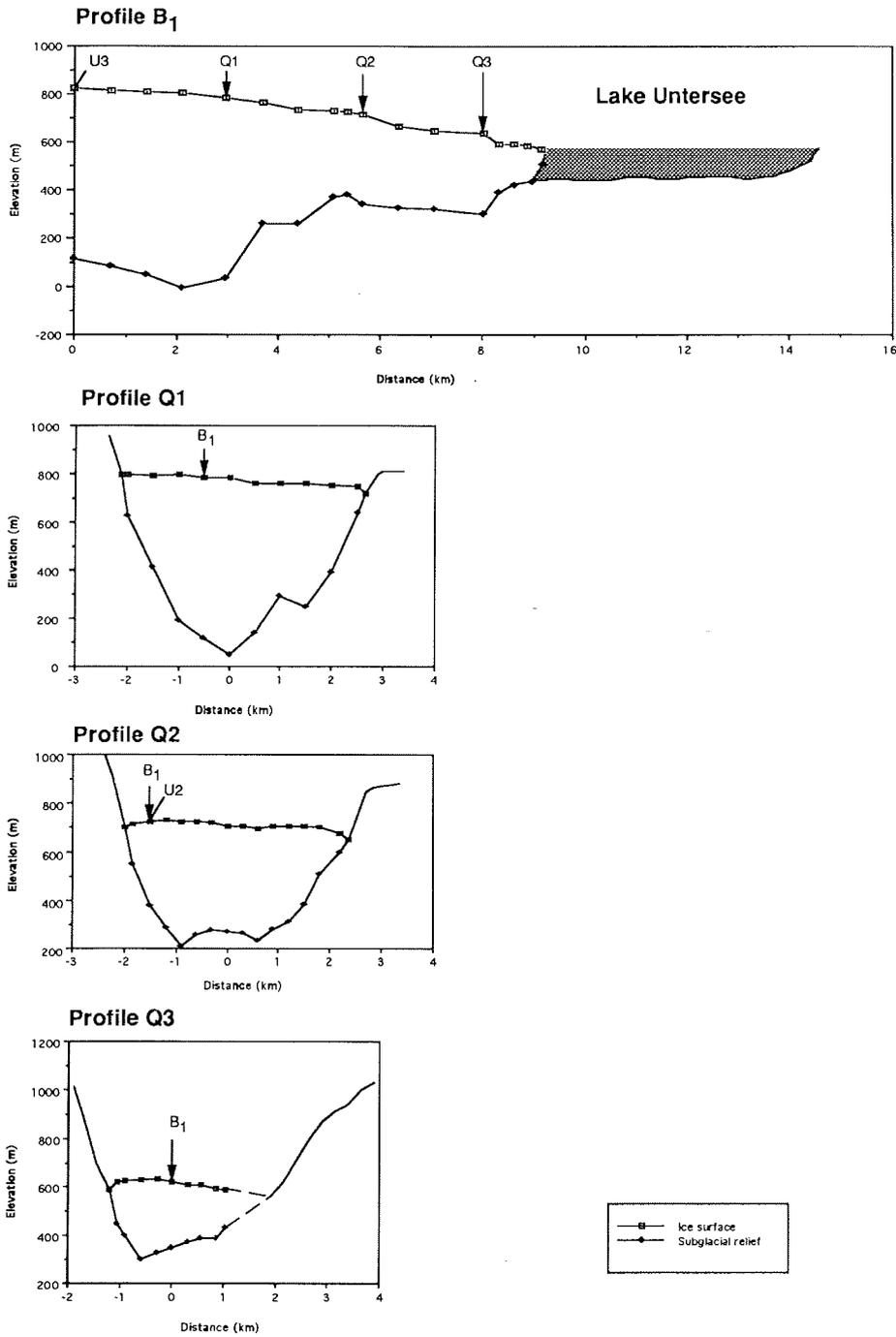


Abb. 82: Subglazialtopografie des Anuchingletschers/Gruberberge (vorläufige Daten)
Fig. 82: Subglacial relief of Anuchingglacier/Gruberberge (preliminary data)

Tab. 21: Übersicht über die EMR-Profile der Kampagne 1991/92

Tab. 21: Radar profiles obtained during the 1991/92 campaign

Abschnitt	Profil- km	Meßpunkte	auswertbare auf km	Bodenreflexionen an Meßpunkten
Unterseeetrasse/ Anuchingletscher	191,8	353	147,3	309
Südtrasse	113,7	205	89,6	160
Nordtrasse	120,4	163	113,7	157
Insgesamt	425,9	721	350,6	626

Zur Bestimmung der effektiven Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im untersuchten Gletscher erfolgte eine CMP-Messung in einem hierfür geeignet erscheinenden Gebiet nahe der Pegelstange U 19,1 auf der Unterseeetrasse.

Erste Ergebnisse

Im Ergebniss der ersten Auswertung von EMR-Daten der Kampagne liegt die Subglazialtopographie des Anuchingletschers (Gruberberge) entlang eines Längs- und 3er Querprofile vor (Abb. 82). Aus dem Längsprofil wird deutlich, daß der Untersee durch den Anuchingletscher aufgestaut wird (eisgedämmter See). Die Neigung der oberhalb des Eises sichtbaren, den Gletscher einschließenden Talhänge setzt sich im Subglazial fort. Typisch sind ein steiler West- und ein flacherer Osthang (siehe Querprofile). Die Lage der in Abb. 82 gezeigten Profile geht aus Abb. 80 hervor.

Literatur

- AVERYANOV, V.G. (1966): K voprosu o nakoplenii snega i o prichinach suschestvovaniya raiona tayaniya na schelfovym lednike Lazareva.- Byull. Sov. Antarkticheskoi Eksped. No. 56. (in Russisch)
- BOGORODSKY, V.V., BENTLEY, C.R. & GUDMANDSEN, P.E. (1985): Radioglaciology.- Dordrecht: D. Reidel Pub. Comp.
- ESKIN & BOJARSKY, 1985: Nekotorye morfometricheskie charakteristiki schelfogo lednika Novolazarevskogo.- Problemy Arktiki i Antarktiki, Vyp. 59: 56-60
- GORDIENKO, F.G. & SAVATYUGIN, L.M. (1980): The result'atys isotopno - kislородnykh analizov kerna l'da schelfogo lednika Novolazarevskogo.- Byull. Sov. Antarkt. Eksped. No. 100: 85-90 (in Russisch).
- HERMICHEN, W.-D. et al. (1990 a): An oxygen-18 thermometer from snow of northern Queen Maud Land/Antarctica. In: H. PAECH & D. FRITZSCHE (eds.), Antarctic Research (Proc. Sympos.)-Geodät. Geophys. Veröff., Reihe I, H. 16: 307-311.
- HERMICHEN, W.-D. (1990 b): Isotope data from ice-cored moraines suggest a higher ice sheet surface in Central Queen Maud Land (Antarctica) during cold stages.- In: H. PAECH & D. FRITZSCHE (eds.), Antarctic Research (Proc. Sympos.)- Geodät. Geophys. Veröff., Reihe I, H. 16: 301-306.
- KOGAN, A.L. (1972): Results in deep seismic sounding of the Earth crust in East Antarctica. In: R.J. ADIE (ed.), Antarctic Geology and Geophysics, 485-489.- Oslo: Universitetsforlaget.
- KOGAN, A.L. & STROEV, N.A. (1972): Gravimetricheskie issledovaniya v raione sovetskikh antarkticheskikh stancii Lazarev i Novolazarevskaya.- Trudy Gos. Astron. Inst. im. "P.K. Sternberga", vyp. e, 43: 3-7. (in Russisch).
- KOROTKEVICH, E.S. et al. (1978): Skvoznoe burenie shelfogo lednika v raione stancii Novolazarevskoi.- Byull. Sov. Antarkt. Eksped. No. 98: 49-52. (in Russisch)
- SHARMA, S.S. (1986): A study of Dakshin Gangotri Ice-shelf.- Third Indian Expedition to Antarctica, Scientific Report, Department of Ocean Development, Technical Publ. No. 3, p.243-248.

3.2 Geologische und geochemische Untersuchungen im Humboldt-Gebirge/Zentrales Königin-Maud-Land (H.-U. Wetzel, K. Hahne, K. Belajev, J. Mikhalski)

Zielstellung, Vorarbeiten

Die geologische Erforschung des Zentralen Königin-Maud-Landes begann 1959-1961 durch russische Geologen. Die Ergebnisse wurden in einer geologischen Karte im Maßstab 1: 500000 dargestellt (RAVICH & SOLOVIEV, 1966). Teilgebiete wurden im Maßstab 1: 200000 kartiert (Abb. 83).

Die petrografische Bearbeitung des umfangreichen Probenmaterials sowie erste Vorstellungen zur geologisch-geotektonischen Gesamtentwicklung publizierten RAVICH & KAMENEV (1972) und RAVICH & GRIKUROV (1976). Diese Arbeiten sind bis heute Grundlage der Gliederung im kristallinen Fundament des Zentralen Königin-Maud-Landes.

Danach können zwei unterschiedliche Kristallineinheiten unterschieden werden. Der Humboldt-Komplex als das tiefere Strukturstockwerk besteht aus Sillimanit-Cordierit-Gneisen granulitfazieller Prägung mit amphibolitfazieller Überprägung. Die überlagernde Strukturstufe des Insel-Komplexes besteht aus prograden amphibolitfaziellen Metamorphiten und Migmatiten. Eingeschaltet sind Granitoide und Charnockite.

Eine geochemische Bearbeitung und moderne Altersdatierungen fehlen.

Detailliertkartierungen der Schirmacheroase und der südlich gelegenen Nunatakker (KÄMPF & STACKEBRANDT 1985; WETZEL et al. 1990, 1991) ergaben zwei nach Stoffbestand, Lithofazies und Struktur unterschiedliche Metamorphit-Komplexe, deren Zuordnung zum Insel-Komplex noch offen ist.

Für die vorgesehene Ableitung der Krustenentwicklung des kristallinen Fundaments war die Fortsetzung der im Umfeld der Oase begonnenen Kartierungsarbeiten im Zentralteil des Königin-Maud-Landes (Humboldt-Gebirge mit Insel-Berge, Eckhörner-Massiv, Schüssel und Gorki-Kette) in vergleichbarem Maßstab (1:25000) notwendig. Darauf aufbauend wurde auch die südliche Erweiterung des begonnenen geochemischen Normalprofils angestrebt. Systematische Beprobungen von Magmatiten und Metamorphiten einschließlich für isotopengeochemische Altersdatierungen waren vorgesehen. Auf Grundlage des im Ergebnis vorliegenden über 100 km langen, detaillierten geologisch-strukturtektonischen und geochemischen Nord-Süd-Profils (Krustenschnitt) bestehen gute Voraussetzungen für den angestrebten Regionalvergleich mit dem westlichen Königin-Maud-Land sowie östlich mit den Sor Rondane Mts. Damit kann Anschluß an das Problemfeld moderner Modellvorstellungen zur archaischen und panafrikanischen Krustenentwicklung der kontinentalen Gondwana-Fragmente gewonnen werden, in dem die Stellung des vorgestellten Arbeitsgebietes noch unklar ist.

PAECH (1986) und WEBER (1989) diskutieren in Übereinstimmung mit vielen Autoren die archaische und enge panafrikanische Beziehung zwischen dem westlichen Königin-Maud-Land und dem östlichen bzw. südöstlichen Afrika (Beziehung Neuschwabenland/Kirwanveggen und Sverdrupfjella-Mozambique Belt). Für das

ostantarktische Kristallin zwischen Enderby Land und Lambert Rift werden Bindungen an Südostindien und Sri Lanka angenommen (FEDOROV, HOFMANN & RAVICH, 1982). Argumente aus den bisherigen Arbeitsergebnissen in Schirmacheroase und Nunatakkergebiet faßte STACKEBRANDT (1990) mit eigenen Arbeitsergebnissen aus dem südwestindischen Kerala Khondalite Belt zusammen (mögliche Fortsetzung der südindischen Khondalite über Sor Rondane Mts. in das zentrale Königin-Maud-Land).

Für die geplanten stofflichen Untersuchungen wird die Einbeziehung einer breiten Elementpalette angestrebt. Ein Schwerpunkt liegt in der Erfassung der Spurenelemente. Die Bestimmung volatiler Spurenelemente soll in Verbindung mit geobarometrischen Untersuchungen einen Beitrag zur metamorphen Entwicklung liefern.

Von repräsentativen Typusproben (Basisproben) wird durch die zusätzliche Untersuchung seltener Elemente ein Datenfundus geschaffen, der in Verbindung mit dem geochemischen Normalprofil das regionale geochemische Feld abbildet und Grundlage eines transkontinentalen Vergleiches darstellt.

Zur Vorbereitung der Feldarbeiten erfolgte eine strukturtektonische Interpretation von panchromatischen Luftbildern (Maßstab 1:40000) einer sowjetischen Luftbildbefliegung von 1961. Für die Stützung der Geländekartierung wurden russische Satellitenaufnahmen des fotografischen Fernerkundungssystems KATE-200 abgescannt und als Arbeitskarten 1:90 000 aufbereitet sowie ein Luftbildmosaik erstellt (Zusammenarbeit mit FU Berlin und TFH Berlin). Zusätzlich erfolgte auf der Basis der Satellitenszenen eine digitale Klassifizierung der Landoberflächen in Testgebieten.

Neuinterpretationen der genannten Fernkundungsdaten während der Geländearbeiten unterstützten die Strukturkartierung und optimierten Kartierungs- und Fahrtrouten.

Zur Vorbereitung der Feldarbeiten war auf der Georg-Forster-Station die Einrichtung eines auf Kompaktschlitten montierten Containers als Geländeunterkunft notwendig. Ein zweiter Schlitten nahm eine Fertigteilhütte mit Stromaggregat sowie den Skidoo nebst Nansen-Schlitten auf. Die Zugtechnik bestand aus zwei schweren Kettenfahrzeugen (1 Zugmaschine "ATT"/Bestand Georg-Forster, 1 Kettenfahrzeug mit Wohnaufbau / Bestand Novolazarevskaya).

Der Geländeeinsatz begann am 25.11.1991 und führte zunächst über ca. 100 km in südlicher Richtung bis zum Endpunkt der 1988/89 erkundeten Trasse am Nordrand der Insel-Berge/Humboldt-Gebirge.

Durch die Unterstützung aus der russischen Station war entlang des NW-Randes der Insel-Berge eine Trassenerweiterung nach Südwesten über ein Spaltengebiet hinweg möglich. Das erste Lager (Eck-Hörner) konnte dadurch 1540 m über NN am NE-Rand der Eck-Hörner eingerichtet werden.

Am 20.12.1991 erfolgte von dort, gekoppelt an eine Versorgungsfahrt aus der Station durch ein russisches Kettenfahrzeug "MTT", die Umsetzung des Feldlagers zum Nordwestrand der Schüssel. Eine vorherige Erkundungsfahrt mit Skidoo und

auch der Versuch mit dem Kettenfahrzeug "MTT" die Schüssel westlich zu umfahren, scheiterte im Spaltengebiet des westlichen Ausflußgletschers am Südwestrand der Eck-Hörner.

Das zweite Feldlager (Schüssel-Tor) wurde deshalb 1570 m über NN am Nordwestrand der Schüssel errichtet und war bis zum Ende der Feldarbeiten am 28. 1. 1992 Ausgangspunkt der Bearbeitung der südlicheren Gebirgsmassive (Eckhörner/Südabbruch, Schüssel, Teile des Humboldt-Gebirges südlich der Schüssel-Moräne und Gorki-Kette).

Vom Feldlager war mit Skidoo über ein Firnfeld die Ausfahrt nach Süden möglich. Die Überfahrtrasse wurde mit 3 Signalen markiert. Gleichfalls wurde beide Lager mit Signalen gekennzeichnet.

Zu Beginn und Ende des Geländeeinsatzes erfolgten weitere Beprobungen im Nunatak-Gebiet.

3.2.1 Insel-Berge (Metamorphite des Insel-Migmatit-Komplexes)

Der Schwerpunkt der Kartierung des ca. 30 km² großen Massives lag im 3,8 km langen Hauptprofil INSEL (Abb. 84). Die Kartierung erfolgte hier im Maßstab 1:5000. Zusammen mit den weiteren Kartierungsrouten erlauben die Geländedaten nach Stützung durch Laborarbeiten die spätere Erstellung einer geologisch-strukturellen Karte im Maßstab 1:25 000.

Nach den vorläufigen Feldbefunden können leukokrate migmatische Gneise, Leukogranulite, Granatgneise und untergeordnet Amphibolite auseinandergehalten werden. Blastomylonite und anatektische Mobilisate belegen mehraktige Krustenstapelungsprozesse. Mindestens zwei Migmatisierungen sind anzunehmen.

Im Westteil der NW-Insel ist der Kontakt zu den Magmatiten des Charnockit-Komplexes aufgeschlossen. Bei den sehr grobkörnigen Magmatiten handelt es sich um Syenogranite. Untergeordnet treten Granite unterschiedlicher Bildungsmechanismen auf. Jüngere Pegmatite sind mineralogisch relativ eintönig aufgebaut. Im Bereich der Ost-Insel wurden linsenförmige Ultrabasite beobachtet.

Von den Insel-Bergen wurden ca. 100 Proben für petrologische und geochemische Untersuchungen genommen.

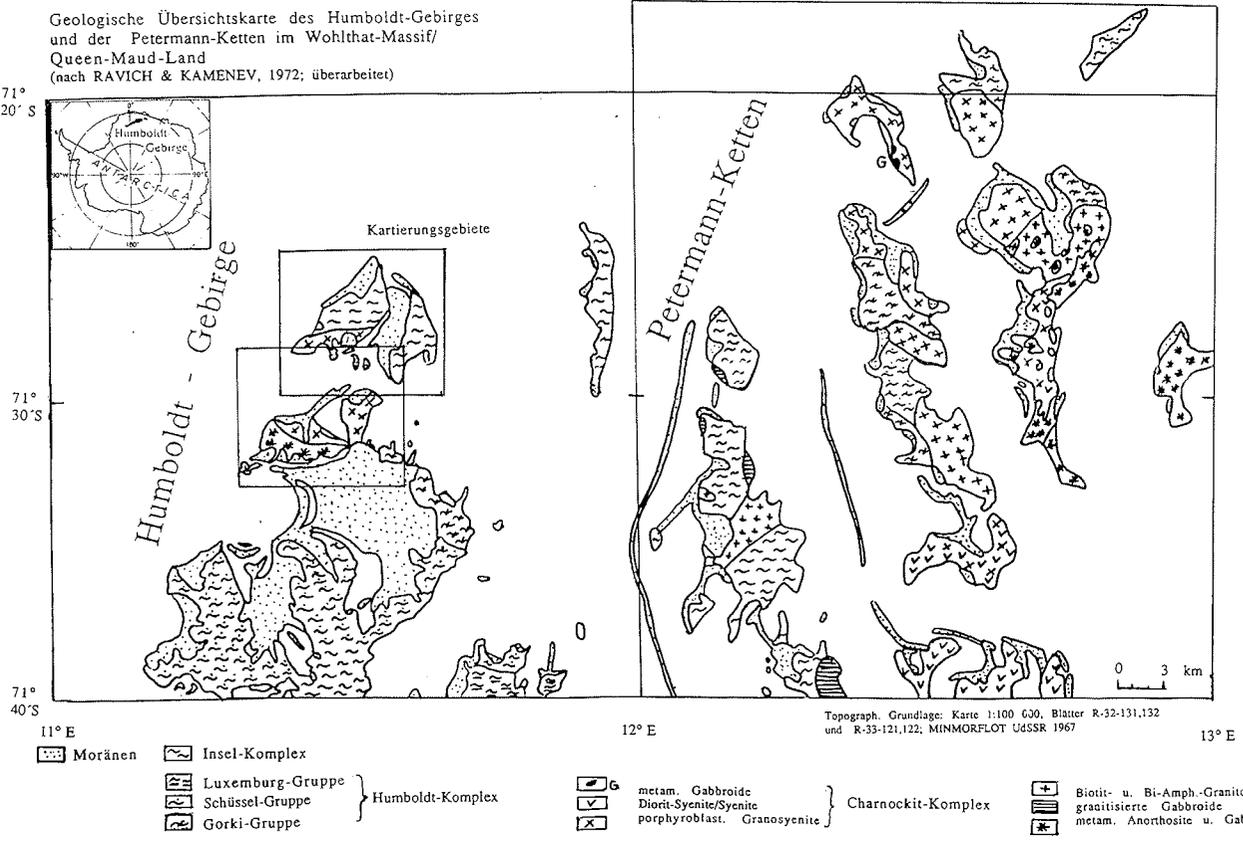
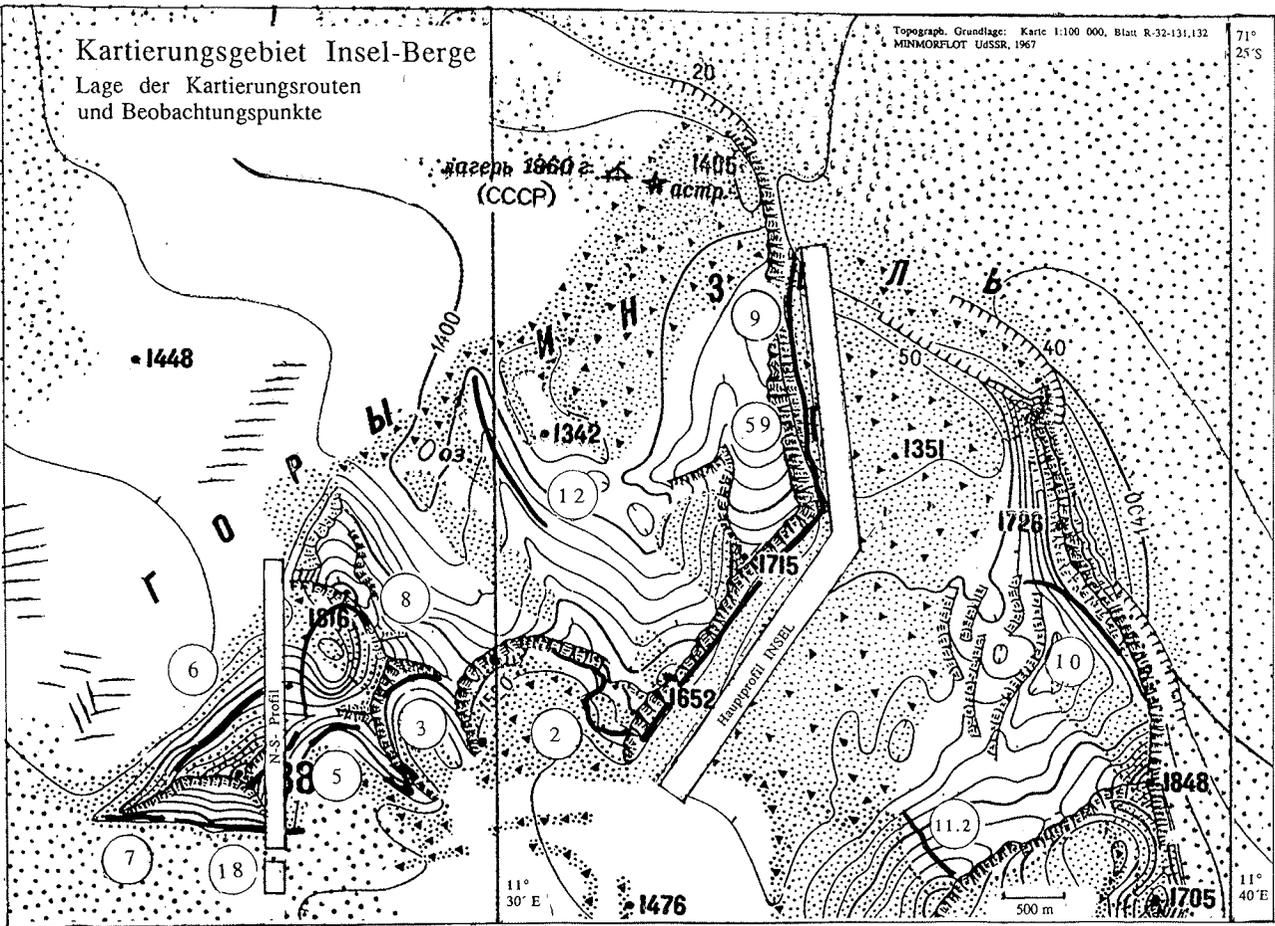


Abb. 83: Geologische Übersichtskarte des Humboldt-Gebirges und der Petermann-Ketten im Wohlthat-Massiv/Queen-Maud-Land (nach RAVICH & KAMENEV 1972; überarbeitet)

Fig. 83: Geologic Sketch map of Humboldt and Petermann Mts in the Wohlthat Massiv area / Quenn-Maud-Land (after RAVICH & KAMENEV 1972; redrawn)

Abb. 84: Kartierungsgebiet Insel-Berge - Lage der Kartierungsrouten und Beobachtungspunkte
 Fig. 84: Mapping area - Location of mapping routes and observation points



3.2.2 Eck-Hörner (Charnockit-Komplex)

Während die Insel-Berge (NW- und Ost-Insel) eine noch relativ zugängliche Morphologie aufweisen, ist das ca. 40 km² große Massiv der Eckhörner (Abb. 85) alpin und hat einem charakteristischen Südabbruch.

Die Eckhörner werden im wesentlichen aus Magmatiten der Charnockit-Reihe aufgebaut. Die genetische Stellung von Charnockiten im Kontext zu mobilistischen Konzepten der Unterkrustenentwicklung ist noch offen. Eine moderne geochemische und isotopengeochemische Bearbeitung von Charnockit-Massiven, die auf detaillierten geologischen Kartierungsarbeiten beruhen, fehlt in Antarktika. Deshalb erfolgte in einen 6.6 km langen Ost-West-Profil (Hauptprofil ECK-HÖRNER) eine geologische Kartierung im Maßstab 1:10000. Das Eck-Hörner-Massiv wurde durch zahlreiche weitere Kartierungsrouten und Beobachtungspunkte erfaßt. Eine Gesamtdarstellung im Maßstab 1:25000 wird angestrebt.

Von RAVICH & KAMENEV (1972) wurden nur wenige Magmatittypen petrographisch beschrieben. In unserer Kartierung konnten erheblich mehr Magmatitvarietäten unterschieden werden, die auf eine komplette magmatische Differentiationsabfolge hindeuten.

Nach dem megaskopischen Feldbefund handelt es sich im Ostteil um Syenite bis Syenogranite und Leukogranite bis Monzonite. Den Zentralteil des Massivs bildet eine intensiv verschuppte, magmen- und bruchtektonisch geprägte Magmatit-Metamorphit-Zone. Charakteristisch sind magmatisches Layering und linsenförmige basische bis ultrabasische Differentiate. In diesem Bereich wurde in Dekameter-Bereichen eine reichhaltige Titanmineralisation unterschiedlicher Genese aufgefunden. Es handelt sich um Rutil, Ilmenit und Sphen. Rutil tritt teilweise in großen Kristallen und nach 110 verzwillingt (Visiergrauen) auf.

Eingeschaltete Kalksilikatlinsen und deren Kontaktbereiche führen zudem oft idiomorph ausgebildete Minerale wie Epidot, Sphen, Allanit, Phlogopit, Diopsid, Hornblende, Vesuvian und Spinelle. Die mineralogische Bearbeitung ist vorgesehen.

Westlich dieser metasomatisch beanspruchten, angenommenen Scheitelregion stehen mittelkörnige bis grobkörnige Gabbros, Monzodiorite und Monzonite an. Untergeordnet wurden auch Anorthosite kartiert.

Aus den Eckhörnern liegen ca. 250 Proben vor. Besonderer Wert wurde auf die systematische Beprobung aller Magmatittypen (Großproben für geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen) sowie auch der verschiedenen Gang- und Pegmatit-Generationen gelegt.

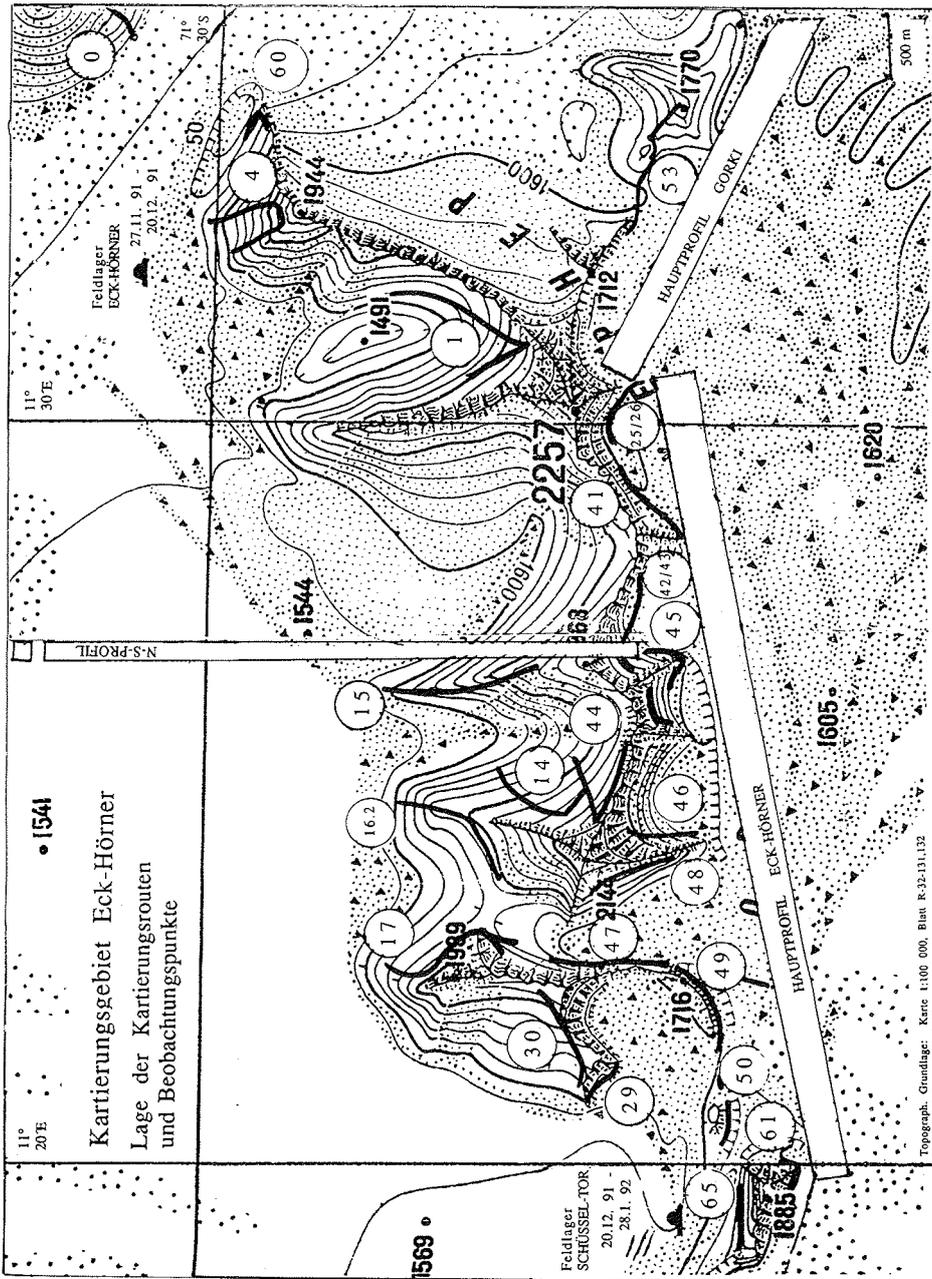


Abb. 85: Kartierungsgebiet Eck-Hörner - Lage der Kartierungsrouten und Beobachtungspunkte
Fig. 85: Mapping area Eck-Hörner - location of routes and observation points

3.2.3 Südrand der Schüssel (Metamorphite der Schüssel-Gruppe)

Die südwestlichen Ketten des Humboldt-Gebirges werden von den Eck-Hörnern durch einen eindrucksvollen Moränenfächer die Schüsselmoräne getrennt. Die N/S-gerichtete Gebirgskette südwestlich der Schüssel-Moräne bot mit ihren senkrecht zur Streichrichtung der Metamorphit-Einheiten verlaufenden Steilhängen ebenfalls gute Voraussetzungen für die Detailkartierung (Abb. 86). Das 5,7 km lange Hauptprofil SCHÜSSEL wurde im Maßstab 1:5000 kartiert und die Umgehung mit weiteren Kartierungsrouten erfaßt.

Aufgeschlossen sind überwiegend Wechsellagerungen aus Amphibol-Granat-Gneisen, Amphibolgneisen und Leukogranuliten. Charakteristisch sind Einschaltungen von Kalksilikaten und bis zu Dekameter mächtige Marmore. Von der Schüssel-Gruppe liegen ca. 120 Proben vor.

Eine Befahrung entlang der westlichen Begrenzung dieser Gebirgskette nach Süden war mit Skidoo bis Kartierungsroutenroute 63 ohne Probleme möglich. Eine Weiterfahrt scheiterte an einem südlich gelegenen Gletscherriegel. Die Umgehung ist durch Spaltengebiete des westlich angrenzenden Ausflußgletschers ohne Vorkundung nicht möglich.

Am Osthang dieser Gebirgskette war die Skidoo-Anfahrt über ein Schneefeld nach Süden bis ca. 1,5 km NE des Lose-Berges (Höhe 2130 m) möglich. Der Endpunkt dieser Trasse ist mit einem Signal markiert.

3.2.4 Gorki-Kette (Metamorphite der Gorki-Gruppe)

Der Zugang zu den Bergen der Gorki-Kette am Ostrand der Schüssel erforderte längere Anmarschwege durch die Schüsselmoräne. Das setzte stabile Wetterlagen voraus, die in den letzten Tagen der Feldarbeiten nicht voll gegeben waren. Deshalb konnte dieses Gebiet mit Ausnahme des Kontaktes zum Charnockit-Massiv nur in einem Übersichtsprofil (Abb. 86) bearbeitet werden, von dem mehr als 30 Proben vorliegen.

Gegenüber den anderen Profilen bestehen in der lithologischen Ausbildung signifikante Unterschiede. Charakteristisch sind Granat-Sillimanit-Gneise und Biotit-Sillimanit-Gneise sowie große Amphibolgneislinsen. Damit deuten sich bereits aus den Feldbefunden Al-reichere Ausgangsgesteine an.

3.2.5 Moränenuntersuchungen

Der Feinanteil von Moränen stellt eine mechanische Mischung der vom Gletscher überfahrenen Gesteinsassoziationen dar. Infolge fehlender chemischer Verwitterung während des Transportes und nach der Ablagerung unter den nivalen klimatischen Bedingungen sind Elementverschiebungen zwischen Ausgangsgestein(en) und Ablagerungsort zu vernachlässigen. Die chemische Zusammensetzung von Till enthält demnach Informationen über Gesteinsart und anteilmäßige Zusammensetzung von Gebieten, deren Zugang durch Eisbedeckung erschwert wird. Mit der

geochemischen Untersuchung von Till in Kombination mit der statistischen Verteilung und der Geochemie von Geschieben erhält man die Ausgangsdaten für Mischmodelle, die eine stoffliche Charakterisierung nicht zugänglicher Einheiten des kristallinen Fundaments ermöglichen.

Mit detaillierten Untersuchungen an Till und Geschieben aus der Umgebung der Schirmacheroase und des Zentralen Wohlthat-Massivs (Gruber Mts.) wurde die Anwendung dieser Arbeitsmethode getestet (HAHNE et al. im Druck).

Die Zielstellung in dieser Feldsaison bestand in der Fortsetzung der regionalen Bearbeitung zur Charakterisierung und Regionalisierung der Stoffströme aus den Gebirgsketten des Zentralen Königin-Maud-Landes in Richtung Lazarev See. Unter Einbeziehung vorhandener Daten ist damit eine Beurteilung der Stoffströme bei einer Transportweite von über 200 km in einem etwa 5 000 km² großen Gebiet zu erwarten.

Wesentlich erscheint uns eine parallele Bearbeitung zum Kartierungsprogramm, da sich die gewonnenen Kenntnisse positiv auf die petrographische Ansprache der Geschiebe auswirkt.

Eine Teilaufgabe bestand in der Bearbeitung der Schüsselmoräne. Dieser Endmoränenfächer mit einer Ausdehnung von 12x 6 km ist eines der größten Moränensysteme im Zentralen Königin-Maud-Land und läßt Aussagen zur stofflichen Variation der Liefergebiete zumindest im jüngeren Quartär erwarten.

Außerdem wurden Toteisproben für isotopengeochemische Untersuchungen genommen sowie geeignete Geschiebe für Thermolumineszenz-Analysen gesammelt.

Neben Untersuchungen zur Geschiebestatistik wurden zur Erfassung der geochemischen Grunddaten die wichtigsten Geschiebetypen und auch exotische Geschiebe beprobt.

Die Auswahl der bearbeiteten Moränen-Profile (Abb. 87) stützte sich im Gelände auf die Interpretation der Luftbild- und Satellitenszenen.

Im Gebiet der Insel-Berge und der Eckhörner (N-Seite) wurden 157 Tillproben gesammelt und 3510 Geschiebe in die Statistik einbezogen. Aus dem Bereich der Schüssel liegen 102 Proben zur Untersuchung vor. Die Geschiebestatistik basiert hier auf 2580 Messungen. Die Geschiebesammlung konnte um 50 Proben erweitert werden.

In den letzten Jahren sind im Bereich der Schirmacheroase starke Tauprozesse zu verzeichnen. Die dabei entstandenen rezenten Moränenfelder mit zumeist geringer Lagerungsdichte und fluviatilen Umlagerungen im Zehrgebiet wurden nach Beendigung der Feldarbeiten im Humboldt-Gebirge ebenfalls beprobt. Über 30 Tillproben sowie ca 2500 Geschiebezählungen ergänzen die früher gewonnen Daten.

Die geplanten geochemischen Untersuchungen von Till werden an der Fraktion < 0.063 mm vorgenommen. Durch die Kombination mehrerer analytischer

Methoden (XRF, ICP-AES, Zeeman-AAS, INAA) soll an einer gestaffelten Probenanzahl eine möglichst große Elementpalette erfaßt werden.

Ergänzende mineralogische Untersuchungen der Tonfraktion sollen Fragen der Tonmineralneubildung in Abhängigkeit von Ausgangsgestein und Expositionszeit klären helfen.

Literatur

- FEDOROV, L. F., HOFMANN, J. & RAVICH, M., G. (1977): Ein Vergleich des geologischen Baus Südostindiens einschließlich Sri Lankas und der Ostantarktis.- Z. geol. Wiss., Berlin 5 (1977) 11/12, S. 1313-1336
- KÄMPF, H. & STACKEBRANDT, W., (1985): Crustal evolution of the Eastern Antarctic Craton (Schirmacher Oasis, Dronning Maud Land).- Gerlands Beitr. Geophys., 94, 4-6, S. 251-258
- PAECH, H. (1986): Vergleich der geologischen Entwicklung des südlichen Afrika mit der des antarktischen Kontinents.- Veröff. Zentralinst. Physik der Erde, 87, Potsdam 1986
- RAVICH, M. G., (1982): The lower Precambrium of Antarctica.- Antarctic Geosci, 421-427
- RAVICH, M. G. & GRIKUROV, G. E., (1976): Geological map of Antarctica 1 : 1 500 000.- Moscow 1976
- RAVICH, M. G. & KAMENEV, E. N., (1972): Kristallicesky fundament Antarkticeskoj platformy.- Leningrad, 685 S.
- RAVICH, M. G. & SOLOVIEV, G. S., (1966): Geologija i petrologija centralnoj chasti gor Zemli Korolovy Mod.- Tr. nauchno issled., Inst. geol. Arktiki, 141
- STACKEBRANDT, W., KÄMPF, H. & WETZEL, H.-U., (1988): The geological setting of the Schirmacher Oasis, Queen Maud Land, East Antarctica.- Z. geol. Wiss., Berlin, 16 (1988), 7, S. 651-665
- WETZEL, H.-U., STACKEBRANDT, W. & HAHNE, K., (1990): Geological setting of the Nunataks area south of the Schirmacher Oasis, Central Queen Maud Land.- Geod. geophys. Veröff., R I (15)
- WETZEL, H.-U., STACKEBRANDT, W. & HAHNE, K., (1991): Results on geological mapping in the Nunataks area south of the Schirmacher Oasis, East Antarctica.- Z. geol. Wiss. Berlin, 19, 2, S. 145-152

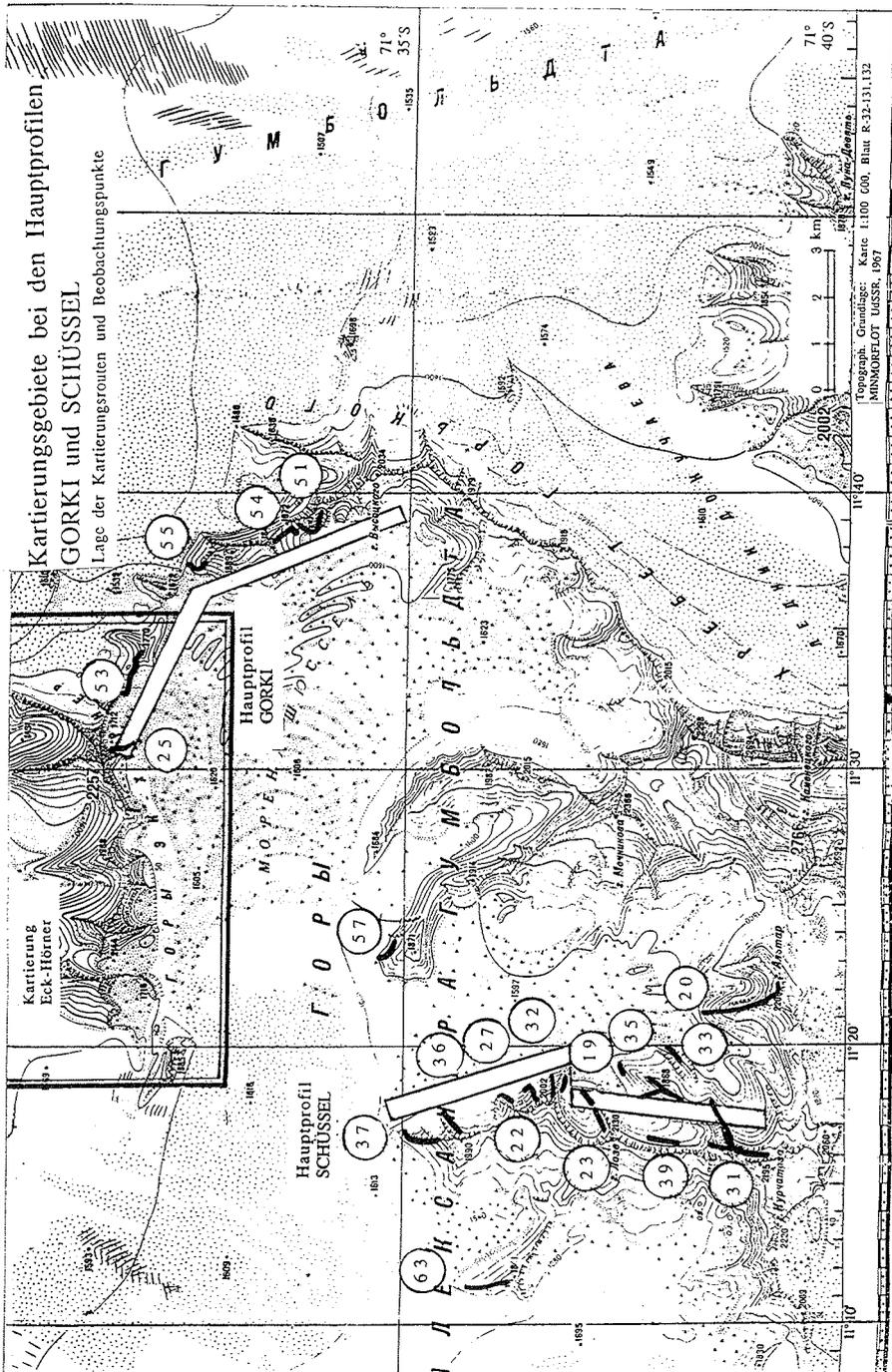


Abb. 86: Kartierungsgebiete bei den Hauptprofilen Gorki und Schüssel
Fig. 86: Mapping areas for the main profiles Gorki and Schüssel

3.3 Physisch-geographische Untersuchungen in der Schirmacher-Oase (W. Krüger und B. Tschochner)

Ziele und Aufgaben

Die physisch - geographischen Arbeiten während der Saison 1991/1992 hatten sowohl landschaftsökologische als auch geomorphologische Inhalte zur Zielstellung.

Als Ziele waren ausgewiesen:

1. Die Erkundungen der Struktur und der Dynamik von Landschaftskomplexen der Schirmacheroase.
2. Die Untersuchung landschaftsökologischer und geomorphologischer Prozesse, die unter periglazialen Bedingungen seit dem Eisrückgang die inhaltliche und räumliche Differenzierung der Landschaft der Oase bedingen.
3. Das Studium der in der Oase wirksamen rezenten landschaftsökologischen und geomorphologischen Prozesse, die während des Pleistozäns an der Strukturierung der Landschaft des nördlichen Mitteleuropas beteiligt waren. Das betrifft vor allem Fragen zur Ausbildung von Initialformen der Bodenbildung in den Schuttdecken der Schirmacheroase und vergleichende Untersuchungen in periglazial geprägten Naturräumen des nördlichen Mitteleuropas.

Entsprechend dieser Zielstellung ergaben sich für das Untersuchungsprogramm die nachfolgend dargestellten Aufgaben:

Zentrales Untersuchungsobjekt waren die Schuttdecken der Schirmacheroase. Je nach Genese und aktuellen Lagemerkmalen unterscheiden sich diese in ihren qualitativen Eigenschaften.

Schuttdecken sind als Hangschutt des anstehenden Festgesteins, als Moränenschutt (Hügel und z.T. in söhlicher Lagerung im Bereich der Depression) und in den Tälern zur Ausbildung gekommen. Bei den Talböden handelt es sich neben Grundmoränenablagerungen um umgelagertes Hangschutt- und Moränenmaterial. Nach den Lagemerkmalen, den Reliefeigenschaften und den daraus resultierenden Unterschieden in der Stoff- und Energiezuführung (Schmelzwasser, Einstrahlung) lassen sich verschiedene Typen von Lockergesteinsdecken nachweisen, die abweichende Strukturen und dynamische Merkmale auszeichnen. Diese Kennzeichen der Schuttdecken spiegeln wesentliche landschaftsökologische Beziehungen der Naturkomplexe der Schirmacheroase wider .

Die internen geosynergetischen bzw. landschaftsökologischen Relationen in den Lockerablagerungen sowie die funktionalen Beziehungen zu weiteren Partialkomplexen der Landschaft sind in der schematischen Übersicht der Abbildung 88 dargestellt. Die Abbildung zeigt, daß sich in den Schuttdecken eine Vielzahl interner Beziehungen vereinen, die im starken Maße von den Partialkomplexen Klima/Witterung, Schneefelder, Oberflächengewässer, Festgestein und Relief beeinflußt werden. Damit weisen sich die Schuttdecken für uns als bestimmendes Untersuchungsobjekt aus. Außerdem wurden die wichtigsten strukturbildenden und prozeßwirksamen Einflußfaktoren für die Lockergesteinsbildung mit erfaßt.

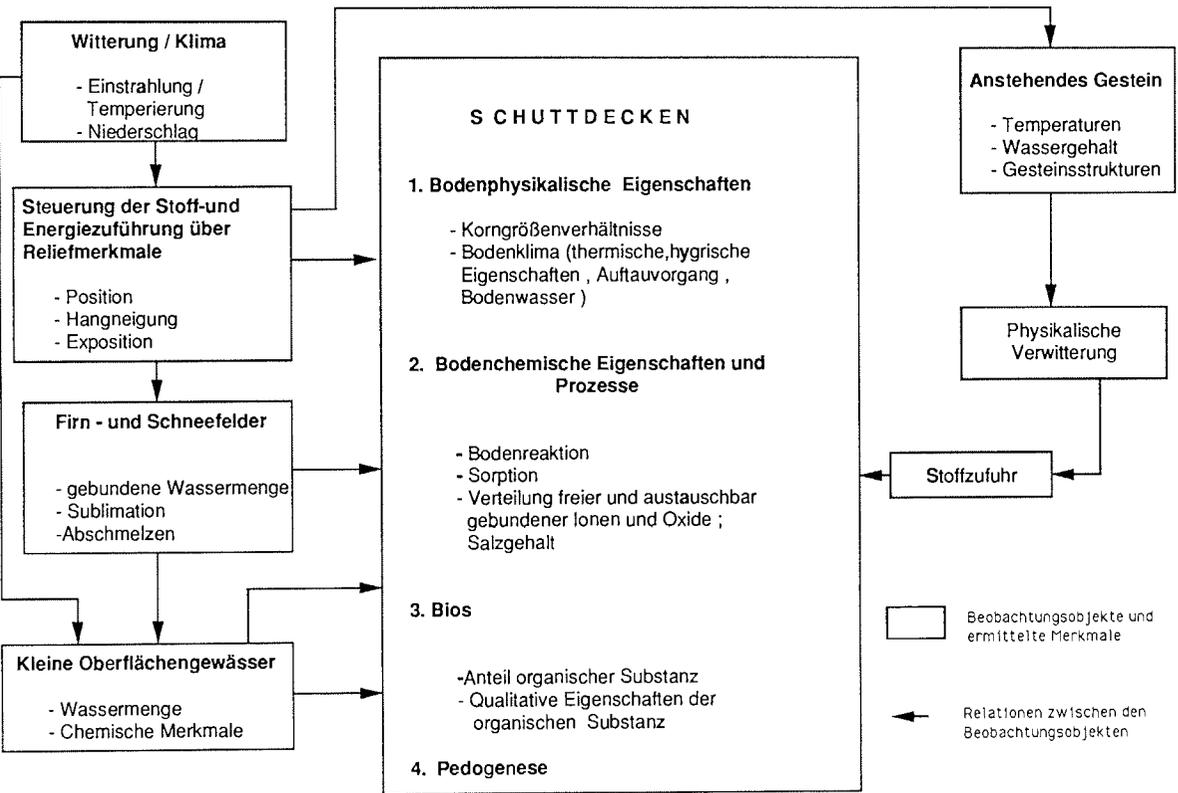


Abb. 88: Funktionale Beziehungen von Partialexplexen der Landschaft der Schirmacherose
Fig. 88: Functional relations of system parts of the landform of the Schirmacherosis

Das waren vor allem Merkmale des Geländeklimas und des Bodenklimas, die thermischen, hygri-schen und lithologischen Merkmale am und im Festgestein für die physikalische Verwitterung und Untersuchungen zum Haushalt des Bodenwassers.

Beim Bodenwasserhaushalt interessiert die Relation zu den Firn- und Schneefeldern als Feuchtereserve für die im Boden ablaufenden Prozesse der Stoffumbildung, der Stoffneubildung und der Verlagerung. Einbezogen in diese Betrachtungen sind ebenso Untersuchungen zum Eintrag von Verwitterungsprodukten aus den Schuttdecken in die Oberflächengewässer.

3.3.1 Verlauf der Feldarbeiten und Einrichtung des Meßfeldes

Die Feldarbeiten zum physisch - geographischen Arbeitsprogramm erfolgten ausschließlich in der Schirmacher Oase. Vom 6. November bis 15. November wurde ein Meßfeld im Untersuchungsgebiet "Zenit" im unmittelbaren Umfeld der Station "Georg Forster" errichtet. Das Arbeitsgebiet stellt einen charakteristischen Ausschnitt des Landschaftskomplexes der Schirmacheroase dar, so daß die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zu den landschaftsökologischen Prozessen bzw. zu ihren Wirkungsbedingungen repräsentativ für die Oase sind. Das Meßfeld im engeren Sinne umfaßt eine Fläche von ca. 0,1 km². Zur Messung der meteorologischen Elemente Lufttemperatur (2 m, 0,5 m, 0,05 m), Luftfeuchte, Strahlung (Globalstrahlung), Windrichtung und Windgeschwindigkeit diente eine Basisstation. Die Registrierung der Werte erfolgte mittels Datalogger (System Weihof; Firma Thies, Göttingen). Ebenfalls automatisch wurden die Bodentemperaturen für die Meßtiefen 2 cm, 5 cm, 20 cm bzw. 50 cm aufgezeichnet. An weiteren 6 Stationen nahmen wir die Messungen von Bodentemperaturen (2 cm, 5 cm, 10 cm, und z.T. 50 cm) mit Hilfe von Bodenkügelthermometern bzw. Thermistoren bei 6 - 10 Meßgängen pro Tag vor. Parallel zu dieser Registrierung wurden an 5 Stationen die Temperatur der bodennahen Luftschicht (0,5 m und 0,1 m) durch Thermohygrographen aufgezeichnet.

Dazu erfolgte bis zu zweimal je Woche eine Probennahme in 0-2 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm und 90 cm Tiefe. Aus jeder Tiefe wurden zwei Proben gewonnen und der Feuchtegehalt als Mittelwert errechnet. Verdunstungsmessungen wurden an 3 Standorten durchgeführt. Die Standortwahl für die Stationen nahmen wir in Abhängigkeit von Lagermerkmalen, von der Reliefsituation und von den Substrateigenschaften vor. Aus den abweichenden Standortverhältnissen ergeben sich Unterschiede im Energie - und Stoffempfang für die Schuttdecken und somit Variationen in ihren thermischen und hygri-schen Eigenschaften.

Für die Temperaturmessung am und im Festgestein fiel die Wahl des Standortes auf einen Ost - West streichenden Felsrücken aus mittelkörnigem, migmatischem Biotit - Gneis. Der Einbau der Meßfühler erfolgte in 0,2 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm und 20 cm Tiefe. Die Öffnungen, die beim Einsetzen der Thermistoren in das Gestein entstanden, wurden mit einer wärmeisolierenden Masse verschlossen. Als Meßfühler fanden Präzisions-Meßheißleiter mit versilberten Anschlußdrähten Verwendung.

Zur Beobachtung lateraler Bewegung der Hangschuttdecken (Solifluktion) kam ein Meßsystem zum Einsatz, dessen Funktionsprinzip kurz beschrieben werden soll. Als Zeiger möglicher lateraler Bewegungen der Schuttdecken fungieren 10x10 cm große Messingplatten, die in die Lockergesteinsdecke eingegraben werden. Fließbewegungen des Hangschuttes führen zu Ortsveränderungen dieser Platten. Die Ortung der Messingplatten nach Lageveränderung erfolgt mit dem Suchgerät U P E X 740, das nach dem Puls-Induktionsverfahren arbeitet. Eine Suchschleife sendet kurze Magnetfeldimpulse in den Boden, die in der Messingplatte Wirbelströme erzeugen. Das durch die Wirbelströme induzierte Magnetfeld wird als Rückantwort von der Suchschleife als Ortungssignal aufgenommen. Dieses Signal wird verstärkt und in eine optische und akustische Anzeige umgesetzt.

Zur Beobachtung von Solifluktionsbewegungen wurden am "Zenit" Meßpunkte an unterschiedlich geneigten (8° und 12° Hangneigung) und durchfeuchteten Hangbereichen eingerichtet. Für die Messingplatten wurden Einbautiefen von 20 cm, 30 cm und 45 cm am Standort A und 15 cm, 40 cm und 50 cm am Standort B gewählt. Die Verlegung der Messingplatten vollzog sich zeitversetzt in Abhängigkeit vom Auftauvorgang.

3.3.2 Die Meßkampagne und erste Resultate der Untersuchungen

A) Landschaftsökologie

Die Reihenmessungen zu den genannten Aufgabenstellungen begannen Mitte November 1991 und wurden bis Ende Februar 1992 weitergeführt. Somit liegen aussagekräftige Meßreihen zu den thermischen Verhältnissen im Festgestein sowie zu den Temperaturen der bodennahen Luftschicht für das Testgebiet vor. Die Ergebnisse belegen für die Schuttdecken räumlich erhebliche Unterschiede in der Temperierung und in den hygri-schen Merkmalen. Entscheidend für die Erwärmung sind der Charakter der Lage (Exposition, Hangneigung) sowie Materialeigenschaften (Korngrößenverhältnisse, Wassergehalt) der Lockergesteinsstandorte. In den Abbildungen 89 und 90 werden Temperaturkurven und aktueller Wassergehalt in Lockerablagerungen dargestellt. Wie erwartet, zeigen die trockenen, sandigen nord-nordwest exponierten Hangschuttstandorte die intensivste Durchwärmung und die höchsten täglichen Temperaturdifferenzen für die einzelnen Meßtiefen. Bei Strahlungswetter erwärmen sich die ersten 5 Zentimeter des Lockergesteins bereits ab Mitte November auf fast 20° C. Die stark durchfeuchteten sandigen und schluffigen Talböden erreichen höhere positive Temperaturen zu diesem Zeitpunkt nur unmittelbar an der Oberfläche (Meßtiefe 2 cm : 10 -15° C). Im Polarsommer sind die Temperaturwerte gegenüber November deutlich erhöht. Noch in 50 cm registrierten wir in Sandstandorten Temperaturen von mehr als 5° C und im feuchten Schluff von 2 - 3° C.

Die Unterschiede im thermischen Verhalten äußern sich auch in der Auftautiefe und in der Auftaugeschwindigkeit der jeweiligen Standortbereiche (vgl. Abb. 91 und 92). Die größten Auftautiefen wurden Ende Januar / Anfang Februar erreicht. Sie betragen im Hangschuttbereich 1,1 - 1,25 m und im Talbodenbereich 70 - 90 cm. In den Abbildungen sind Ergebnisse der Untersuchungen zum aktuellen Wassergehalt am Beispiel eines Hangschuttstandortes, der unter dem Einfluß eines temporären Schneefeldes stand und eines Standortes im Talbereich zusam-

mengefaßt. Wie aus den Feuchtwerten ersichtlich, sind beide Standorttypen in der Zeit der sommerlichen Auftauphase von 8-12 Wochen für das Wirksamwerden von Ionenreaktionen und für Transportprozesse ausreichend durchfeuchtet. Eine stärkere Austrocknung des Substrates kann nur für die ersten Zentimeter der Profile festgestellt werden.

Die Dynamik der Wassergehalte wird bei den Hangschuttstandorten primär vom Schmelzwasser der abtauenden Schneefelder beeinflusst. Kapillarer Bodenwasseranstieg spielt bei diesen Standorten erst nach dem Abbau der Schneefelder eine Rolle. Schmelzwasser infiltrierte vor allem im Zeitraum von Anfang Dezember bis Anfang Januar in das skelettreiche, sandige Substrat. Ein stärkeres Abfließen von Schmelzwasser an der Oberfläche wurde bei den kleinen Schneefeldern nicht beobachtet. Der laterale Abfluß des Schmelzwassers erfolgte vielmehr über der zementierten Permafrosttafel im Lockergestein selbst.

Von sekundärem Einfluß auf die Durchfeuchtung der Schuttdecken sind die Niederschläge. Ausnahmen bilden die Ereignisse während des Polarsommers, bei denen der Niederschlag kurzzeitig eine geschlossene Schneedecke bilden kann. Ein Teil des Schmelzwassers bewirkt in diesen Fällen eine Zunahme des Wassergehaltes des oberflächennahen Lockermaterials, wie das nach den Niederschlägen am 1.1.1992 der Fall war (vgl. Abb. 91).

Das Bodenwasser der Talböden entstammt zumeist der Feuchtigkeit, die beim Auftauen der Bodengefrorenis freigesetzt wird. Teilweise dringt auch mit dem Ansteigen des Wasserspiegels der Seen Wasser in die Lockergesteinsschichten ein. Die Schluffe in den Talböden wiesen ab 5 cm Tiefe Wassergehalte zwischen 5 und 12 GW% während des gesamten Meßzeitraumes auf (vgl. Abb. 92). Bei den sandigen Ablagerungen lagen die Resultate noch um durchschnittlich 5% höher.

Die Erkundung funktionaler Beziehungen zwischen den Partialkomplexen der Landschaft Klima/Witterung - Schneefelder - Bodenwasser - kleine Oberflächen-gewässer bildet einen weiteren Schwerpunkt des landschaftsökologischen Untersuchungsprogrammes. Ionenreaktionen, Prozesse des Stoffaufbaus, des Stoffumbaus - also alle in den Schuttdecken der Schirmacher Oase partiell wirksamen pedogenetischen Vorgänge - sind auf das Vorhandensein freien Wasser angewiesen. Da der Niederschlag in der Oase fast ausschließlich als Schnee fällt und die Hauptniederschläge an Witterungslagen mit heftigen Winden gekoppelt sind, bildet sich in der Oase nur selten eine geschlossene Schneedecke aus. Vielmehr kommt es im Lee von Geländeformen zur Akkumulation von Schnee. Die dabei entstehenden Schnee- und Firnfelder besitzen landschaftsökologisch eine große Relevanz. Sie stellen wesentliche Feuchtereserven für die Zeit des Polarsommers dar. Mit dem Abschmelzen der Schneefelder werden Hangschuttmaterialien im Kontaktbereich der Schneefelder intensiv durchfeuchtet. Ein Teil des Infiltrationswasser fließt dann über dem Permafrost in das Lockergestein der Täler. Dabei wird der Wasserverlust der Talböden infolge Verdunstung und Abfluß in Oberflächen-gewässer teilweise wieder ausgeglichen.

Dem Aufdecken dieses Zusammenhanges dienten die Messungen zum Abbau der Schneefelder in der Zeit von November 1991 bis Anfang Januar 1992. Dazu wurde das Wasservolumen von 5 Schneefeldern errechnet und der Verlust durch Subli-

mation und Abschmelzen im wöchentlichen Rhythmus bestimmt. Ergänzende Untersuchungen zur Verdunstung und zum Wassergehalt in den Schuttdecken erlauben eine Bilanzierung des Wasserhaushaltes für den Testraum.

Für wasserchemische Untersuchungen - im Hinblick auf einen möglichen Eintrag von Verwitterungsprodukten der Lockersedimente in Oberflächengewässer - wurden Wasserproben der Speisungsquellen (Firn- und Schneefelder) von Bodenwässern und von Oberflächengewässern entnommen. Detaillierte Beobachtungen zum Auftauvorgang und zu den damit verbundenen hydrodynamischen Prozessen erfolgten an 8 Meßstellen im Soljarij-Tal. Die Pegelmessungen belegen für den Zeitraum Mitte Januar bis Mitte Februar einen lateralen Zufluß von Bodenwasser zu den tiefsten Bereichen des Tales, so daß es hier zeitweise an die Oberfläche tritt und eine flache Wasserfläche bildet. Unsere Messungen zeigen für diesen sich mehrfach wiederholenden Vorgang einen engen Zusammenhang zwischen der Einstrahlung, der Temperierung des Lockergesteins, der Tieferlegung des Frosttales und der Verdunstung.

B) Pedogenetische Untersuchungen

Entsprechend dem Auftaugeschehen konzentrierten sich die pedologischen Arbeiten auf den Januar bzw. Anfang Februar. Insgesamt wurden 20 Bodenschürfe angelegt und Probenmaterial für weiterführende bodenphysikalische und bodenchemische Laboranalysen entnommen. Die Aufgrabungen erfolgten bis zum Frosttafel. Die Schürfe legten wir vor allem in den Standortbereichen an, die eine fortgeschrittene pedologische Entwicklung erwarten lassen, d.h. in Arealen mit ausreichender Durchfeuchtung und organischen Bildungen an der Oberfläche (Algen, Moose). Bei der makroskopischen Ansprache der Profile ließen sich Bodenhorizonte kaum ausscheiden. Neben einem geringmächtigen A-Horizont (1-2 cm) folgte in der Regel ein im Farbton einheitliches Substrat. Differenzierungen traten nur in der Helligkeit und z.T. in der Farbtiefe auf. Einzelne Standorte zeigten in der Feldansprache bereits rotbraun gefärbte Lagen, die auf einem erhöhten Anteil freigesetzter Eisenoxidhydrate hinweisen.

Im Talbodenbereich konnte neben einschichtig sandigen und schluffigen Substraten auch ein Schichtwechsel im Material beobachtet werden. So überlagerte mehrfach eine mehrere Dezimeter mächtige Sanddecke ein tonig-schluffiges Sediment. Aus den Profilen wurden außerdem Volumenproben entnommen und der Wassergehalt in Volumenprozent für verschiedene Meßtiefen ermittelt. Gleichfalls erfolgte bereits die Bestimmung der Bodenreaktion.

C) Geomorphologische Arbeiten

Temperaturmessungen und die Bestimmung des Wassergehaltes im Festgestein sowie die Probengewinnung einer umfassenden Gesteinskollektion bildeten den Inhalt der Arbeiten zu Problemen der Wirkungsweise der mechanischen Verwitterung. Die Meßkampagne umfaßte die Zeit von Mitte November 1991 bis Mitte Februar 1992. Die Registrierung der Temperatur erfolgte täglich von 6-22 Uhr im Rhythmus von zwei Stunden. Bei besonderen Strahlungswetterlagen wurde ganztägig im Abstand von einer Stunde gemessen.

Als Referenzdaten übernahmen wir von der Station Nowolasarewskaja die Daten der Lufttemperatur, der direkten und der diffusen Strahlung, der relativen Feuchte,

der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit. In den Abb. 93 und 94 ist der Tagesgang der Temperatur im Festgestein an Tagen mit unterschiedlichen Witterungslagen dargestellt. Strahlungswetter führte am 5.1.1992 zu einer intensiven Erwärmung des Gesteins, wobei erwartungsgemäß die höchsten Temperaturen und die größte Temperaturamplitude an der Oberfläche bzw. in Oberflächennähe des Gesteins gemessen wurden (vgl. Abb. 94). Die Temperierung wird primär von den Strahlungsverhältnissen beeinflusst, so daß die Temperaturmaxima zeitlich mit den Strahlungshöchstwerten korrelieren. Erst in größeren Meßtiefen (10 cm bis 20 cm) kommt es zu einer zeitlichen Verzögerung. Neben der Strahlung wird die Temperierung des Gesteins von der Lufttemperatur und bei entsprechend exponierter Lage der Standorte von der Windstärke beeinflusst.

Die Meßwerte vom 13.2. und 14.2.1992 zeigen, daß im Unterschied zu Strahlungswetterlagen die Temperaturgegensätze zwischen den einzelnen Meßtiefen und die Temperaturamplitude bei einer Witterung mit hohem Bewölkungsgrad gering bleiben (vgl. Abb. 94).

Für strukturelle Untersuchungen zur Bewertung der Festigkeit und der Widerständigkeit des Gesteins - die Analysen werden in Kooperation mit der Bundesanstalt für Materialforschung Berlin erarbeitet - wurde eine Auswahl des im Ostteil der Oase anstehenden Festgesteins entlang eines N-S Profils entnommen. Im einzelnen handelt es sich um folgende Gesteine:

- Blastomylonitischer Biotit-Plagioklas-Gneis
- mittelkörniger, migmatischer Biotit-Gneis
- Blastomylonit
- mittelkörniger blastomylonitischer Quarz-Feldspat-Gneis
- mittelkörniger Amphibol-Gneis, schwach blastomylonitisch
- feinkörniger Amphibol-Gneis

An den jeweiligen Probestandorten wurden außerdem die Kristallisationsschieferung, die b-Lineation und die Hauptklüftung bestimmt.

Wie vermutet, konnten zu den Untersuchungen der Hangschuttbewegung (Solifluktion) noch keine meßbaren Resultate vorgelegt werden. Ergebnisse hierzu sind erst nach mehrjährigen Beobachtungen zu erwarten.

D) Landschaftsgenese

Neben dem Studium des aktuellen Prozeßgeschehens interessierte für die Ermittlung der inhaltlichen und räumlichen Strukturierung der Landschaft des Oasenkomplexes die landschaftsgenetische Entwicklung. Das heißt, es war der Frage nachzugehen, welche geomorphologischen und landschaftsgenetischen Prozesse seit dem Rückgang des Eises wirksam gewesen sind. Als Methode findet dabei das Verfahren der retrospektivischen physisch-geographischen Prozeßforschung Anwendung.

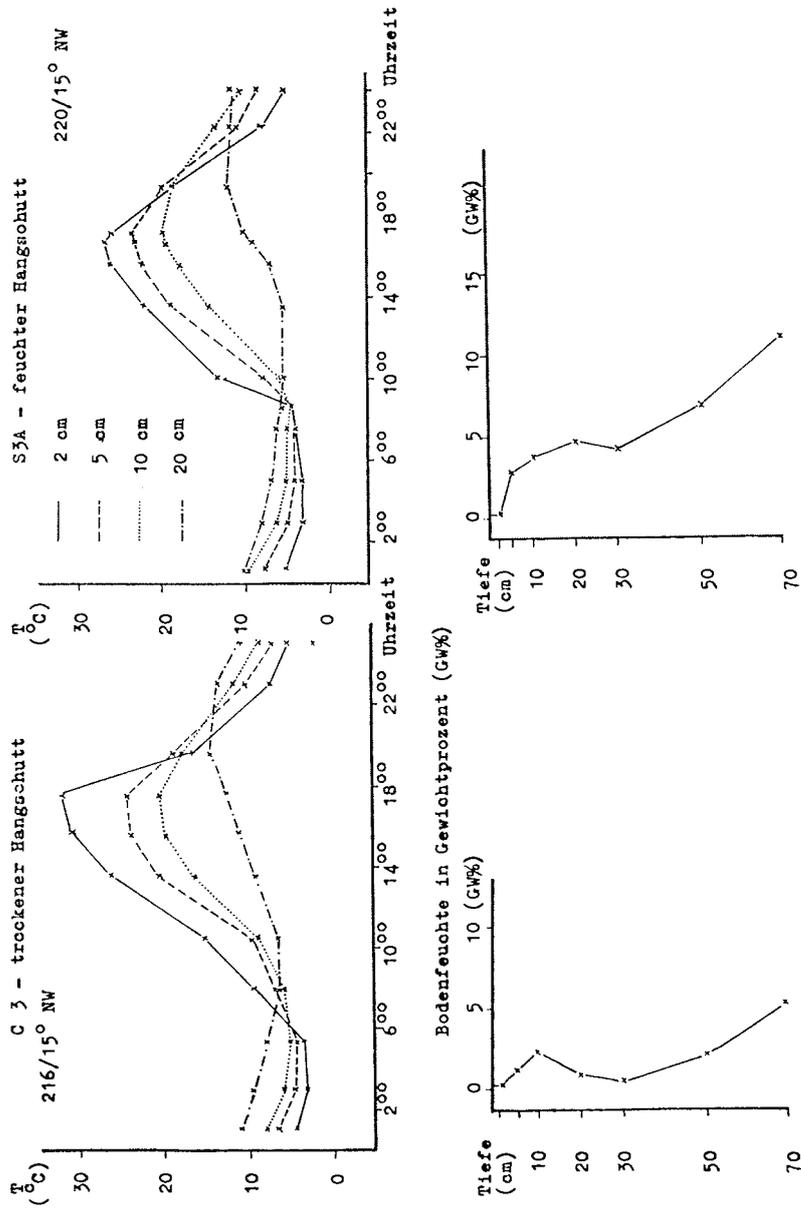


Abb. 89: Bodentemperaturen und Bodenfeuchtwerte im Hangschuttbereich vom 3.1.1992

Fig. 89: Ground temperatures and humidities in a scree slope

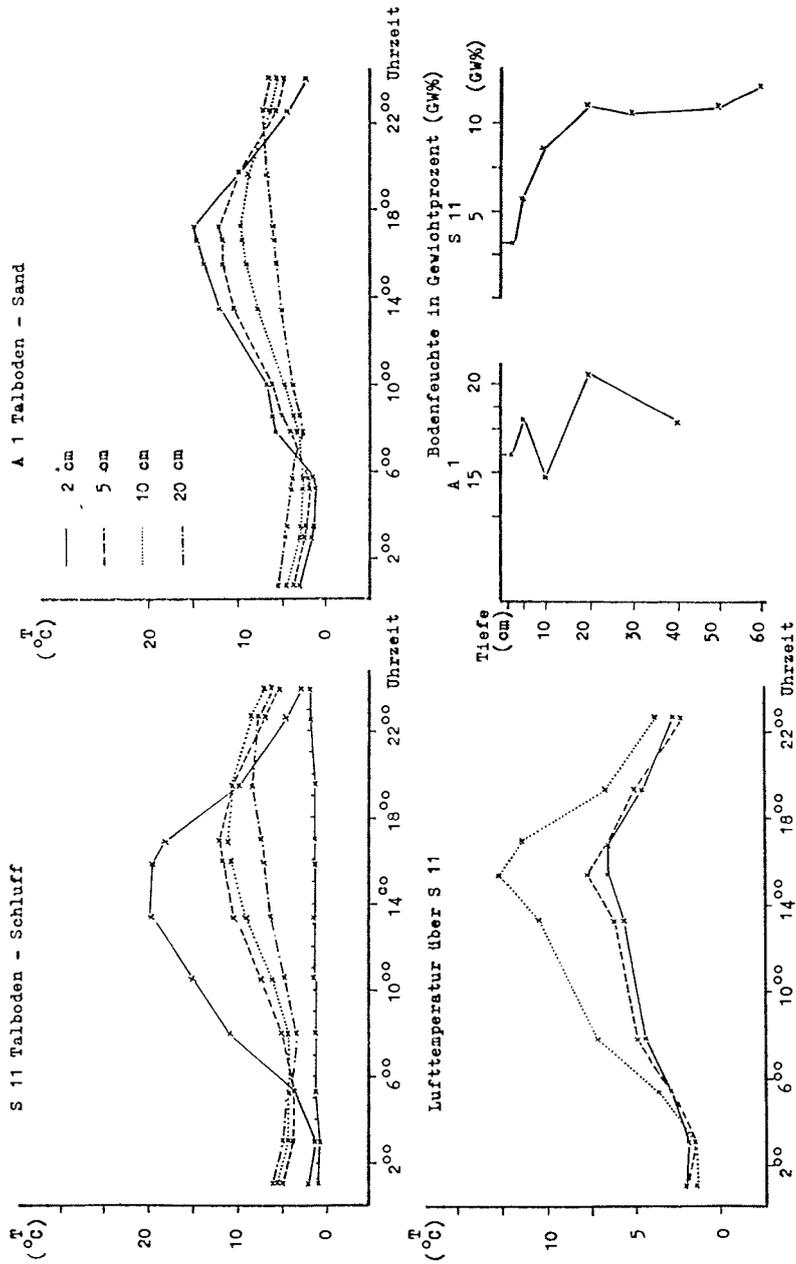


Abb. 90: Bodentemperaturen, Lufttemperaturen und Bodenfeuchte im Bereich des Talbodens vom 3.1.1992

Fig. 90: Ground temperatures, air temperatures and ground humidities in a valley bottom

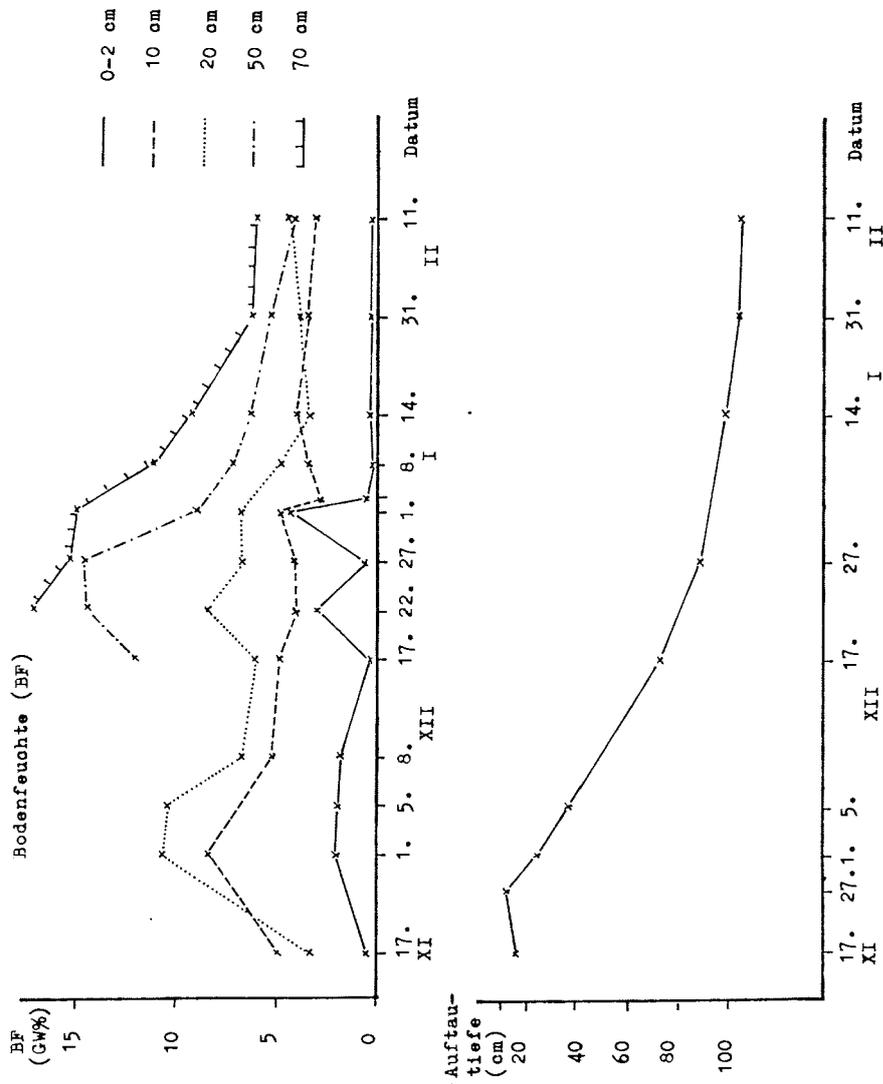


Abb. 91: Bodenfeuchte in Gewichtprozent (GW%) und Auftautiefe an einem Hangschuttstandort (17.11.1991 bis 11.2.1992)

Fig. 91: Ground humidity in percent per weight (GW%) and depth of melting on a scree slope (17.11.1991 till 11.2.1992)

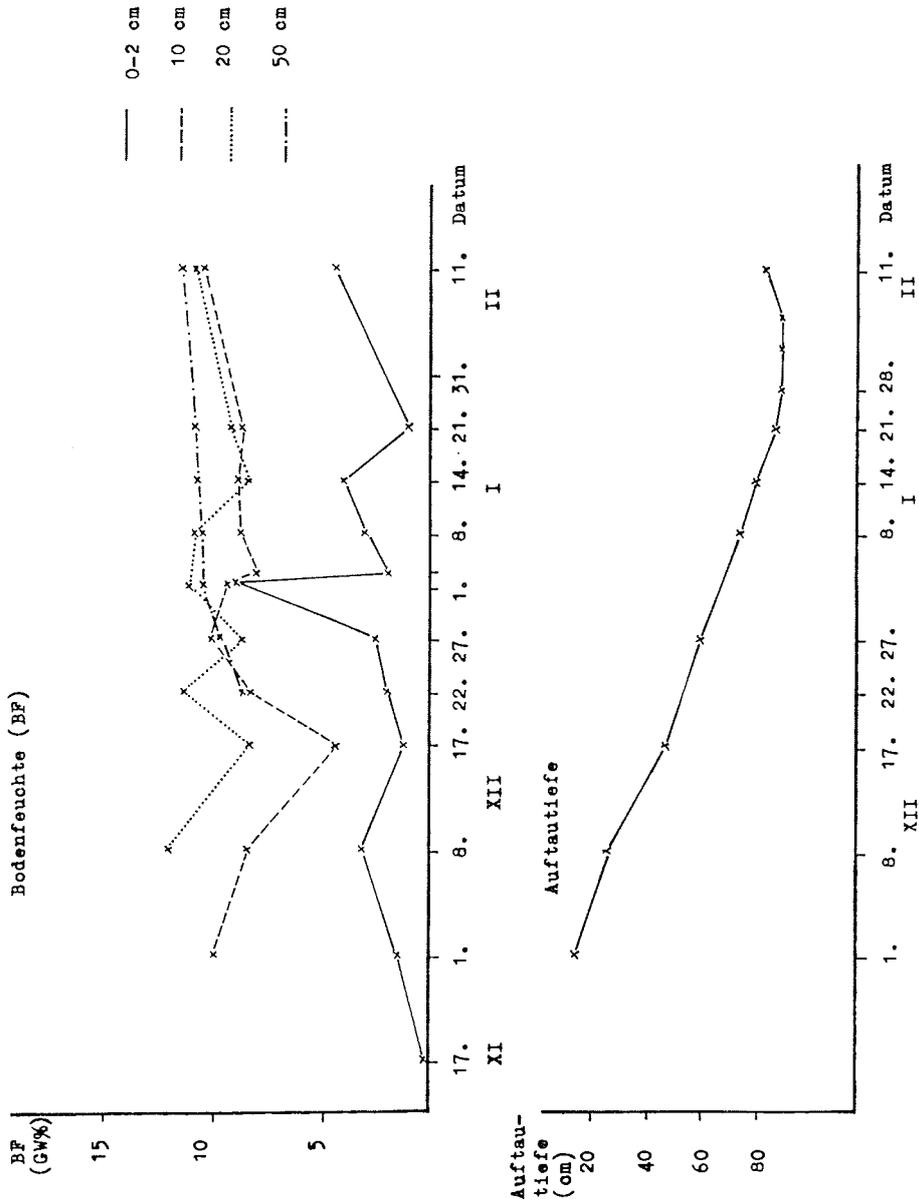


Abb. 92: Bodenfeuchte in Gewichtprozent (GW%) und Auftautiefe an einem Talbodenstandort (17.11.1991 bis 11.2.1992)
Fig. 92: Ground humidity in percent per weight (GW%) and depth of melting at a valley bottom (17.11. 1991 till 11.2.1992)

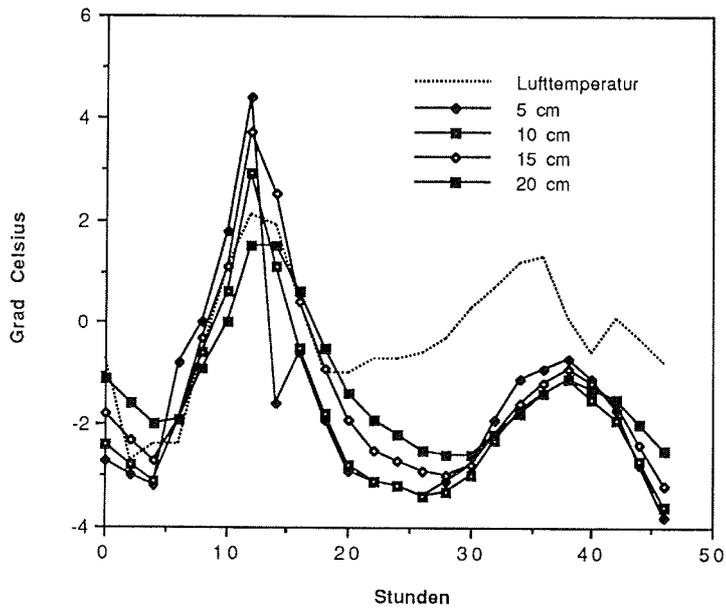


Abb. 93: Temperaturverlauf im Festgestein am 5.1.1992
Fig. 93: Temperature in solid rock on 5.1.1992

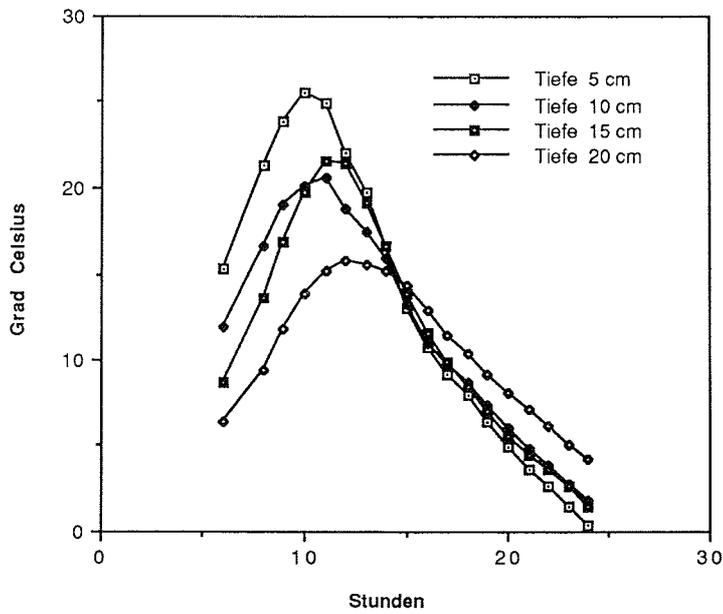


Abb. 94: Temperaturverlauf im Festgestein vom 13.2. bis zum 14.2.1992
Fig. 94: Temperature in solid rock from 13.2.1992 til 14.2.1992

Aus der Auswertung vorhandener geomorphologischer Strukturen und paläobiologischer Befunde kann auf die Wirksamkeit und die Intensität abgelaufener landschaftlicher und geomorphologischer Prozesse geschlossen werden. Voraussetzung dafür sind jedoch Zeitmarken zur Datierung der Vorgänge. Zum einen bieten sich ¹⁴C-Datierungen organogener Ablagerungen in den Schuttdecken an, die vor allem in den Arealen trockenengefallener Seen zu finden sind und zum anderen das Verfahren der Thermolumineszenz bzw. der optisch stimulierten Lumineszenz .

In Zusammenarbeit mit der Bergakademie Freiberg bzw. der Sächsischen Akademie der Wissenschaften werden dazu Untersuchungen an Materialien aus den Schuttdecken vorgenommen. Aus Schürfen im Hangschuttbereich und des Talbodens entnehmen wir hierfür entsprechende Proben. Gewinnung und Transport der Materialien erfolgte nach den geforderten Normen, d.h., die Proben wurden ohne Lichteinwirkung entnommen, präpariert und transportiert.

Im Unterschied zur Beprobung unter mitteleuropäischen Bedingungen gestaltet sich die Probennahme wesentlich komplizierter. Der Auftauvorgang und das Wiedergefrieren erlaubt nur für einen relativ kurzen Zeitraum (5-6 Wochen) den Einbau der Dosimeter in die Entnahmestellen . Gleichfalls können bei der zur Anwendung gekommenen Entnahmetechnik nur Proben bis zu 1m Tiefe gewonnen werden, so daß Materialien aus der Basis der Schuttdecken noch nicht zur Auswertung bereit stehen.

Bei den im Saisoneinsatz 1992/93 vorgesehenen systematischen Arbeiten zur Altersdatierung mit Hilfe der Methoden der Lumineszenz an Lockersedimenten der Schirmacheroase sollten die Erfahrungen bei der Probennahme berücksichtigt und durch effektivere Verfahren abgelöst werden.

3.4 Untersuchungen zur spätquartären Entwicklungsgeschichte von Seen im zentralen Königin-Maud-Land (U. Wandt, W.-D. Hermichen, M. Melles, G. Schwarz)

Im atlantischen Sektor Antarktikas sind zwischen 50° W und 40° E größere Seen bisher nur bekannt in der Schirmacheroase und in den sich südlich anschließenden Nunatakker-Regionen Skali IGA und Skaly ANI sowie in den Gruberbergen und im Humboldtgebirge.

In der weitgehend eisfreien Schirmacheroase, die im Süden vom Inlandeis, im Norden vom Nivi (Novolazarevskaya) - Schelfeis begrenzt wird, sind zahlreiche Seen unterschiedlicher Größe vertreten. Es lassen sich Binnenseen und Epi-schelfseen unterscheiden. Die Binnenseen liegen innerhalb der Oase; sie werden ausschließlich durch Schmelzwässer und Niederschläge gespeist. Die Epi-schelfseen sind entlang des Nordrandes der Oase angeordnet. Diese Seen stehen in Verbindung zum offenen Meer, was sich in ausgeprägten, gezeitenabhängigen Schwankungen der Seespiegel ausdrückt.

In den Gruberbergen gibt es im zentralen Wohlthatmassiv, ca. 100 km südöstlich der Schirmacheroase, gibt es mit dem Untersee, einem der größten und tiefsten Seen der Ostantarktis, sowie dem kleineren Obersee zwei große Gebirgsseen. Sie werden von Moränen umsäumt, in denen zahlreiche kleinere Moränenseen angesiedelt sind.

Während der Expedition ANT-X wurden im Rahmen der Feldkampagne im zentralen Königin-Maud-Land umfassende Probennahmen und Messungen an den Seen und in deren Umfeld vorgenommen. Dazu zählen (1) die erstmalige Beprobung von Seesedimenten, (2) die Beprobung von alten Seeterrassen, (3) hydrologische Messungen und Beprobungen des Seewassers, (4) die Beprobung von Eismassen im Umfeld der Seen, sowie (5) die Beprobung von organischen Ablagerungen an Sturmvogelbrutplätzen (u.a. Mumiyo) im Umfeld der Seen in den Gruberbergen. Die Auswertung des gewonnenen Materials hat zum Ziel, die spätquartäre Geschichte der Seen zu rekonstruieren. Damit sollen wesentliche Beiträge zur Kenntnis der spätquartären Klimaentwicklung im gesamten Königin-Maud-Land geliefert werden.

3.4.1 Allgemeines

Zu den natürlichen Archiven, die unter günstigen Umständen die Entwicklungsgeschichte von Umweltfaktoren einer Region chronologisch gespeichert enthalten, gehören die Sedimentschichten am Boden von Seen. Die Seen fungieren als kontinentale Sedimentfallen. Ihre Ablagerungen repräsentieren daher eher vollständige Abfolgen als sonstige terrestrische Ablagerungen.

An den Oberflächenproben lassen sich rezente Umwelteinflüsse wie Temperatur, Eisbedeckung, Wasserzirkulation, Hydrochemie und Morphologie der Seen auf die Sedimentgenese untersuchen. Darüberhinaus können die Produktion und Überlieferung biogener Komponenten sowie der rezente glazigene Sedimenteintrag stu-

diert werden. Die Bearbeitung der Oberflächenproben stellt damit den Ausgangspunkt sowie die Grundlage für die Bearbeitung der Sedimentkerne dar.

Die Untersuchungen am Kernmaterial liefern, unter Einbeziehung der Erkenntnisse von den Oberflächenproben, Informationen über Veränderungen der Sedimentation an den jeweiligen Kernpositionen. Diese Veränderungen sind i.d.R. direkt von Veränderungen der o.g. Umweltfaktoren abhängig. Vergleiche zwischen einzelnen Kernen und zwischen verschiedenen Seen können wesentliche Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte der jeweiligen Seen und der ganzen Region liefern.

Die Sedimente sollen möglichst umfassend sedimentologisch, geochemisch, paläontologisch und sedimentphysikalisch bearbeitet werden. Ihre zeitliche Einstufung soll im wesentlichen über ¹⁴C-Datierungen am organischen Kohlenstoff erfolgen. Diese umfangreichen Untersuchungen werden vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) in enger Zusammenarbeit mit anderen Instituten durchgeführt werden. Zu den Kooperationspartnern zählen das Institut für Ostseeforschung (IfO) in Warnemünde, das 'Arctic and Antarctic Research Institute' (AARI) in St. Petersburg, die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover, das Geoforschungs-Zentrum (GFZ) in Potsdam und das Institut für Geographie der Universität Potsdam.

Probennahme - Technik

Die Positionen der Probennahme-Stationen wurden über Entfernungen (Bandmaß, Schrittmaß, Ski-Doo-Kilometeranzeige) und Winkelmessungen (Magnetkompass, Abw. korrigiert) zu markanten Geländepunkten bestimmt. Die Wassertiefen wurden mit einem Lot ermittelt.

Die Probennahme erfolgte i.d.R. durch Eislöcher in der geschlossenen, bis zu 4 m mächtigen Seeisdecke. Für das Öffnen der Eisdecke wurden zwei Geräte eingesetzt:

- Ein Ringbohrer mit Kurbel-Handantrieb (Eigenbau ehem. Zentralinst. f. Isotopenforsch., Zfl, Leipzig), bei dem das Gestänge wahlweise um 80 cm bis zu einer Maximallänge von 5 m verlängert werden kann. Der Durchmesser des gebohrten Loches beträgt 20 cm. Der Bohrfortschritt variierte in Abhängigkeit von der Eisbeschaffenheit zwischen 20 cm/h und 300 cm/h.
- Eine Schmelzapparatur mit rechteckigem Schmelzrahmen (Außenmaße 60 x 85 cm, Kupferrohr 20x1). Der Rahmen ist über 6 m lange Schläuche mit einem geregelten Gas-Umlauf-Erhitzer (Typ Hydrotherm, Fa. Stiehl-Eltron, 21 kW) verbunden. Als Heizflüssigkeit dient ein 40 %iges Glycol-Wasser-Gemisch mit einer Vorlauftemperatur von 85 - 95 °C. Zur Regelung der Gasheizung sowie zum Betreiben der Umwälzpumpe und einer Schmelzwasserförderpumpe wurde ein KNURZ-Generator genutzt. Der Schmelzrahmen wurde mit Hilfe eines Führungsrahmens aus Stahlrohr dirigiert. Der Schmelzfortschritt betrug zu Beginn ca. 80 cm/h und nahm mit wachsender Eindringtiefe auf ca. 50 cm/h ab. Für das Schmelzen von 3 m dickem Eis waren ca. 5 kg Flüssiggas (Propan) erforderlich.

Die Sedimentproben wurden mit Kerngeräten entnommen, die z.T. direkt von Hand, meist jedoch über einen 4 m hohen Dreibock mit einer Handwinde eingesetzt wurden. Es standen sieben unterschiedliche Kerngeräte zur Verfügung, mit denen jeweils spezifische Sedimentniveaus und Sedimenttypen beprobt werden konnten:

- Ein Van-Veen-Backengreifer (BG) des Inst. f. Ostseeforsch. (IfO), Warnemünde, diente der Entnahme von großvolumigen, ungestörten Oberflächenproben (ca. 20 x 40 cm). Der Backengreifer wird durch Zugentlastung beim Absetzen auf der Sedimentoberfläche ausgelöst. Beim Hieven schließen sich die beiden Halbschalen des BG und nehmen dabei das oberflächennahe Sediment auf. Der BG arbeitete in grobkörnigen Sedimenten zuverlässig. In feinkörnigen, wasserreichen Sedimenten löste er meist erst nach Eindringung in das Sediment aus und lieferte dann keine Oberflächenprobe.
- Das Niemestö-Fallrohr (NF) des Inst. f. Ostseeforsch. (IfO), Warnemünde, beprobt die obersten Sedimentschichten bis maximal 60 cm. Es dringt durch sein Eigengewicht mit bis zu 6 Zusatzgewichten in das Sediment ein. Beim Hieven verschließt eine Klappe die Oberseite des Kernrohres und verhindert durch Unterdruck das Herausgleiten des Sedimentes. Anschließend schützt eine Platte, die über einen Lenkarm vor die untere Kernrohröffnung geführt wird, gegen Kernverluste durch Herausgleiten oder Ausspülen. Das NF wurde mit Plastik- und Stahlrohren (5 cm Durchm.) eingesetzt. Die gewonnenen Sedimente wurden i.d.R. mit einer speziellen Ausdrückvorrichtung segmentiert. Das NF arbeitete in feinkörnigen Sedimenten mit sehr hoher Zuverlässigkeit, grobkörnige oder stark kompaktierte Sedimente nahm es jedoch nur selten auf.
- Mit einem russischen Torfbohrer (TB) des Geol. Inst. d. Estn. Akad. d. Wissensch., Tallin, ließen sich in geringen Wassertiefen grobkörnige und stark kompaktierte Sedimente gut beproben. Der TB wird über ein bis zu 8 m langes Gestänge von Hand in das Sediment gedrückt. Durch Drehen des Bohrers über das Gestänge nimmt ein 48 cm langes, ca. 12 cm breites Halbrohr die Sedimente im entsprechenden Niveau auf, dabei wird eine Klappe vor das Halbrohr geführt, die das Halbrohr auch beim Eindringen in das Sediment verschließt. Durch dieses Prinzip können mit dem TB gezielt spezielle Sedimentniveaus beprobt werden. Da die Klappe das Halbrohr nicht immer vollständig abdichtete, wurden teilweise feinkörnige Sedimente auf dem Weg durch die Wassersäule ausgespült.
- Ein Kolbenstechrohr (KS) des ehem. Zentralinst. f. Isotopenforsch. (Zfi), Leipzig, mit 4 m Gestänge brachte in geringen Wassertiefen sehr gute Kerngewinne bei allen Sedimenttypen. Es wurde mit 2 m langen Kernrohren aus Plastik (8 cm Durchm.) bzw. Aluminium (6 cm Durchm.) eingesetzt. Wie der Torfbohrer (TB) wird es über das Gestänge per Hand in das Sediment gedrückt. Ein Kolben wird dabei auf dem Niveau der Sedimentoberfläche fixiert. Das KS wird am Kolben gehievt. Dadurch wird im Kernrohr ein Unterdruck aufgebaut, wodurch die Sedimente besser gehalten werden. Zusätzlich verschließt eine Kernfängerklappe die Unterseite des Kernrohres und verhindert Kernverluste durch Herausgleiten oder Ausspülen der Sedimente. Die gewonnenen Sedimentsequenzen ließen sich direkt nach der Probennahme meist gut aus dem Kernrohr in eine Rinne

umfüllen, wo sie i.d.R. segmentiert wurden. Die horizontale Lage sowie das Abgießen des überstehenden Wassers führten jedoch teilweise zu Störungen und Kernverlusten bei den oberflächennahen Sedimenten.

- Ein Rammlot (RL) wurde für Wassertiefen über 4 m aus dem Kolbenstechrohr (KS) konstruiert. Dazu wurde das Kernrohr am Kopf mit einer langen Stange versehen, über die ein schweres Stahlrohr an einem zusätzlichen Drahtseil geführt wird. Das Stahlrohr läßt sich damit von der Eisdecke als Ramme einsetzen, die zum einen den Vortrieb des Kernrohres in das Sediment bewirkt, zum anderen durch die Führung einen vertikalen Kernvorgang gewährleistet. Das RL wurde meist erfolgreich ohne Kolben eingesetzt. Bei geringen Eindringtiefen des Kernrohres hat sich der Einsatz eines Ventils (fest fixierter, leicht geöffneter Kolben) bewährt, das den Wasserdruck auf das Sediment beim Hieven reduziert. Die mit dem RL gewonnenen Sedimente wurden entsprechend dem KS geborgen.
- Das GOINa-Schwerelot (SL) des 'Arctic and Antarctic Research Institute' (AARI), St. Petersburg, wird einige Meter über dem Seeboden in der Wassersäule ausgelöst und fällt im freien Fall durch sein Eigengewicht in das Sediment. Beim Hieven wird das Sediment durch ein Ventil und als Folge des geringen Kerndurchmessers (3 cm, Länge ca. 1,5 m) meist ausreichend gehalten. Um eine höhere Sicherheit zu gewährleisten und um ein Ausspülen zu verhindern wurde das SL später mit einer Kernfängerklappe versehen. Die gewonnenen Sedimentkerne sind durch einen herausnehmbaren Liner, der aus zwei aufklappbaren Halbrohren besteht, leicht zugänglich. Das SL erbrachte besonders in sandigen, flockigen Algen gute Kerngewinne ohne Verluste bei den oberflächennahen Sedimenten. Fast reine, laminierte Algenmatten werden jedoch offensichtlich von Kernrohr verdrängt, in grobkörnige oder stark kompaktierte Sedimente dringt das SL nur gering ein.
- Beim Vibrations-Kern-Gerät (VKG) des Inst. f. Ostseeforsch. (IfO), Warnemünde, wird ein Kernrohr (10 cm Durchm., 3,5 m Länge), das eine Schlauchfolie umschließt, durch einen Vibrator (380 V, 3,5 kW, 80 kg) in das Sediment getrieben. Beim Hieven wird das Sediment durch ein Ventil und einen Kernfänger gehalten. Der Sedimentkern befindet sich in der Schlauchfolie und läßt sich in dieser als vollständige Einheit ohne Segmentierung bergen und verpacken. Das VKG ermöglichte die Beprobung von Sedimenten, die durch ihre feste Konsistenz oder grobe Korngrößenverteilung mit den anderen Geräten nicht gewonnen werden konnten. Wiederholt aufgetretene große Differenzen zwischen den Eindringtiefen und Kerngewinnen deuten jedoch darauf hin, daß die Sedimente am Seeboden häufig nur unvollständig vom Kernrohr aufgenommen wurden.

Neben der Kernentnahme mit den beschriebenen Geräten wurde in einem am Ende des Sommers ausgetrockneten See (Krasnoye) eine Grabung durchgeführt. Sie wurde vom Grundwasserspiegel (24 cm) zum Liegenden durch die Entnahme eines Handstechrohres (NF-Kernrohr) ergänzt.

Mit Ausnahme der meisten VKG-Kerne wurden alle Sedimentkerne unmittelbar nach der Probennahme beschrieben, z.T. auch fotografiert. Es wurden systematisch die Farbe (nach der MUNSSELL SOIL COLOR CHART 1954), die Konsistenz,

die Strukturen, die Zusammensetzung und die Korngrößenverteilung des Sedimentes sowie die Grenzen bzw. Übergänge zwischen Sedimenteinheiten erfaßt.

Anschließend wurden die Sedimentkerne segmentiert (i.d.R. in 2 cm mächtige Scheiben) und im nassen Zustand in Plastikdosen oder Plastikbeutel möglichst luftdicht verpackt. Ausnahmen davon stellen die meisten VKG-Kerne (vollständig in Schlauchfolie), zwei KS-Kerne vom See Zub (vollständig gefroren), zwei NF-Kerne vom Untersee und See Karovoye (vollständig im Kernrohr) und zwei SL-Kerne vom Untersee (vollständig in Klarsichtfolie bzw. getrocknet) dar.

Bei den BG-, NF- und SL-Proben konnten die Sedimenttiefen durch die im Kern enthaltene Oberfläche sehr genau angegeben werden. Gleiches gilt für die TB-Proben, da sich die Eindringtiefe exakt am Gestänge bestimmen ließ und keine Sedimentverluste an der Kernbasis möglich sind. Demgegenüber konnten die Sedimenttiefen bei den KS-, RL- und besonders VKG-Proben nur vorläufig und möglicherweise fehlerhaft bestimmt werden. Bei diesen Probennahmegeräten enthielten die Kerne häufig keine intakte Oberfläche. Außerdem könnten zu Beginn des Hievens Sedimentverluste an der Kernbasis aufgetreten sein, wenn der Kernfänger sich nur langsam oder verzögert geschlossen hat. Die KS- und RL-Kerne könnten zudem beim Gleiten in die Rinne leicht komprimiert bzw. gedehnt worden sein. Besonders kritisch ist die Tiefenzuordnung der VKG-Kerne, da sie im Gelände meist nicht geöffnet wurden und der Kerngewinn häufig deutlich von der Eindringtiefe differierte. Die vorläufigen Probtiefen (Tab. 22) basieren auf Parallelisierungen mit anderen Kernen, auf Abschätzungen des Sedimentverlustes an der Oberfläche und auf Vergleichen mit den Eindringtiefen, die am verschmierten Kernrohr oder über die Seillängen näherungsweise ermittelt wurden. Die exakten Sedimenttiefen der KS-, RL- und VKG-Kerne sollen später über die Parallelisierung mit anderen Kernen von der entsprechenden Station mit Hilfe der Beschreibung und der Analyseergebnisse ermittelt werden. Mit dem Einsatz mehrerer Kerngeräte je Station dürfte häufig die vollständige Sedimentsequenz beprobt worden sein.

Tab. 22 Sedimentproben aus Seen des zentralen Königin-Maud-Landes - List of sediment samples - (Abk. s. Tabellenende)

Kern-Nr. Station-Einsatz	See	Position	Wassertiefe [m]	Gerät	Gewinn [cm]	vorläuf. Verbleib
1001-1	Zub	siehe Abb. 97	3,70	KS	0 - 276	AWI
-2				NF	0 - 24	AWI
1002-1	Zub	siehe Abb. 97	3,70	NF	0 - 64	AWI
-2				KS	0 - 112	AWI
1003-1	Zub	siehe Abb. 97	4,30	NF	0 - 8	AWI
-2				KS	0 - 140	AWI
1004-1	Zub	siehe Abb. 97	3,53	NF	0 - 60	AWI
-2				KS	0 - 146	AWI
-3				KS	150 - 152	AWI
-4				KS	52 - 205	AWI
1005-1	Zub	siehe Abb. 97	2,42	KS	0 - 23	AWI
1006-1	Zub	siehe Abb. 97	4,45	NF	0 - 57	AWI
-2				KS	22 - 167	AWI
1007-1	Zub	siehe Abb. 97	3,28	NF	0 - 40	AWI
-2				KS	58 - 60	AWI
1008-1	Zub	siehe Abb. 97	3,41	NF	0 - 4	AWI
-2				KS	0 - 50	AWI
-3				KS	0 - 40	AARI
1009-1	Zub	siehe Abb. 97	4,00	NF	0 - 10	AWI
1023-1	Zub	siehe Abb. 97	3,30	NF	0 - 32	AWI
-2				KS	0 - 54	AWI
1024-1	See "O"	siehe Abb. 97	2,25	NF	0 - 40	AWI
1025-1	See "O"	siehe Abb. 97	2,85	NF	---	---
1026-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	5,20	SL	10 - 15	AWI
-2				TB	0 - 40	AWI
1027-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	4,12	NF	0 - 13	AWI
-2				TB	10 - 34	AWI
-3				KS	8 - 38	AWI
1028-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	4,75	NF	0 - 63	AWI
-2				KS	0 - 96	AWI/AARI
1029-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	3,65	NF	0 - 10	AWI
-2				KS	0 - 36	AWI
1030-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	3,50	TB	11 - 45	AWI
-2				KS	11 - 53	AWI
-3				TB	0 - 27	AARI
1032-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	2,90	TB	0 - 2	AWI
1033-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	4,60	TB	0 - 28	AWI
-2				TB	0 - 12	AWI
1034-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	0,40	NF	0 - 8	AWI
1035-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	1,15	TB	0 - 16	AWI
1036-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	2,25	TB	0 - 20	AWI
-2				TB	12 - 36	AWI
1037-1	Dlinnoye	siehe Abb. 96	5,30	NF	0 - 54	AWI
-2				VKG	76 - 141	AWI
-3				VKG	84 - 154	AWI
-4				KS	0 - 100	AWI
1038-1	Podprudnoye	130 m Richtung 262° von Spitze Landzunge am N-Ufer	9,50	SL	0 - 2	AWI
1039-1	Sbrosovoye	75 m Richtung N vom Zufluß am SE-Ufer	19,00	NF	0 - 13	AWI
1044-1	Diatomovoye	103 m Richtung 66° vom Abfluß am W-Ufer	5,60	NF	0 - 29	AWI
-2				SL	0 - 56	AWI

Fortsetzung Tab. 22

Kern-Nr. Station-Einsatz	See	Position	Wassertiefe [m]	Gerät	Gewinn [cm]	vorläuf. Verbleib
1045-1	Diatomovoye	203 m Richtung 66° vom	6,40	NF	0 - 29	AWI
-2		Abfluß am W-Ufer		SL	0 - 87	AWI
-3				TB	76 - 124	AWI
-4				TB	92 - 140	AWI
1046-1	Podprudnoye	203 m vom Eisrand am W-Ufer,	15,00	NF	0 - 16	AWI
		95 m zum S-, 85 m zum NW-Ufer				
1047-1	Pomornika	100 m vom Zufluß am SW-Ufer,	11,60	NF	0 - 34	AWI
-2		in Richtung Abfluß am NE-Ufer		NF	0 - 48	AWI
1048-1	Verkhneye	100 m Richtung E von der	7,20	NF	0 - 2	AWI
		Spitze der Bucht am W-Ufer				
1049-1	Pomornika	65 m Richtung SW vom Abfluß	5,20	NF	0 - 8	AWI
-2		am NE-Ufer		TB	0 - 42	AWI
1050-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	34,50	NF	0 - 38	AWI
-2				VKG	205 - 225	AWI
-3				VKG	245 - 310	AWI
-4				VKG	276 - 336	AWI
-5				RL	10 - 100	AWI
1051-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	19,80	NF	0 - 28	AWI
-2				VKG	158 - 230	AWI
-3				BG	0 - 2	AWI
-4				RL	78 - 112	AWI
1052-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	28,50	NF	0 - 32	AWI/AARI
-2				RL	10 - 58	AWI
-3				VKG	291 - 368	AWI
1053-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	14,25	NF	0 - 7	AWI
-2				RL	4 - 32	AWI
-3				BG	4 - 8	AWI
1054-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	18,05	NF	0 - 20	AWI
1055-1	Glubokoye	siehe Abb. 98	9,70	NF	0 - 14	AWI
1056-1	Burevestnik	37 m Richtung SW von	9,90	NF	0 - 4	AWI
		großem Stein am NE-Ufer				
1057-1	Moränenseen	Oberflächenproben aus dem	< 0,50	---	je 0 - 2	AWI
bis						
1075-1	Untersee	Randbereich von Moränen-	31,10	NF	0 - 14	AWI
1076-1						
-2		siehe Abb. 99		NF	0 - 24	AWI
-3				RL	0 - 30	AWI
-4				VKG	50 - 52	AWI
1077-1	Untersee	siehe Abb. 99	93,50	NF	0 - 65	AWI
-2				NF	0 - 48	AWI
-3				RL	0 - 110	AWI/AARI
-4				SL	0 - 68	AWI
-5				SL	0 - 68	AWI
-6				RL	70 - 130	AWI
1078-1	Untersee	siehe Abb. 99	117,30	NF	0 - 21	AWI
-2				NF	0 - 24	AWI
-3				RL	0 - 168	AWI
1079-1	Untersee	siehe Abb. 99	85,50	NF	0 - 19	AWI
-2				NF	0 - 8	AWI
-3				RL	10 - 56	AWI
-4				RL	0 - 94	AWI
1080-1	Untersee	siehe Abb. 99	122,00	NF	0 - 26	AWI
-2				NF	0 - 8	AWI

Fortsetzung Tab. 22:

Kern-Nr. Station-Einsatz	See	Position	Wassertiefe [m]	Gerät	Gewinn [cm]	vorläuf. Verbleib
-3				RL	25 - 70	AWI
-4				RL	0 - 38	AWI
1081-1	Untersee	siehe Abb. 99	63,05	NF	0 - 11	AWI
-2				NF	0 - 12	AWI
-3				NF	0 - 0,1	AWI
-4				RL	20 - 40	AWI
-5				RL	6 - 32	AWI
-6				VKG	4 - 66	AWI
1082-1	Untersee	siehe Abb. 99	71,20	NF	0 - 53	AWI
-2				NF	0 - 44	AWI
-3				RL	0 - 98	AWI
-4				NF	0 - 24	IfO
-5				VKG	215 - 305	AWI
-6				RL	70 - 163	AWI
1083-1	Untersee	siehe Abb. 99	46,50	NF	0 - 27	AWI
-2				NF	0 - 24	AWI
-3				RL	0 - 108	AWI
-4				VKG	204 - 407	AWI
1084-1	Untersee	siehe Abb. 99	65,60	NF	0 - 13	AWI
-2				NF	0 - 6	AWI
-3				RL	10 - 70	AWI
-4				VKG	300 - 320	AWI
1098-1	Obersee	siehe Abb. 100	26,50	BG	0 - 5	AWI
1099-1	Obersee	siehe Abb. 100	17,50	BG	0 - 6	AWI
-2				RL	0 - 28	AWI
-3				RL	0 - 39	AWI/AARI
1100-1	Obersee	siehe Abb. 100	77,00	NF	0 - 10	AWI
-2				BG	0 - 1	AWI
1101-1	Krasnoye	im salzverkrusteten Becken- tiefsten des ausgetrockn. Sees	0,00	---	0 - 60	AWI
1102-1	Karovoye	im Zentrum der Krugloye- Bucht am SE-Rand des Sees, ca. 130 m vom Ufer	34,10	NF	0 - 51	AWI
-2				NF	0 - 38	IfO
1103-1	Karovoye	150 m Richtung NE von der Schwelle, die die Krugloye- Bucht vom restlichen See trennt	49,00	NF	0 - 5	AWI
-2				RL	15 - 20	AWI
Summe Σ					56,70 m	

- BG = Backengreifer
 NF = 'Niemeistö'-Fallrohr
 TB = Torfbohrer
 KS = Kolbenstechrohr
 RL = Rammklot
 SL = Schwerelot
 VKG = Vibrations-Kern-Gerät
 AARI = 'Arctic and Antarctic Research Institute', St. Petersburg
 IfO = Institut für Ostseeforschung, Warnemünde

3.4.2 Sedimente in Seen der Schirmacheroase

Aus elf Seen der zentralen und östlichen Schirmacheroase (Abb. 95) wurden Sedimentkerne entnommen (Tab. 22). Drei Seen (Dlinnoye, Zub, Glubokoye), an die die Expeditionsgüter mit Fahrzeugen transportiert werden konnten, wurden mit einem recht dichten Stationsnetz und mit zahlreichen Geräteeinsätzen je Station beprobt. Bei den anderen Seen (Sbrosovoye, Diatomovoye, Podprudnoye, See "O", Pomornika, Verkhneye, Krasnoye, Karovoye) wurden die Geräte zu Fuß transportiert. Dies hatte zur Folge, daß bei diesen Seen schwere Geräte wie der Dreibock, die Schmelzapparatur oder das Vibrations-Kern-Gerät nicht eingesetzt werden konnten.

Der See Diatomovoye liegt im zentralen Teil der Schirmacheroase (Abb. 95). Er wird primär durch Schneewehen in seiner Umrandung gespeist. Der See entwässert nach SW zum See Sbrosovoye (s.u.). An den beiden beprobten Stationen im Zentrum bzw. westlichen Teil des Sees wurden flockige Algen mit geringem Terrigengehalt über terrigene, algenführende Sande gewonnen.

Der See Sbrosovoye ist der westlichste beprobte See in der Oase (Abb. 95). Der Seespiegel liegt mit 1 m über NN fast auf Meeresebene. Im Süden grenzt das Inlandeis mit einem steilen Abbruch direkt an den See, nach Norden wird er durch eine schmale und flache Schwelle vom Schelfeis getrennt, in die sich der Abfluß eingeschnitten hat. Der Sbrosovoye wird insbesondere durch Schmelzwassereintrag vom Inlandeis und durch den Zufluß vom östlich gelegenen See Diatomovoye gespeist. An einer Station im Seetiefsten, nahe des Zuflusses, wurden algenführende, gut sortierte Sande beprobt.

Auch der See Podprudnoye ist, wie der See Sbrosovoye, am Südrand der Oase angesiedelt. Er wird primär durch einen Schmelzwassereintrag vom Inlandeis gespeist, welches ihn nach Süden mit einem steilen Abbruch begrenzt. Zwei Stationen, nahe des Eisabbruches und im NW des Sees, erbrachten, vergleichbar mit dem See Sbrosovoye, algenführende, gut sortierte Sande.

Der See Dlinnoye (Abb. 96) liegt in größerer Entfernung vom Inlandeis (Abb. 95). Er erhält im SW einen Schmelzwasserzufluß, im wesentlichen von Schneewehen. Im NE entwässert er in Richtung Schelfeis. Der langgestreckte See gliedert sich morphologisch in drei Becken mit nach SW zunehmender Tiefe. Der See Dlinnoye wurde auf 12 Stationen beprobt. An den flachen Stationen (< 3 m Wassertiefe) wurden Sande, Kiese und Steine gewonnen, die von einer dünnen Algenmatte überlagert werden. An einer dieser Stationen wurde vermutlich an der Basis eine Grundmoräne erreicht. Die Stationen aus größeren Wassertiefen erbrachten Abfolgen von Grundmoräne - gut sortierten Sanden mit oder ohne Algen - Algenmatten mit geringem Terrigengehalt. Eine Ausnahme davon stellt die Station 1026 nahe des Zuflusses dar, an der durchgehend grobkörnige terrigene Sedimente beprobt wurden.

Auch der See Zub (Abb. 97) liegt in größerer Entfernung vom Inlandeis (Abb. 95). Er unterscheidet sich vom See Dlinnoye besonders durch ein deutlich flacheres Relief und durch das heutige Fehlen eines Abflusses. Ein schwacher Zufluß erfolgt von S und W. Der See gliedert sich morphologisch in zwei Teilbecken, welche

durch eine Schwelle getrennt sind, die etwa in der Verbindungslinie zweier anstehender Granulit-Rücken verläuft. Als tiefste Sedimenteinheit wurde ein stark kompaktierter Diamiktit beprobt, der vermutlich eine Grundmoräne darstellt. Der Diamiktit wird von gut sortierten Sanden überlagert, die zum Hangenden in laminierte Algenmatten übergehen. Die Mächtigkeit dieser Algenmatten steigt mit zunehmender Entfernung von den Zuflüssen und erreicht im Beckentiefsten z.T. mehr als 2 m.

Der See "O" liegt ca. 100 m NW' des Sees Zub (Abb. 95 und 97). Er ist ein kleiner, flacher Durchflußsee. Ein heute nicht aktives Abflußtal dokumentiert, daß der See "O" in der Vergangenheit einen Zufluß vom See Zub erfahren hat. An einer Station im Seetiefsten wurden schlecht sortierte Sande gewonnen, die von gering mächtigen Algen überlagert werden. Eine zweite Station erbrachte keinen Kerngewinn, da dort nahe der Sedimentoberfläche vermutlich große Steine auftreten.

Der See Verkhneye liegt im Ostteil der Oase nahe dem Inlandeis (Abb. 95). Er wird primär durch Schneewehen in seiner unmittelbaren Umrandung gespeist. Ein Abfluß erfolgt im N zum See Pomornika (s.u.). An einer Station nahe dem Seetiefsten wurden nur 2 cm Algen gewonnen, die vermutlich Sande überlagern.

Der See Pomornika liegt ebenfalls nahe dem Inlandeis (Abb. 95). Er erfährt Zuflüsse im E vom See Verkhneye und im SW vom See Smirnova, der unmittelbar am Abbruch des Inlandeises angrenzt. Seinen Abfluß hat der Pomornika im NE zum See Glubokoye (s.u.). An einer Station im Seetiefsten wurden ausschließlich laminierte Algen mit geringem Terrigengehalt gewonnen. Eine zweite Station nahe dem Ausfluß erbrachte geringmächtige Algen, die zum Liegenden über gut sortierte Sande in kiesige Sande übergehen.

Der See Glubokoye (Abb. 98) ist der größte See von dem im Ostteil der Oase über Bäche verbundenen Seesystem (Abb. 95). Er erhält seinen Zufluß vom See Pomornika, der wiederum von zwei weiteren Seen gespeist wird (s.o.). Während bis Ende der 70er Jahre der See Glubokoye nach Norden entwässerte, erfolgt seither der Abfluß nach E über einen kleineren See zum Schelfeis. Der See Glubokoye ist durch eine einfache Morphologie mit sehr gleichmäßiger Tiefenzunahme zum Seezentrum gekennzeichnet. Mit > 30 m ist er deutlich tiefer als die größeren Seen Dlinnoye (Abb. 96) und Zub (Abb. 97). Im See Glubokoye wurden 6 Stationen beprobt. Dabei wurde auf 5 Stationen ein stark kompaktierter Diamiktit erreicht, der vermutlich eine Grundmoräne darstellt. Auf den Diamiktit folgen mit deutlicher Grenze unregelmäßige Wechsellagerungen aus Sanden, kiesigen Sanden und algenführenden Sanden. Diese Sedimente gehen zum Hangenden in gering mächtige, laminierte Algen über. An 3 Stationen treten in den Algen-Laminae Einschaltungen von Wassermoosen auf. Der See Glubokoye zeigt eine deutliche Tendenz zu steigenden Sedimentationsraten mit zunehmender Wassertiefe. Die Sedimentmächtigkeiten überschreiten im Seetiefsten vermutlich 3 m.

Der See Krasnoye, ein kleiner See nahe dem Nordabbruch der Oase zum Schelfeis (Abb. 95), war am Ende des Südsommers 1991/92 vollständig ausgetrocknet. Eine Grabung im Beckentiefsten erbrachte im unteren Bereich Wechsellagerungen von gut sortierten Feinsanden, siltigen Sanden und kiesigen Sanden.

Die Sequenz geht zum Hangenden in algenführende Sande über, und wird von einer gering mächtigen, mit Algen durchsetzten Salzkruste abgeschlossen.

Der See Karovoye, der einzige beprobte Epischelfsee, liegt im Ostteil der Oase am Nordabbruch zum Schelfeis (Abb. 95). Die Längsachse des Sees verläuft parallel zum Oasenrand. Eine Ausnahme ist die Krugloye-Bucht, die kesselförmig in die Oase hineinreicht. Auf einer Station im Zentrum dieser Bucht wurden als tiefste Sedimenteinheit Grobsande beprobt. Sie werden mit deutlicher Grenze von Feinsanden überlagert, die in eine Wechsellagerung von Algenmatten und Wassermoosen übergehen. Die oberflächennahen Sedimente stellen fast reine, laminierte Algenmatten dar. Eine zweite Station nahe des Abbruches vom Schelfeis, das mit hohem Detritusgehalt von N auf den See zuströmt, erbrachte nur einen geringen Sedimentgewinn von kiesigen Sanden.

Die 11 beprobten Seen verteilen sich recht flächendeckend über die Schirmacheroase. Sie sind jeweils durch individuelle glaziale, hydrographische und morphologische Merkmale gekennzeichnet. Die geowissenschaftlichen Untersuchungen der Oberflächensedimente aus diesen Seen dürften daher wesentliche Informationen zu den verschiedenen Umwelteinflüssen auf die Sedimentgenese liefern. Diese aktuo-geologischen Untersuchungen lassen sich durch äolische, fluviatile und intraglaziale Sedimentproben erweitern, die im Umfeld der Seen Zub, Sbrosovoye bzw. Karovoye entnommen wurden.

Während in den kleineren bzw. schwer zugänglichen Seen häufig nur geringe Kerngewinne erzielt wurden, erbrachte die umfangreiche Beprobung der großen Seen Dlinnoye, Zub und Glubokoye offensichtlich wiederholt vollständige Sedimentsequenzen von der Grundmoräne bis zu den Oberflächen. Die Bearbeitung besonders dieser Sedimentkerne verspricht daher eine sehr gute Rekonstruktion der Entwicklungsgeschichte der Seen von der vollständigen Eisbedeckung durch das Inlandeis, über den Eisrückzug bis zu den heutigen Verhältnissen. Sedimentmächtigkeiten bis ca. 3 m lassen dabei eine hohe zeitliche Auflösung erwarten und Sedimentalter, die recht weit im Holozän zurückreichen.

3.4.3 Sedimente in Seen der Gruberberge

Neben der Probennahme von Seesedimenten in der Schirmacheroase wurde mit einem Schlittenzug eine fünfwöchige Beprobungskampagne von Seen in den Gruberbergen durchgeführt. Dort treten mit dem Obersee (ca. 2 x 2 km), sowie dem Untersee (ca. 4 x 6 km) zwei große Gebirgsseen auf. Die Seen werden von Moränen umsäumt, in denen beim Untersee zahlreiche kleine Moränenseen angesiedelt sind.

Der Obersee (Abb. 99) liegt 756 m über NN. Er wird im N und S durch Gletscher, im E und W durch Moränen begrenzt. Die Wassertiefen steigen von ca. 10 m am südlichen Gletscher nach NE an und erreichen am Rand des nördlichen Gletschers ca. 80 m. Der Obersee wird durch Niederschläge und Schmelzwassereintrag vom Gletschereis und von Schneewehen gespeist. Er hat einen Abfluß am NW-Ufer, der möglicherweise den tiefer gelegenen Untersee (s.u.) erreichen kann. Drei Stationen, die in einer Linie senkrecht zu den Tiefenlinien angeordnet sind, er-

brachten jeweils recht geringe Kerngewinne. An der Station 1099 im S des Sees wurden als tiefste Sedimente kiesige Sande beprobt. Sie sind im oberen Bereich stark kompaktiert, ein Indiz dafür, daß zumindest der südliche Bereich des Obersees in der jüngeren Vergangenheit von aufliegenden Eismassen überfahren worden sein könnte. Die Sande werden von normal kompaktierten tonig-siltigen Sedimenten überlagert, die zur Oberfläche in gering mächtige Algen übergehen. Diese Abfolge wurde an allen drei Stationen gewonnen.

Der Untersee (Abb. 100), ca. 10 Kilometer im SW des Obersees, liegt mit 563 m über NN fast 200 m tiefer als der Obersee. Er ist mit 148 m nach dem Radoksee (Prinz-Charles-Berge) der zweittiefste Süßwassersee der Ostantarktis. Der Untersee wird halbtrogförmig nach E, S und W von steilen Berg- und Moränenflanken umsäumt, und nach N durch den Anuchin-Gletscher gedämmt. Am S-Ufer des Sees mündet ein Sekundärgletscher, der über Lawinen von einem höher gelegenen Gletscher gespeist wird. Der Untersee erhält Zuflüsse besonders im NW und NE von Schmelzwasser des Anuchin-Gletschers, das im NE mglw. durch Abfließwasser vom Obersee angereichert wird. An den 4 Stationen nahe des Anuchin-Gletschers wurden, ähnlich wie beim Obersee, kiesige Sande beprobt, die zum Hangenden über tonig-siltige Sedimente in gering mächtige Algen übergehen. An zwei Stationen (1080 und 1084) sind die kiesigen Sande stark kompaktiert; möglicherweise die Folge eines Vorstoßes des Anuchin-Gletschers in der jüngeren Vergangenheit. Die Stationen im südlichen Bereich des Sees erbrachten insgesamt feinkörnigere Sedimente mit höheren Algenanteilen. Es wurden unregelmäßige Wechsellagerungen von tonig-siltigen und sandig-kiesigen, z.T. gradierten Sedimenten gewonnen. Damit könnte einerseits die größere Entfernung von den wesentlichen Quellen terrigenen Materials (Zuflüsse und Anuchin-Gletscher), andererseits gravitative Transportprozesse (Rutschungen, Gleitungen und Trübeströme) in den Sedimenten dokumentiert sein. Eine Besonderheit stellt die Station 1077 dar. Sie befindet sich vermutlich in einem isolierten Nebenbecken, das sich im Gegensatz zum restlichen See durch eine deutliche Schichtung des Wasserkörpers auszeichnet (siehe WAND & SCHWARZ, dieser Bericht). Unterhalb 70-75 m Wassertiefe treten deutlich erhöhte Temperaturen und anoxische Bedingungen auf. Die obersten Sedimentdezimeter an dieser Station bestehen aus Faulschlamm, die stark nach H₂S riechen und nach der Entnahme unter Volumenzunahme entgasen.

An den Oberflächensedimenten von insgesamt 12 Stationen im Ober- und Untersee lassen sich die rezenten Sedimentationsprozesse in den Gebirgsseen studieren. Für diese Untersuchungen wurden zusätzliche Probennahmen von intraglaziellen Sedimenten des Anuchin-Gletschers und äolischen Sedimenten von Schneewehen durchgeführt. Weitere Informationen über rezente Liefergebiete versprechen Proben der Oberflächensedimente aus dem Randbereich von Moränenseen, die besonders nordwestlich des Untersees auftreten. Der größte dieser Moränenseen ist der See Burevestnik (Abb. 100). Weder beim Obersee noch beim Untersee wurde mit den Kernen eine Grundmoräne erreicht. Dies deutet zumindest beim Untersee auf eine große Sedimentmächtigkeit hin, da dort die Kerngeräte z.T. > 3 m eingedrungen waren. Generell recht hohe Kerngewinne im Untersee versprechen eine Rekonstruktion seiner Entwicklungsgeschichte mit einer hohen zeitlichen Auflösung und/oder über einen langen Zeitraum.

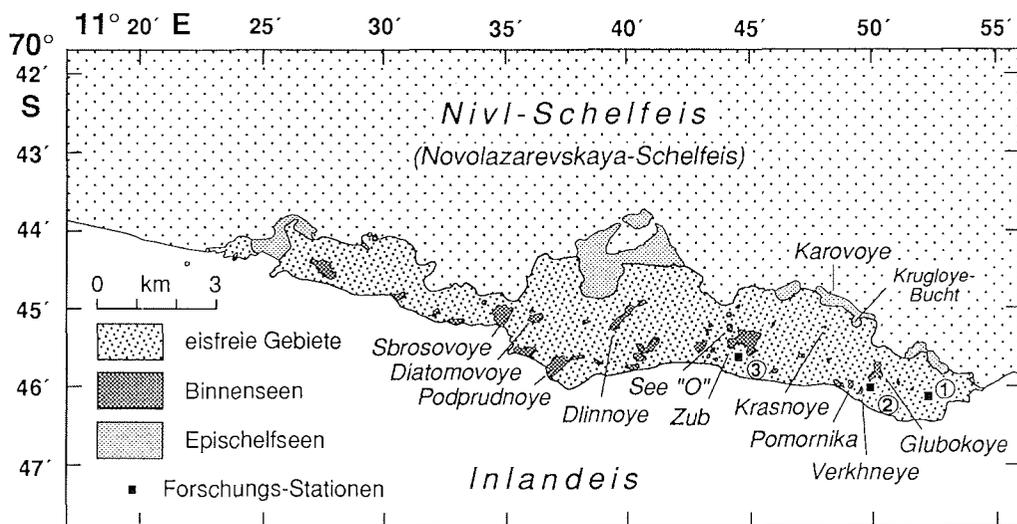


Abb. 95: Übersichtskarte der Schirmacheroase mit den Binnenseen und Epischelfseen sowie den Forschungs-Stationen (1 = Georg Forster, BRD; 2 = Novolazarevskaya, Rußland; 3 = Maitri, Indien)

Fig. 95: Schirmacher Oasis with lakes and research stations

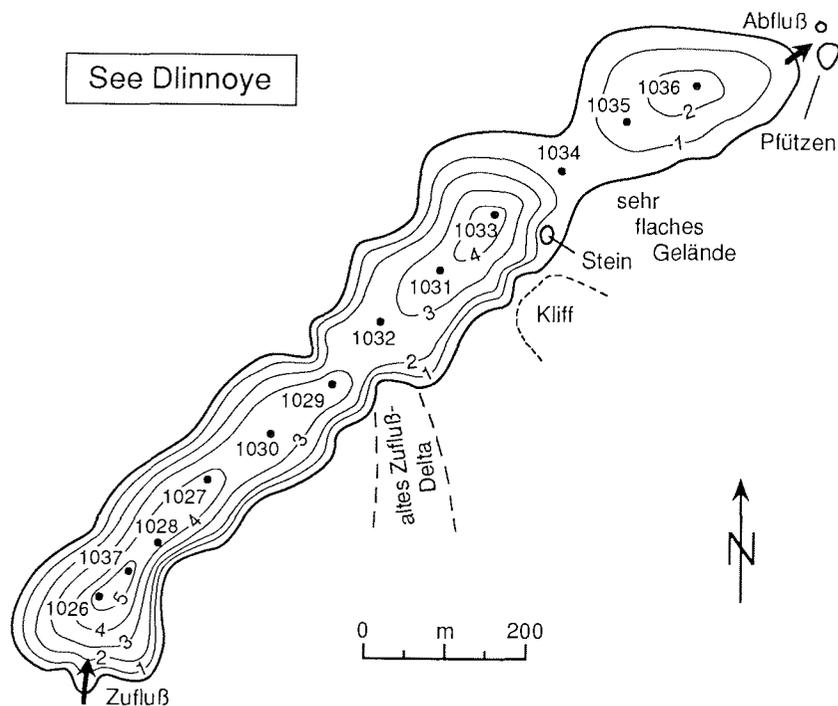


Abb. 96: Karte des Sees Dlinnoye mit den Probennahmestationen (Tiefenlinien in Meter)

Fig. 96: Map of lake Dlinnoye with sample sites (Isobaths in meters)

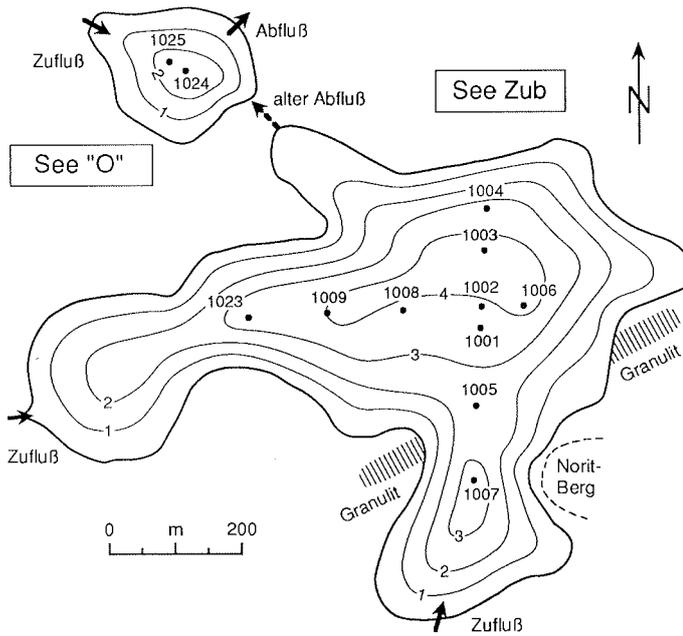


Abb. 97: Karte der Seen Zub und "O" mit den Probennahmestationen (Tiefenlinien in Meter)

Fig. 97: Map of lakes Zub and "O" with sampling sites (Isobaths in meters)

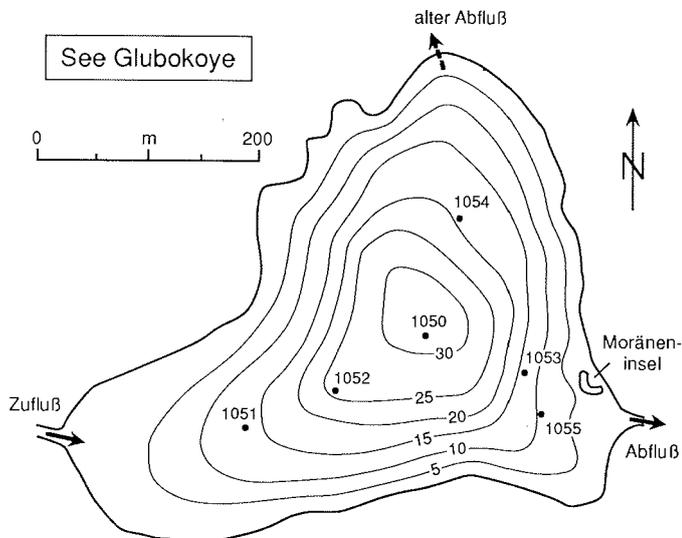


Abb. 98: Karte des Sees Glubokoye mit den Probennahmestationen (Bathymetrie modifiziert nach LOOPMANN et al. 1986; Tiefenlinien in Meter)

Fig. 98: Map of lake Glubokoye with sampling sites

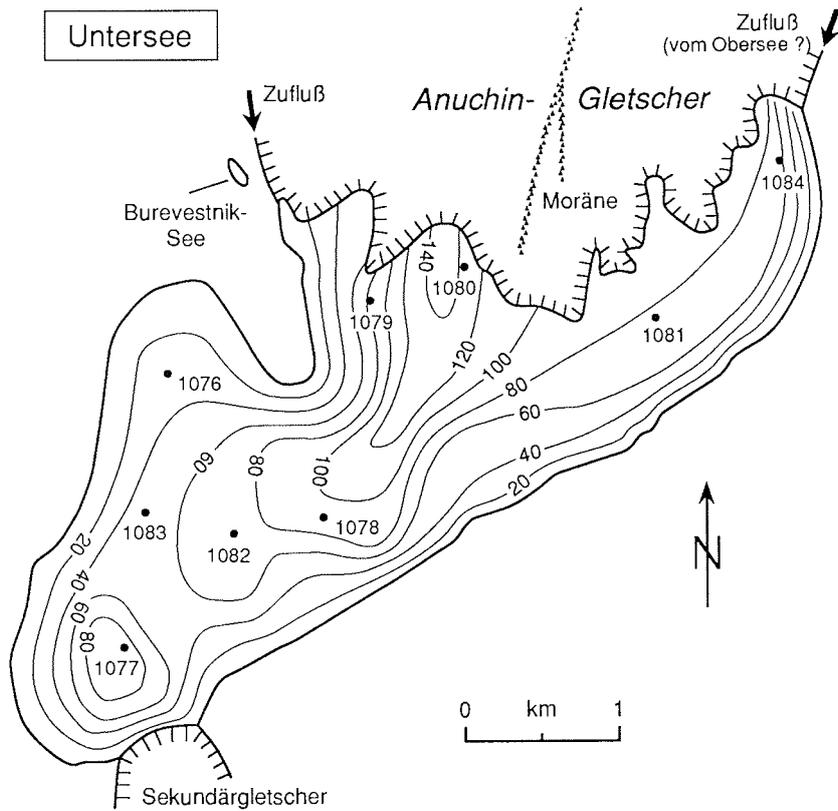


Abb. 99: Karte des Untersees mit den Probennahmestationen (Bathymetrie modifiziert nach LOOPMANN et al. 1986; Tiefenlinien in Meter)

Fig. 99: Map of Untersee with sampling sites (Bathymetry modified after LOOPMANN et al. 1986)

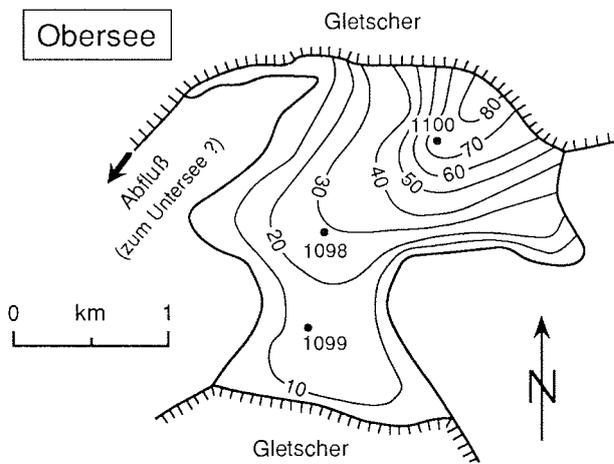


Abb. 100: Karte des Obersees mit den Probennahmestationen (Bathymetrie modifiziert nach LOOPMANN et al. 1986; Tiefenlinien in Meter)

Fig. 100: Map of Obersee with sampling sites

3.4.4 Seeterrassen und Seehochstände

Während der Geländearbeiten im Rahmen des Seesedimentprogramms wurden bei mehreren Seen der Schirmacheroase und der Gruberberge Seeterrassen und alte Uferlinien gefunden, d.h. morphologische Anzeichen früherer Seespiegelhochstände. Solche Hochstände sind von paläoklimatischer Relevanz, indem sie klimatisch günstigere Zeitabschnitte widerspiegeln können, in denen es zu verstärkter Schmelzwasserbildung kam, oder indem sie (bei bestimmten eisgedämmten Seen) auch ehemalige höhere Gletschereisstände repräsentieren können.

In der Schirmacheroase sind Uferterrassen von mehreren Seen (z.B. Krasnoye, Dlinnoye, Soljarij) schon seit längerem bekannt, aber bisher noch kaum untersucht worden. Hier sind sie am deutlichsten am leeseitigen Uferbereich (WNW-Seite) ausgebildet. Dies ist auf die in der Oase vorherrschenden ESE-Winde zurückzuführen, die während der eisfreien Phase der Seen eine entsprechende "Brandung" erzeugen. Da diese Seen mehr oder weniger reich an Phytobenthos sind, kommt es nicht selten zu Zusammenschwemmungen von aufschwimmenden Algenmattenteilen in Form regelrechter Algenbänke am leeseitigen Ufer. Die Radiokohlenstoffdatierung einer solchen Algenbank am Soljarij, die sich heute 5 m über dem Seeniiveau befindet, ergab ein Alter von 2700 Jahren (KRÜGER 1987).

In älteren Luftbildaufnahmen des Untersees waren in dessen Randbereich ebenfalls strukturelle Elemente aufgefallen, die als (mögliche) Uferlinien gedeutet wurden (HERMICHEN et al. 1985). Bei der Feldkampagne in der Untersee/Obersee-Region wurde daher dem Nachweis von alten Uferlinien im Gelände besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Bei bestimmten Lichtverhältnissen bzw. bei leichter Überdeckung mit Schnee nach Niederschlagsereignissen waren dann auch im Gelände, insbesondere auf beiden Flanken der Moränenhalbinsel, deutlich mehrere ehemalige Uferlinien zu erkennen. Dies gab dazu Anlaß, bestärkt durch die zufällige Entdeckung geschichteter Seeablagerungen unmittelbar am Fuß dieser Halbinsel (ca. 1 bis 3 m über dem heutigen Seespiegel), ganz zielgerichtet Aufgrabungen vor allem im Bereich solcher früheren Uferlinien durchzuführen. In den meisten Fällen konnten dabei makroskopisch erkennbare Algenreste gefunden werden, und zwar bis zu einer Höhe von 65 m über dem jetzigen Seespiegel; auch in Bereichen, wo morphologisch keine Uferlinien in Erscheinung traten.

Am Obersee ist ein früherer Seespiegelhochstand im Gelände in Form einer heller gefärbten Zone, die sich bis in eine Höhe von ca. 18 m über dem heutigen Seeniiveau erstreckt, deutlich erkennbar. Morphologisch in Erscheinung tretende Uferlinien wie am Untersee konnten hier dagegen nicht beobachtet werden. Eine intensive Suche nach Relikten früherer Seespiegelhochstände über der heller gefärbten Zone erbrachte Algenfunde bis fast 50 m über dem Spiegel des Obersees.

Die Algenfunde im Uferbereich des Untersees und des Obersees waren für uns eine Überraschung, zählen doch diese beiden Seen zu den Seen mit der geringsten Primärproduktion in der Welt (KAUP et al. 1988). Allerdings bezieht sich dieser Befund nur auf das Phytoplankton. Wahrscheinlich dominiert hier die Primärproduktion des Phytobenthos. Über diese liegen leider keine Meßwerte vor.

Insgesamt wurden von fünf Seen der Schirmacheroase und von drei Seen der Gruberberge (Untersee, Obersee und "Stirnsee") Proben mit organischem Material aus dem Bereich früherer Seespiegelhochstände entnommen. Die Höhe der Probenahmestellen wurde mittels eines Präzisionsaltimeters auf ca. 2-3 m genau bestimmt. Es liegt jeweils ausreichend Material vor, um eine konventionelle Radiokohlenstoffdatierung durchführen zu können. Darüber hinaus sind am organischen Material ^{13}C -Analysen und - wenn vorhanden - an der karbonatischen Komponente ^{13}C - und ^{18}O -Analysen vorgesehen. Ob solche Isotopenanalysen im vorliegenden Fall für paläoklimatische Aussagen brauchbar sind, ist allerdings fraglich. Eine Karbonatfällung im Unter- und im Obersee ist aufgrund der hohen pH-Werte naheliegend. Belege für eine Karbonatabscheidung wurden von uns im unmittelbaren Uferbereich gefunden.

3.4.5 Hydrologie/Hydrogeochemie der Seen

Neben den Sedimenten verschiedener Seen der Schirmacheroase und der Gruberberge wurde auch der Wasserkörper der Seen untersucht und beprobt. Die Dicke der See-Eisdecke und die Wassertiefe fielen an den Sediment-Probenahmestationen gleichsam als Nebenprodukt mit an. Darüber hinaus wurden im Feld folgende Parameter gemessen: Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit und der Gehalt an gelöstem Sauerstoff. Dafür standen Feldmeßgeräte (mit Tiefensonden und 100 m Spezialkabel) der Firma "Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH" Weilheim/OB zur Verfügung. In den Fällen, wo diese Sonden nicht eingesetzt werden konnten, wurden pH-Wert und Leitfähigkeit mit den im Chemielabor der "Georg-Forster-Station" vorhandenen Meßgeräten (Präzisions-Labor-pH-Meßgerät MV88 "Präcitronic" bzw. Leitfähigkeitsmeßgerät LM301) in der Regel unmittelbar nach der Probenahme gemessen.

Aus der Schirmacheroase liegen insgesamt 42 Wasserproben (zumeist 1 Liter in PE-Flaschen) vorwiegend von Seewässern (daneben von einigen Bodenwässern) vor. Es ist vorgesehen, diese Proben hydrogeochemisch (Konzentrationen der Hauptkationen und -anionen) und isotopisch (^2H , ^{18}O , ^{34}S) zu analysieren. Die Kenntnis solcher Daten ist unter anderem auch wichtig für die Beurteilung zumindest des rezenten Sedimentationsmilieus der Seen. Außerdem liegt die letzte umfassendere hydrogeochemische Bestandsaufnahme der Seen der Schirmacheroase mittlerweile über 10 Jahre zurück (Probenahme 1980/81; WAND et al. 1985), so daß nunmehr die Gelegenheit gegeben ist, langzeitige und möglicherweise klimabedingte Variationen hydrologischer/hydrogeochemischer Parameter zu erfassen. Veränderungen der glaziologischen und auch hydrologischen Situation (beispielsweise Verteilung von Schneefeldern und Schneewehengletschern, Ernährungs- und Abflußverhältnisse einiger Seen) gegenüber 1980/81 sind bereits augenfällig. Als Beispiel eines hydrologischen Tiefenprofils von Seen der Schirmacheroase soll das des Epischelfsees Krugloye angeführt werden (Tab. 23). Der hier mit zunehmender Wassertiefe zu beobachtende geringfügige Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit ist offenbar auf die Vermischung mit Meerwasser zurückzuführen (vgl. WAND et al. 1985).

Tab. 23.: Krugloye (Karovoye), Meßpunkt 1 (Station 1102), 12.02.1992, Eisdicke: 2,10 m, Wassertiefe: 34,10 m: Hydrologisches Vertikalprofil
Tab. 23: Vertical hydrologic profile in lake Krugloye

Tiefe (m)	Temperatur (°C)	O ₂ -Gehalt (mg/l)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)
3	0,2	14,8	6,18	23
5	0,2	15,0	6,08	26
10	0,7	16,0	6,33	27
15	3,9	17,9	9,98	33
20	4,0	18,0	10,05	38
25	4,0	16,7	8,30	41
30	3,7	7,2	5,87	43
31	3,7	5,9	5,74	45
32	3,7	5,2	5,70	46
33	3,7	5,0	5,69	47
34	3,6	3,6	5,92	47

Im Gebiet der Gruberberge, wo außergewöhnliche innerantarktische Seen, der Untersee (HERMICHEN et al. 1985) und der Obersee liegen, wurden während der Sommerkampagne der Seesedimentgruppe etwa 40 Wasserproben (a 1 Liter sowie einige Großproben a 5 bis 10 l zur Abtrennung des gelösten Sulfats und des anorganischen Kohlenstoffs für Isotopenanalysen) aus beiden Seen sowie aus mehreren Moränenseen in der Umgebung des Untersees entnommen. Diese Proben sollen ebenfalls hydrogeochemisch und isotopenanalytisch bearbeitet werden. Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Wassertemperatur wurden mit den oben genannten Sonden entlang von Tiefenprofilen in situ gemessen. Dabei zeigte sich, daß der Wasserkörper des Untersees wie auch der des Obersees gut durchmischt ist, d.h. keine merkliche Differenzierung dieser Parameter feststellbar ist (Tab. 24 und 25). Nur an einer Probennahmestation des Untersees gelang ganz überraschend der Nachweis einer anoxischen Wasserschicht unterhalb von 70-75 m Wassertiefe, die neben einer H₂S-Führung durch eine erhöhte Temperatur und Leitfähigkeit sowie einen drastisch erniedrigten pH-Wert gekennzeichnet ist (Tab. 26). Offenbar handelt es sich hier um ein kleineres Teilbecken im Untersee, das bei früheren hydrologischen Untersuchungen (SIMONOV et al. 1985; HAENDEL & KAUP 1986; KAUP et al. 1988) wahrscheinlich aufgrund des zu großen Meßpunktabstandes dem Nachweis entgangen war.

Tab. 24: Untersee, Meßpunkt 3 (Station 1078), 6.1.1992, 2,80 m Eisdicke, 117,30 m Wassertiefe: Hydrologisches Vertikalprofil

Tab. 24: Vertical hydrologic profile - Untersee

Tiefe (m)	Temperatur (°C)	O ₂ -Gehalt (mg/l)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)
3	0,4	22,4	10,31	502
5	0,4	23,8	10,25	503
10	0,4	25,8	10,25	503
20	0,4	26,8	10,35	503
30	0,4	27,0	10,35	504
40	0,4	26,8	10,35	504
50	0,4	26,8	10,35	504
60	0,4	26,0	10,35	504
70	0,4	25,8	10,40	504
80	0,4	25,8	10,40	504
90	0,4	25,8	10,42	504
100	0,4	25,8	10,42	503

Tab. 25: Obersee, Meßpunkt 3 (Station 1100), 30.1.1992, 3,50 m Eisdicke, 76,60 m Wassertiefe: Hydrologisches Vertikalprofil

Tab. 25: Vertical hydrologic profile - Obersee

Tiefe (m)	Temperatur (°C)	O ₂ -Gehalt (mg/l)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)
3,5	0,2	n.g.	11,02	96
5	0,2	n.g.	11,06	96
10	0,3	n.g.	11,06	96
20	0,4	n.g.	11,07	94
30	0,4	n.g.	11,06	93
40	0,4	n.g.	11,06	92
50	0,4	n.g.	11,07	92
60	0,4	n.g.	11,06	92
70	0,4	n.g.	11,05	91
75	0,5	n.g.	11,06	91
76,6	0,5	n.g.	11,03	91

n.g. = nicht gemessen (Sonde ausgefallen)

Tab. 26: Untersee, Meßpunkt 2 (Station 1077), 3.1.1992, 2,20 m Eisdicke, 93,50 m Wassertiefe: Hydrologisches Vertikalprofil
Tab. 26: Vertical hydrologic profile - Untersee, station 1077

Tiefe (m)	Temperatur (°C)	O ₂ -Gehalt (mg/l)	pH-Wert	Leitfähigkeit (µS/cm)
3	0,4	17,4	10,51	500
5	0,4	18,5	10,54	502
10	0,4	20,5	10,55	502
20	0,4	21,9	10,55	503
30	0,4	22,7	10,55	503
40	0,4	22,7	10,55	502
50	3,7	23,2	10,50	513
60	3,8	22,7	10,51	512
70	4,0	22,1	10,43	509
75	4,3	2,0	6,73	526
80	4,6	0,2	6,60	524
85	4,4	0,0	6,28	706
90	4,1	0,0	6,18	1071
93	3,9	0,0	6,10	1232

Auch unsere Messungen bestätigen die exzeptionell hohen pH-Werte insbesondere des Wassers im Untersee (pH um 10,5), Obersee (11,0) und "Burevestniksee" (11,0). Insgesamt zeichnen sich die im Gebiet der Gruberberge gelegenen Wasserkörper durch generell im alkalischen Bereich liegende pH-Werte (im Mittel um 9,1; Variationsbreite 7,5 bis 11,0; n = 26) aus. Eine befriedigende Erklärung für dieses Phänomen wurde bisher noch nicht gegeben. Die Seen der Schirmacheroase unterscheiden sich von letzteren durch signifikant niedrigere pH-Werte (um 7,2; Variationsbreite 5,6 bis 8,9; n = 41), wobei die höchsten pH-Werte namentlich in den höher mineralisierten, sogenannten Endseen, d.h. den stärker eingedunsteten flachen Seen gemessen wurden.

Ein spezielles Untersuchungsprogramm, das bereits während der vorangegangenen Überwinterung (4. AE) im Mai 1991 von G. SCHWARZ begonnen und in dieser Saison abgeschlossen wurde, befaßte sich mit dem Studium des ganzjährigen Kreislaufs des gelösten anorganischen Kohlenstoffs (DIC) in ausgewählten Süßwasserseen der Schirmacheroase. Dieses Untersuchungsprogramm hat folgenden wissenschaftlichen Hintergrund:

Benthische Algenmatten verschiedener Süßwasserseen der Schirmacheroase und auch des Untersee-Gebietes ergaben bei früheren Messungen anomal hohe $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, und mit einem Rekordwert von -1,4 ‰ (unpubl.) hätten sie damit eine "anorganische" Kohlenstoffisotopensignatur (WAND & MÜHLE 1990). Die Ursachen für diese extrem niedrige C-Isotopenfraktionierung sind unklar und können beispielsweise mit dem spezifischen Milieu (abiotische Verhältnisse) in diesen Seen zu-

sammenhängen. Laborversuche mit Algenkulturen haben gezeigt, daß die C-Isotopenfraktionierung hauptsächlich vom DIC-Angebot im Nährmedium abhängt, wobei mit abnehmendem DIC-Gehalt die Isotopenfraktionierung geringer wird (z.B. CALDER & PARKER 1973; PARDUE et al. 1976). Ob in den betreffenden Seen der Schirmacheroase das DIC-Angebot nun tatsächlich der limitierende Faktor ist, sollte daher durch ganzjährige Konzentrationsmessungen des DIC und seines $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes untersucht werden. In hochsalinaren, warmen Seen der Sinaihalbinsel/Israel, wo ebenfalls extrem hohe $\delta^{13}\text{C}$ -Werte an Algenmatten ermittelt wurden, ist dies auch der Fall, was hier aber aufgrund des sehr hohen Salzgehalts und der ziemlich hohen Wassertemperatur der Seen, die eine starke Abnahme der Löslichkeit von CO_2 bedingen, plausibel ist (vgl. SCHIDLOWSKI et al. 1985). Einer solchen Erklärung im Falle der antarktischen Algenmatten stehen die niedrigen Wassertemperaturen und der extrem niedrige Salzgehalt der in Betracht kommenden Süßwasserseen entgegen, die eigentlich zunächst kein DIC-Defizit erwarten lassen. Allerdings müssen hier andere Faktoren wie langzeitige Eisbedeckung (behinderter Gasaustausch mit der Atmosphäre) sowie dadurch bedingt auch eine langzeitige Stagnation des Wasserkörpers (Unterdrücken des "Rühreffekts", d.h. der Nachlieferung von DIC zum assimilierenden Phytobenthos) in Betracht gezogen werden.

Zu diesem Zweck erfolgten an vier ausgewählten Seen der Schirmacheroase während des Winters monatliche Probenahmen und Laboranalysen des DIC, des im Seewasser gelösten Sauerstoffs (dessen Gehalt ein Maß für die Primärproduktion ist), des pH-Wertes (der ein Maß für die dominierende anorganische C-Spezies, CO_2 oder Bikarbonat, ist) und der Leitfähigkeit als Maß für den Salzgehalt. Der Untersuchungsrythmus wurde mit Ansteigen der Strahlungsintensität und damit der photosynthetischen Aktivität der Algen bei zwei Seen auf zwei Wochen verkürzt. Im Dezember erfolgten im See Geodesistov zusätzlich in-situ-Messungen des pH-Wertes, der Leitfähigkeit und des Sauerstoffgehalts mit Hilfe der mit Beginn der Saison 1991/92 verfügbaren Feldmeßgeräte der Firma WTW. Endgültige Ergebnisdiskussionen können allerdings erst nach den noch ausstehenden hydro- und isotopengeochemischen Detailanalysen der rückgeführten, speziell konservierten und versiegelten Wasserproben vorgenommen werden.

In Verbindung mit dieser Problematik wurde der Probenfundus von Algen aus dem Untersuchungsgebiet mit ca. 100 Proben aus der Schirmacheroase und etwa 50 Proben aus den Gruberbergen erweitert. Neben der Untersuchung des Artenspektrums (vgl. PANKOW et al. 1987, 1990) sind Analysen der isotopischen Zusammensetzung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs an diesem Material, das zumeist in luftgetrocknetem Zustand vorliegt (nur wenige Proben wurden in Alkohol oder Formalin konserviert), vorgesehen. Die Kenntnis solcher Isotopenvariationen rezenter Algenmaterials ist auch für die Interpretation entsprechender Isotopendaten organischer Materials aus den Seesedimentkernen von Nutzen.

3.4.6 Glaziales Umfeld der Seen

Für die Geschichte der eisgedämmten Seen in den Gruberbergen (Wohlthatmassiv) dürften neben dem lokalen/regionalen Temperaturregime auch säkulare Änderungen des Gletschervolumens in diesem Randgebiet Antarktikas eine

maßgebliche Rolle gespielt haben. So sind heute Moränen als Zeugen spät-quartärer Gletscherhochstände in Höhen bis ca. 300 m über dem jetzigen Eisniveau anzutreffen.

Im Januar 1992 durchgeführte Grabungen zeigten, daß die Moränen im Untersee-Tal, insbesondere an dessen NW-Seite, bis in Höhen von etwa 700 m/NN (ca. 150 m über dem jetzigen Spiegel des Untersees) unter einer wenige Dezimeter mächtigen Schuttdecke Reste der früheren Gletscher enthalten. Insgesamt wurden entlang von 8 Profilen 21 mittlere Proben dieser Fossileis-Vorkommen mittels Eispikkel oder Hammer und Meißel aus Tiefen von 10 bis 30 cm entnommen. Durch Isotopenanalysen (^2H , ^{18}O) und Vergleich mit rezenten Eis- und Klimadaten soll versucht werden,

1. Hinweise auf die Nährgebiete der ehemaligen Gletscher im Unterseegebiet und die damaligen Jahresmitteltemperaturen abzuleiten sowie
2. Informationen über wahrscheinliche säkulare Änderungen der isoto-pen-hydrochemischen Charakteristik des Untersee-Wasserkörpers seit seiner Entstehung als Schmelzwassersee zu gewinnen.

Um Vorstellungen über die isoto-pen-hydrochemischen Daten des rezenten Schmelzwasser-Inputs und über den mit letzterem verbundenen Sedimenteintrag in das Untersee-Becken entwickeln zu können, wurden an 23 Stellen der beiden in den Untersee mündenden Gletscher Eisproben entnommen, sowohl aus den Basisbereichen als auch von der Oberfläche. Alle Eisproben wurden in abgedeckten Gefäßen bei Zimmertemperatur aufgetaut, die enthaltenen mineralischen Anteile abfiltriert und luftgetrocknet verpackt. Das in 250- bzw. in 500-ml-Plastikflaschen abgefüllte Schmelzwasser wird gefroren auf dem Seeweg nach Bremerhaven (AWI) befördert.

Die in der weiteren Umgebung der Schirmacheroase in Höhen zwischen 10 und 1500 m/NN vorhandenen großen Ablationsgebiete (Blankeisgebiete) stellen natürliche Aufschlüsse der regionalen Inlandeisdecke dar. Um das seit 1980 mit Hilfe von Isotopenanalysen an diversen Gletschereisproben gewonnene Bild über die Struktur der Eisdecke im küstennahen Königin-Maud-Land zwischen 11° E und 14° E zu komplettieren, wurden 28 Eiskerne von je 1 m Länge, die beim Setzen von geodätischen Signalen entlang der Trassen zum Humboldt-Gebirge, zum Untersee sowie zur Schelfeisbarriere erbohrt wurden, für isoto-pen-hydrochemische Analysen von der Geodäsie-Gruppe übernommen (gefrostete Schmelzwasserproben à 1 Liter).

Darüber hinaus beschaffte K. Hahne während seines Feldeinsatzes im Humboldtgebirge 15 Proben fossilen Eises aus Moränen der 'Schüssel', gleichfalls für Isotopenanalysen. Damit sollen die vom Autor 1988/89 an eiskernführenden Moränen der benachbarten Region 'Nordwestinsel' vorgenommenen Untersuchungen des Zusammenhanges zwischen Klima- und Eisvolumenschwankungen im späten Quartär ergänzt werden. Weiteres Material (8 Proben) wurde aus der moränenreichen Basisschicht der Eisdecke entnommen, die den östlichsten Teil der Schirmacher-Oase bisher bedeckte. Diese Basisschicht ist im Gefolge der während der vergangenen 3 Jahre besonders starken Erosion der Deckschicht freigelegt wor-

den. Es handelt sich dabei vermutlich um fossiles Eis aus dem letzten Hochglazial mit Isotopenwerten $\delta^{18}\text{O}$ unter -40 ‰. Alle aufgeführten Proben werden ebenfalls als gefrostenes Schmelzwasser (je 250 ml) nach Bremerhaven (AWI) überführt.

3.4.7 Mumiyo in den Gruberbergen

Am Untersee und Obersee gibt es mehrere Brutkolonien von Schneesturmvögeln (*Pagodroma nivea*). An den Nistplätzen dieser Vögel werden häufig Ablagerungen einer gelbbraunen, wachsartigen Substanz gefunden, die in der russischsprachigen Literatur unter dem Namen "Mumiyo" bekannt ist. Es handelt sich dabei um gealterte und verfestigte Ablagerungen ausgespienen Magenöls, das von den Sturmvögeln wohl in erster Linie zum Zwecke der Verteidigung vor Skuas, Nistplatzkonkurrenten oder anderen Störenfrieden wie dem zu neugierigen Polarforscher strahlartig abgegeben wird. Bei längeren Besiedlungszeiträumen können sich somit vor den Eingängen der Nisthöhlungen, die sich im Untersuchungsgebiet zum überwiegenden Teil zwischen großen Blöcken im Moränenschutt befinden, beachtliche Ablagerungen organischen Materials bis zu einem halben Meter Mächtigkeit akkumulieren. Diese sind mehr oder weniger deutlich geschichtet und bestehen in der Regel nicht nur aus dem festgewordenen Magenöl, sondern enthalten wechselnde Beimengungen mineralischer Substanz (Sand, Kies, Steine), Feder-, Ei- und Knochenreste (teilweise auch ganze Vogelmumiem) sowie Guano. Die Konsistenz solcher Ablagerungen variiert zwischen reinen wachsartigen, z.T. noch ölig-schmierigen Belägen, und erdig-krümeligen Schichten (zumeist an der Basis der Vorkommen).

Da der antarktische Kontinent arm an organischen Bildungen ist, die für eine Radiokohlenstoffdatierung in Frage kommen, sind solche Substanzen wie Mumiyo willkommen für Datierungszwecke. HILLER et al. (1988) wiesen die Brauchbarkeit von Mumiyoablagerungen für ^{14}C -Altersbestimmungen nach. Da die Sturmvögel ausschließlich auf eisfreiem Areal ihre Nistplätze anlegen, lassen sich neben dem Besiedlungsalter auch Angaben über das Mindestalter von Moränen bzw. über den Eisrückgang in den betreffenden Gebieten aus ^{14}C -Datierungen von Mumiyo gewinnen (vgl. HILLER et al. 1988).

Während der Feldarbeiten in den Gruberbergen wurden in der Umgebung des Untersees und des Obersees eine Reihe von Mumiyovorkommen beprobt mit dem speziellen Ziel, im Bereich ehemaliger Seehochstände (wo Nistplätze bereits wenige Meter über dem heutigen Seespiegel existieren) neben den Algenablagerungen Mumiyo als zusätzliches Material zu nutzen, um Seespiegelschwankungen zeitlich zu erfassen.

Literatur

- CALDER, J.A. & PARKER, P.L. (1973): Geochemical implications of induced changes in ^{13}C fractionation by blue-green algae.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37: 133-140.
- HAENDEL, D. & KAUP, E. (1986): Hydrochemische Untersuchungen im Unterseegebiet im Zentralen Wohlthatmassiv (Ostantarktika).- *Geodät. Geophys. Veröff.*, Reihe I, H. 13: 72-92.
- HERMICHEN, W.-D., KOWSKI, P. & WAND, U. (1985): Lake Untersee, a first isotope study of the largest freshwater lake in the interior of East Antarctica.- *Nature*, 315: 131-133.
- HERMICHEN, W.-D., KOWSKI, P. & WAND, U. (1985): Lake Untersee, a first isotope study of the largest freshwater lake in the interior of East Antarctica.- *Nature*, 315: 131-133.
- HILLER, A., WAND, U., KÄMPF, H. & STACKEBRANDT, W. (1988): Occupation of the Antarctic continent by petrels during the past 35000 years: inferences from a ^{14}C -study of stomach oil deposits.- *Polar Biol.* 9: 69-77.
- KAUP, E., LOOPMANN, A., KLOKOV, V., SIMONOV, I. & HAENDEL, D. (1988): Limnological investigations in the Untersee Oasis (Queen Maud Land, East Antarctica). In: J. MARTIN (ed.), *Limnological Studies in Queen Maud Land (East Antarctica)*, 28-42.- Tallinn: Valgus.
- KAUP, E., LOOPMANN, A., KLOKOV, V., SIMONOV, I. & HAENDEL, D. (1988): Limnological investigations in the Untersee Oasis (Queen Maud Land, East Antarctica). In: J. MARTIN (ed.), *Limnological Studies in Queen Maud Land (East Antarctica)*, 28-42.- Tallinn: Valgus.
- KRÜGER, W. (1987): Energie- und Stoffumsatz sowie landschaftliche Differenzierung in der Schirmacher-Oase (Ostantarktis). - Dissertation B, Pädagogische Hochschule "Karl Liebknecht", Potsdam.
- LOOPMANN, A., KAUP, E., HAENDEL, D., SIMONOV, I.M. & KLOKOV, V.D. (1986): Zur Bathymetrie einiger Seen der Schirmacher- und Untersee-Oase (Ostantarktika). - *Geod. Geoph. Veröff.*, R. I, H. 13: 60-71.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1954): Munsell Color Co., Inc., Baltimore, 23 S.
- PANKOW, H., HAENDEL, D. & RICHTER, W. (1990): The freshwater algae of the Schirmacher Oasis, Queen Maud Land.- *Geodät. Geophys. Veröff.*, Reihe I, H. 16: 459-470.
- PANKOW, H., HAENDEL, D., RICHTER, W. & WAND, U. (1987): Algologische Beobachtungen in der Schirmacher- und Unterseeoase (Dronning-Maud-Land, Ostantarktika).- *Arch. Protistenkd.*, 134: 59-84.
- PARDUE, J.W., SCALAN, R.S., VAN BAALEN, C. & PARKER, P.L. (1976): Maximum carbon isotope fractionation in photosynthesis by blue-green algae and a green alga.- *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40: 309-312.
- SIMONOV, I.M., STACKEBRANDT, W., HAENDEL, D., KAUP, E., KÄMPF, H. & LOOPMANN, A. (1985): Komplexe naturwissenschaftliche Untersuchungen am Unter- und Obersee, Zentrales Dronning-Maud-Land, Antarktika.- *Petermanns geogr. Mitt.*, H. 2: 125-135.
- WAND, U. & MÜHLE, K. (1990): Extremely ^{13}C -enriched biomass in a freshwater environment: examples from Antarctic lakes.- *Geodät. Geophys. Veröff.*, Reihe I, H. 16: 361-366.
- WAND, U., HERMICHEN, W.-D., PARTISCH, M. & ZIERATH, R. (1985): Hydrogeochemische Untersuchungen an Seen und Niederschlägen in der Schirmacher-Oase, Königin-Maud-Land, Ostantarktika.- *Geodät. Geophys. Veröff.*, Reihe I, H. 12: 35-56.

Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gilt unser Dank für die finanzielle Förderung der einzelnen Teilprojekte des "GEOMAUD II"-Programms. Dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven danken wir für die mannigfache Unterstützung während der Vorbereitung und Durchführung der Sommerkampagne auf der Georg-Forster-Station. Auf den Schlittenzügen und auch bei den Arbeiten in der Station hatten wir tatkräftige Unterstützung durch unsere drei Techniker A. Zielke, J. Lubs und G. Bening sowie durch unseren künftigen deutschen Schirmacheroasen-Überwinterer G. Stoof, die für eine stets einsatzbereite Technik sorgten. Ihnen und auch den Technikern der vorangegangenen Expeditionen, die uns die Kraftfahrzeugtechnik in einwandfreiem Zustand überlassen hatten, gebührt dafür unser herzlicher Dank. Den vier Überwinterern in "Georg Forster" danken wir ganz besonders für die herzliche Aufnahme im Kreis der "Forsteraner". Bei dem Leiter der russischen Station "Novolazarevskaya", V.M. Loginov, und seinem Team fanden wir jederzeit dankenswerte Hilfe und Unterstützung, wie auch bei den Leitern der indischen Station "Maitri", A. Hanjura und S. Mukerji. Nicht zuletzt danken wir dem Fahrleiter von ANT-X/2, Herrn Prof. H. Miller, sowie Kapitän Suhrmeyer und der Mannschaft von "Polarstern" für die freundliche Aufnahme an Bord während der Rückreise vom antarktischen Kontinent.

Stationsliste ANT-X/2 (02.01.1992-25.03.1992)

Stat. No.	Date Datum 1992	Time (GMT) Start End	Position S	Position W/E	Depth Lot-tiefe (m)	Heading Kurs	Speed (kn)	Station Work Equipment applied Arbeiten/Geräte
20/177	11.01.	13.10	61°12,5'	18°48,8'W	4855	110°	2,5	RFL Anfang
		19.33	61°26,6'	18°30,9'W	3723	165°	1,0	RFL Ende
20/178	16.01.	17.12	70°45,3'	15°11,8'W	3022	230°	5,0	Magnetik
		20.07	70°56,0'	16°20,1'W	3156	240°	2,4	Magnetik
20/179	17.01.	00.22	71°11,3'	18°15,7'W	3986	245°	11,3	HS/PS
		02.32	71°11,6'	19°29,4'W	4401	180°	11,8	HS/PS
20/180	21.01.	02.38	75°54,1'	42°48,7'W	386	237°	5,0	Magnetik
		14.14	76°56,3'	49°42,9'W	295	235°	5,0	Magnetik
20/181	22.01.	20.52	76°58,1'	49°22,8'W	250	300°	6,0	RFR zu Wasser
		21.42	76°55,1'	49°42,7'W	255	310°	6,0	Magnetometer zu Wss.
	23.01.	02.50	76°40,5'	51°22,4'W	299	310	5,0	Magn. wird eingeholt
		03.14	76°39,3'	51°28,7'W	299	305	5,0	Magn. wird ausgesteckt
24.01.	07.05	75°23,6'	57°51,4'W	555	320°	5,0	Magn. wird eingeholt	
	07.37	75°21,6'	57°56,8'W	572	330	5,0	Magn. an Deck	
20/182		08.38	75°19,9'	58°12,8'W	609	270°	0	RFR an Deck
		11.00	75°13,7'	58°36,2'W	619	174°	stop	Argos-Boje ausbringen
20/183		14.10	75°12,8'	58°48,9'W	608	179°	stop	Eisgruppe 5 Pers. an B.
		16.24	75°13,3'	58°49,3'W	627	295°	2,5	RFR zu Wasser
20/184	25.01.	02.58	74°39,2'	60°49,4'W	619	155°	2,0	RFR an Deck.
		04.09	74°37,8'	60°45,5'W	613	136°	stop	Ausbringen Argosboje zurück
20/185		04.33						
		08.30	75°01,8'	59°41,5'W	627	220°	stop	CTD m. Rosette. z. Wss.
		08.59					stop	hieven
20/186		09.37	75°01,1'	59°43,0'W	628	220°	stop	CTD an Deck
		14.28	75°26,6'	57°39,9'W	513	329°	stop	GKG zu Wasser
		14.47	75°26,2'	57°40,0'W	513	50°	stop	GKG an Deck
		15.02	75°26,3'	57°26,3'W	521	49°	stop	SL zu Wasser
20/187		15.17	75°26,0'	57°42,1'W	524	49°	stop	SL an Deck
		19.58	75°46,4'	55°25,3'W	469	42°	stop	CTD zu Wasser
		20.32	75°46,4'	55°25,3'W	469	42°	stop	CTD an Deck
		20.45	75°46,3'	55°25,2'W	472	42°	stop	SL zu Wasser
		20.55	75°46,2'	55°25,1'W	472	42°	stop	SL an Deck.
		21.13	75°46,2'	55°25,1'W	472	42°	stop	GKG zu Wasser
		21.30	75°46,2'	55°25,0'W	470	42°	stop	GKG an Deck
20/188	26.01.	22.35	75°38,5'	55°13,7'W	468	25°	8,9	Argos-Boje ausbringen
		02.05	75°37,4'	55°13,8'W	467	300°	stop	Eisgruppe 7 Pers. a.B.
20/189		02.15	75°37,4'	55°13,8'W	467	25°	8,0	Hydrosweep Profilfahrt
20/190		19.10	76°43,6'	50°53,6'W	297	121°	5,2	Magnetik Anfang
		27.01.	10.35	75°51,6'	42°33,4'W	383	43	5,4
20/191	29.01.	15.20	76°34,6'	30°15,9'W	214	134°	stop	GKG zu Wasser
		15:28	76°34,6'	30°15,9'W	214	134°	stop	GKG an Deck
20/192		18:45	76°33,8'	30°17,1'W	213	010°	5,0	Magnetometer zu Wasser
		30.01	07:00	74°23,0'	27°33,6'W	2254	355	3,5
20/193		12:20	79°37,6'	26°07'W	3249	030	stop	Verankerungsaufnahme
		13:33	73°37,4'	26°07,5'W	3309	340	3,0	RFL+Magnetik Anfang
		03.02	06:51	72°59,4'	22°25,4'W	3207	030	5,0
20/194		16:38	72°49,8'	19°30,7'W	495	315	3,5	RFR Anfang
		19:35	72°42,6'	19°59,0'W	2816	320	3,0	RFR Ende
		21:25	72°34,4'	20°19,0'W	3120	330	3,0	RFL+Magnetik Anfang
		07.02	00:27	70°15,4'	12°03,8'W	2375	315°	3,0
20/195	08.02	11:35	69°18,8'	04°00,9'W	2910	020°	stop	GKG zu Wasser

Stationsliste ANT-X/2 (02.01.1992-25.03.1992)

Stat. No.	Date Datum 1992	Time (GMT) Start End	Position S	Position W/E	Depth Lot-tiefe (m)	Heading Kurs	Speed (kn)	Station Work Equipment applied Arbeiten/Geräte	
		12:51	69°18,4'	04°01,2'W	2914	020°	stop	GKG an Deck	
		13:09	69°18,6'	04°01,6'W	2880	020°	stop	SL zu Wasser	
		14:15	69°18,4'	04°01,9'W	2940	020°	stop	SL an Deck	
20/196		19:00	68°40,8'	03°24,5'W	3979	360	10	HS/PS Profilbeginn	
	09.02	06:45	68°29,4'	03°13,8'W	4103	180/270	11	HS/PS Profildende	
20/197		16:45	68°18,3'	04°13,3'W	3908	020°	3,0	Magnetik Anfang	
	10.02	09:02	65°34,9'	01°34,9'W	5021	020°	3,0	Magnetik Ende	
20/198		10:43	66°44'	03°47,8'W	4644	321°	3,0	RFL-Streamertest Anf.	
	12.02	00:14	67°15,1'	05°28,7'W	4784	321°	3,0	RFL-Streamertest Ende	
		00:15	67°15,1'	05°28,7'W	4784	321°	3,0	Magnetik Anfang	
		06:45	67°48,8'	07°25,9'W	4809	325	5,0	Magnetik Ende	
20/199		07:07	67°50,1'	07°29,7'W	4794	70°	0,0	SL zu Wasser	
		08:55	67°49,4'	07°28,5'W	4769	85°	0,0	SL an Deck	
		09:20	67°49,3'	07°28,5'W	4770	85°	0,0	GKG zu Wasser	
		11:28	67°48,7'	07°26,2'W	4807	85°	0,0	GKG an Deck	
20/200		11:40	67°48,9'	07°25,6'W	4809	180°	3,0	Magnetik Anfang	
	13.02	00:12	69°58,1'	07°05,5'W	1675	172°	3,0	Magnetik Ende	
20/201		20:30	70°36,2'	09°06,3'W	498	265°	3,0	RFL Anfang	
	14.02	09:25	71°01,9'	11°45,1'W	742	140°	3,0	RFL Ende	
20/202		10:10	71°03,2'	11°43,5'W	375	60°	stop	Verankerungsarb. Beginn	
		10:42	71°03,2'	11°44,1'W	368	56°	stop	Verankerungsarb. Ende	
20/203		20:25	71°06,9'	15°27,1'W	2569	265°	2,5	RFL+ Magnetik Anfang	
	16.02	10:40	70°44,0'	25°15,2'W	4263	330°	2,5	RFL+ Magnetik Ende	
20/204		10:40	70°43,0'	25°14,6'W	4239	151°	11,2	Magnetik Anfang	
		15:34	71°23,2'	24°10,0'W	4242	150°	5,0	Magnetik Ende	
20/205		15:47	71°23,5'	24°09,4'W	4242	120°	stop	KOL zu Wasser	
		17:52	71°23,6'	24°10,2'W	4250	90°	stop	KOL an Deck	
20/206		19:58	71°23,4'	24°21,1'W	3945	80°	stop	KOL zu Wasser	
		22:09	71°23,2'	24°19,3'W	4023	75°	stop	KOL an Deck	
20/207		01:15	71°41,6'	25°46,7'W	4060	030°	3,0	RFL+Magnetik Anfang	
	20.02	15:58	74°17,3'	27°35,0'W	2407	212°	3,7	RFL+Magnetik Ende	
20/208		06:13	75°37,9'	44°30,9'W	315	90°	0,0	GKG zu Wasser	
		06:29	75°37,9'	44°31,0'W	316	90°	0,0	GKG an Deck	
20/209		07:00	75°37,9'	44°30,9'W	312	90°	0,0	SL zu Wasser	
		07:15	75°38,0'	44°31,3'W	320	90°	0,0	SL an Deck	
20/210		07:30	75°38,5'	44°31,2'W	310	180	2,5	RFL Anfang	
	25.02	07:30	76°49,9'	49°10,6'W	278	228°	2,3	RFL Ende	
20/211		13:02	74°04,7'	34°48,8'W	488	065°	5,0	Magnetik Anfang	
		17:13	73°46,2'	32°53,3'W	2450	20°	2,8	Magnetik Ende	
20/212		19:19	73°35,6'	31°44,2'W	2779	68°	6,0	Magnetik Anfang	
		22:46	73°22,7'	30°19,1'W	3281	61°	5,0	Magnetik Ende	
20/213		11:02	72°26,3'	24°33,4'W	3923	155°	stop	GKG zu Wasser	
		12:35	72°25,8'	24°32,6'W	3922	155	stop	GKG an Deck	
		13:06	72°26,3'	24°23'W	3923	160°	stop	SL zu Wasser	
		14:40	72°25,9'	24°33,1'W	3921	160°	stop	SL an Deck	
20/214		15:26	72°25,8'	24°36,2'W	3921	260°	2,0	RFL Anfang	
	02.03	03:38	72°23,8'	22°22,7'W	3626	090°	3,0	RFL Ende	
		03:46	72°24'	22°20,5'W	3210	128°	8,0	HS PS Anfang	
		12:30	72°50,4'	19°26,7'W	448	140°	11,2	HS PS Ende	
20/215		03.03	03.26	71°46,3'	19°02'W	3983	052°	3,0	RFL+ Magnetik Anfang
		17:05	70°44,1'	17°54,4'W	4594	078°	3,1	RFL+ Magnetik Ende	

Stationsliste ANT-X/2 (02.01.1992-25.03.1992)

Stat. No.	Date Datum 1992	Time (GMT) Start End	Position S	Position W/E	Depth Lot-tiefe (m)	Heading Kurs	Speed (kn)	Station Work Equipment applied Arbeiten/Geräte
20/216	05.03	12:49	70°35,2'	08°06,1'W	119	258°	2,0	RFR+ Magnetik Anfang
	06.03	19:53	69°59,5'	01°47,8'W	336	60°	2,0	RFR+ Magnetik Ende
20/217		20:53	69°56,8'	01°30,2'W	473	50°	stop	GKG zu Wasser
		21:07	69°56,7'	01°30,1'W	476	50°	stop	GKG an Deck
		21:19	69°56,6'	01°30,0'W	482	50°	stop	SL zu Wasser
		21:32	69°56,5'	01°30,1'W	475	50°	stop	SL an Deck
20/218	07.03	06.08	69°31,0'	00°43,6'E	1772	90°	3,5	Magnetik Anfang
	08.03	03:55	69°32,3'	10°56,5'E	694	51°	6,5	Magnetik Ende
20/219		08:11	69°54,0'	11°29,8'E	174	240°	stop	SL zu Wasser
		08:20	69°54,0'	11°29,7'E	172	240°	stop	SL an Deck
		08:37	69°54,1'	11°29,5'E	165	240°	stop	GKG zu Wasser
		08:46	69°54,2'	11°29,6'E	163	240°	stop	GKG an Deck
		08:52	69°54,1'	11°29,6'E	169	240°	stop	GKG zu Wasser
		09:06	69°54,1'	11°29,8'E	172	240°	stop	GKG an Deck
20/220		19:46	69°53,0'	11°36,7'E	205	112°	1,7	RFL Anfang
20/221	09.03	08:45	69°58,8'	12°49,2'E	733	100°	5,2	RFL Ende
		17:12	69°59,2'	12°47,7'E	725	130°	0,0	GKG zu Wasser
		17:28	69°59,2'	12°48,0'E	725	125°	0,0	GKG an Deck
		17:54	69°58,9'	12°47,7'E	719	125°	stop	SL zu Wasser
		18:11	69°58,7'	12°48,1'E	713	125°	0,0	SL an Deck
20/222		19:42	69°48,2'	12°36,1'E	189	101°	0,0	SL zu Wasser
		19:50	69°48,1'	12°36,0'E	188	105°	0,0	SL an Deck
		20:01	69°48,0'	12°35,7'E	190	105°	stop	GKG zu Wasser
		20:10	69°47,9'	12°35,6'E	195	105	stop	GKG an Deck
20/223		22:02	69°42,0'	12°00'E	216	14°	stop	GKG zu Wasser
		22:09	69°41,9'	11°59,9'E	215	10°	stop	GKG an Deck
		22:18	69°41,8'	11°59,6'E	213	360°	stop	SL zu Wasser
		22:27	69°41,8'	11°59,4'E	212	355°	stop	SL an Deck
20/224	10.03	23:02	69°39,8'	11°59,2'E	226	10°	2,1	RFL Anfang
	11.03	22:05	68°19,8'	08°58,1'E	3559	301	5,0/2,0	RFL Ende
20/225	13.03	01:28	70°07,1'	02°34,7'W	1080	334	stop	Verankerung 8 aus
20/226		01:58	70°08,1'	02°38,5'W	998	255°	stop	Verankerung 7 aus
20/227	17.03	13:21	66°36,2'	02°21,2'W	4570	031°	5,0	Magnetik Anfang
		18:28	65°34,7'	01°19,3'W	4835	025°	5,0	Magnetik Ende

Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

Adresse address	Teilnehmerzahl je Abschnitt participants per leg ANT X/1a+ 1b	2
--------------------	---	---

Belgien

RCMG	Renard Centre of Marine Geology State University of Gent Kriigslaan 21 B-9000 Gent	2
------	---	---

Bundesrepublik

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße 27568 Bremerhaven	22	51
-----	--	----	----

FfWB	Forschungsstelle für Wirbeltierforschung Alfred-Kowalke-Str. 17 10315 Berlin	1
------	--	---

FGB	Universität Bremen Fachbereich 5 Geowissenschaften Postfach 33 04 40 28334 Bremen	1
-----	---	---

FMB	Universität Bremen Fachbereich 2 Meeresbotanik Postfach 33 04 40 28334 Bremen	4
-----	---	---

FPW	GH Universität Wuppertal Fachbereich 8 Physik Gaußstr. 20 42119 Wuppertal	1
-----	--	---

FHH	Fachbereich Vermessungswesen der FH Hamburg Hebebrandstraße 1 22297 Hamburg	1
-----	--	---

GCK	Geophysik Consulting GmbH Marthastr. 10 24114 Kiel	1	
GFZ	Geo Forschungszentrum Telegraphenberg A 17 14473 Potsdam		3
GSF	GSF - Institut für Hydrologie Ingolstädter Landstraße 1 91465 Neuherberg		1
HLTS	Hapag Lloyd Transport & Service GmbH Geo-Plate-Straße 27568 Bremerhaven		3
HSW	Helicopter Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 22393 Hamburg		4
ICHR	Institut für Angewandte Chemie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 93053 Regensburg	1	1
IEH	Institut für Erdmessung Universität Hannover Nienburger Straße 6 30167 Hannover		1
IfAGL	Institut für Angewandte Geodäsie Außenstelle Leipzig Karl-Rothe-Straße 10 - 14 04105 Leipzig		1
IfAG	Institut für Angewandte Geodäsie Richard-Strauss-Allee 11 60598 Frankfurt	3	
IfMB	TU Braunschweig Institut für Mikrobiologie, Biozentrum Konstantin-Uhde-Str. 5 38106 Braunschweig	1	
IfMK	Institut für Meereskunde Abt. Meereszoologie Düsternbrooker Weg 20 24105 Kiel	12	1

IFO	Institut für Ostseeforschung Seesstraße 15 18119 Warnemünde		1
IfV	Institut für Vermessungskunde der TU Braunschweig Pockelsstraße 4 38106 Braunschweig		1
IPGF	Institut für Physische Geographie Werderring 4 79098 Freiburg	2	
IVPB	Institut für Veterinär-Physiologie Koserstr. 20 14195 Berlin		1
IUPH	Institut für Umweltphysik der Universität Im Neuenheimer Feld 366 69120 Heidelberg		1
LBP	Landesuniversität Brandenburg Sektion Geographie Am Neuen Palais 14469 Potsdam		2
MPIM	Max-Planck-Institut für Chemie Abt. Biogeochemie Postfach 3060 55020 Mainz	5	
PIB	Universität Bonn Physikalisches Institut 53111 Bonn	5	
SWA	Deutscher Wetterdienst Seewetteramt Bernhard-Nocht-Str. 76 20359 Hamburg	2	2
ZIH	Zoologisches Institut und Zoologisches Museum Martin-Luther-King-Platz 3 20146 Hamburg 13	4	

Die Niederlande

NIOZ Netherlands Institute for Sea Research 1
 Landschiep 4
 NL-1797 SZ 't Horntje, Texel

Österreich

IMGI Institut für Meteorologie 1
 und Geophysik
 Innrain 52
 A-6020 Innsbruck

U.K.

MSSL Mullard Space Science Laboratory 1
 Dept. of Physics and Astronomy
 University College London
 Holmbury St. Mary
 Dorking, Surrey RH5 6NT

USA

FAZ Frankfurter Allgemeine Zeitung 1
 57 Overhill RD
 Orinda, CA 94563

PSU Penn State University 7
 311 Electrical Engineering East
 University Park
 PA 16802, USA

Fahrtteilnehmer / Participants, ANT X/1a

Name Name		Institut Institute
Ahlers	Petra	AWI
Alpers	Matthias	PIB
Bakker	Dorothee	NIOZ
Bluszcz	Thaddäus	AWI
Collins	Thomas W.	PSU
Drebing	Wolfgang	AWI
Fiekas	Heinz-Volker	AWI
Gerchow	Peter	AWI
Gocke	Klaus	IfMK
Graef	Hans-Helmut	FPW
Haase	Rita	FMB
Hanke	Georg	AWI
Haris	Paul	PSU
Helmke	Elisabeth	AWI
Höffner	Josef	PIB
Hoppe	Hans-Georg	IfMK
Jürgens	Jutta	AWI
Karbach	Ute	IfMK
Kirst	Gunter-Otto	FMB
Koppe	Regine	IfMK
Krack	Axel	AWI
Lorenzen-Schmidt	Heike	AWI
Lüers	Jan	FMB
Martone	Joseph P.	PSU
Möller	Christine	IfMB
Müller	Annegret	AWI
Niederjasper	Fred	AWI
Osterroht	Christoph	IfMK
Schall	Christian	ICHR
Schaumann	Karsten	AWI
Schmitz	Stefan	PIB
Schneider	Bernd	IfMK
Schrems	Otto (Fahrtleiter)	AWI
Schupp	Michael	MPIM
Serwazi	Marcus	PIB
Sonnabend	Hartmut	SWA
Stevens	Timothy D.	PSU
Tietze	Gunnar	GCK
Unverricht	Sieglinde	AWI
Wanzek	Michael	FMB
Weber	Kurt	AWI
Weissenmayer	Michael	MPIM
Weller	Rolf	AWI
Wübbena	Gerhard	GeoSpace
von Zahn	Ulf	PIB

Fahrtteilnehmer / Participants ANT X/2

Name Name		Institut Institute
Bamber,	Jonathan	MSSL
Bornemann,	Horst	IVPB
Drücker,	Cord	AWI
Eckstaller,**	Alfons	AWI
Ehrhardt,	Hardy	AWI
El Naggar,	Saad	AWI
Fechner,	Notker	AWI
Fischer,	Holger	AWI
Frenzel,	Andreas	AWI
Gingele,	Franz	AWI
Hausen,	Manfred	HSW
Heesemann,	Bernd	AWI
Heidland,	Klemens	AWI
Heitmüller,	Karl-Heinz	HSW
Hillebrandt,	Oliver	HSW
Hübscher,	Christian	AWI
Jokat,	Wilfried	AWI
Karsten,	Achim	FHH
Kipfstuhl,	Josef	AWI
Kleefeld	Christoph	AWI
Koch,	Stefan	AWI
Kohnen,*	Heinz	AWI
Köhler,	Herbert	SWA
König-Langlo	Gert	AWI
Kunsch,	Brunhilde	AWI
Lensch,	Norbert	AWI
Lukait,	Christian	AWI
Mandler,	Holger	AWI
Maus,	Bertram	AWI
Meyer,	Uwe	AWI
Miller,	Heinz, Fahrtleiter	AWI
Minikin,	Andreas	IUPH
Möller,	Hans-Joachim	SWA
Müller,**	Norbert	AWI
Müller	Christian	AWI
Müschen,	Bettina	AWI
Nixdorf,	Uwe	AWI
Oerter,	Hans	AWI
Patzig,	Robert	AWI
Plötz,	Joachim	AWI
Pütz,	Klemens	IFMK
Rademacher,	Horst	FAZ
Reinhold,	Andreas	IFAGL
Rentsch	Harald	AWI
Ritter,	Bernhard	IV

Schlosser	Elisabeth	AWI
Schmidt-Gröttrup,	Markus	AWI
Schöne	Thilo	AWI
Stadler,	Wilhelm	GSF
Steinmetz,	Richard	AWI
Sturm	Klaus	IMGI
Ulbricht,	Joachim	AWI
v. Heuverswyn,	Erwin	RCMG
Versteeg,	Vim	RCMG
Völkxen,	Christof	IEH
Wasserthal,	Claus	HSW
Wege,	Christoph	AWI
Weynand,	Markus	AWI
Wittenzellner,	Joachim	ICHR
Wohltmann,	Holger	AWI
Wübber,	Chresten	AWI
Ziffer,	Albert	AWI

*
**

mit "Polarstern" Punta Arenas - Antarktis
mit "Polarstern" Antarktis - Kapstadt

Zusätzlich auf der Rückreise an Bord FS "Polarstern":
Schirmacher-Kampagne:

Adler,	Wieland	AWI
Bening,	Gerd	IFO
Fritzsche,	Dietrich	AWi
Hahne,	Knut	GFZ
Hermichen,	Wolf-Dieter	AWI
Krüger,	Wolfgang	LBP
Lubs,	Jürgen	GFZ
Melles,	Martin	AWI
Tschochner,	Bernd	LBP
Wand,	Karl-Ulrich	AWI
Wetzel,	Hans-Ulrich	GFZ
Zielke,	Artur	AWI

Überwinterer der Georg-Forster-Station:

Noak,	Gerold	AWI
Schumann,	Thomas	AWI
Schwarz,	Günter	AWI
Strecke,	Volker	AWI

Überwinterer der Georg-von-Neumeyer-Station:

Schuster,	Friedrich	AWI
Köppe,	Stefan	HLTS
Mayer,	Christoph	AWI
Muhle,	Heiko	HLTS
Mühlstein,	Knut	AWI
Rainer,	Paul	AWI
Tanger,	Jochen	HLTS
Weber,	Stephan	AWI

Bauteam Neumayer-Station:

Seebeck,	Bernd	AWI
Thonhausen,	Werner	AWI
Werbach,	Johann	AWI

Schiffspersonal / ShipsCrew und 1 b ANT X/1a

Suhrmeyer	Kapitän
Gerber	1. Naut. Offz.
Grundmann	Naut. Offz.
Rodewald	Naut. Offz.
Schröder, Dr.	Arzt
Geiger	Funkoffizier
Wanger	Funkoffizier
Müller	Ltd. Ingenieur
Erreth	Techn. Offz.
Fengler	Techn. lffz.
Ziemann	Techn. Offz.
Elvers	Elektroniker
Muhle	Elektroniker
Muttersbach	Elektroniker
Kampen	Elektroniker
Arendt	Elektroniker
Schuster	Elektrotechn.
Hopp	Bootsmann
Marowsky	Zimmermann
Schierl	Lagerhalter./SM
Gil Iglesias	Matrose
Soage Curra	Matrose
Abreu Dioas	Matrose
Pousades Martinez	Matrose
García Martinez	Matrose
Iglesias Bermudez	Matrose
Carstens	Motorenwärter
Müller	Motorenwärter
Husung	Motorenwärter
Reitz	Motorenwärter
Dufner	Motorenwärter
Kubicka	Koch
Dutsch	Kochsmaat
Hüneke	Kochsmaat
Vollmeyer	1. Steward
Rothmann	Stewardess/Krankenschwester
Hopp	Stewardess
Dröse	Stewardess
Mui	Steward/ess
Tu	2. Steward
Yu	2. Steward
Chang	Wäscher

Schiffspersonal / Ships Crew ANT X/2

Suhrmeyer	Kapitän
Götting	1. Naut. Offz.
Bürger	Naut. Offz.
Schwarze	Naut. Offz.
Pönitzsch	zusätzl. Naut. Offz.
von Weltzien	Arzt
Müller	Funkoffizier
Butz	Funkoffizier
Schulz	Ltd. Ingenieur
Deiff	Techn. Offz.
Simon	Techn. lffz.
Schulz	Techn. Offz.
Hoops	Elektroniker
Lembke	Elektroniker
Piskorzynski	Elektroniker
Hamm	Elektroniker
Fröbe	Elektroniker
Erdmann	Elektrotechn.
Hopp	Bootsmann
Kassubeck	Zimmermann
Barth	Lagerhalter./SM
Winkler	Matrose
Suarez Paisal	Matrose
Mais Torres	Matrose
Novo Loveira	Matrose
Pereira Portela	Matrose
Prol Otero	Matrose
Junge ((B'mann/SBM)	zusätzl. Matrose
Heger	zusätzl. Matrose
Heurich	Motorenwärter
Jordan	Motorenwärter
Buchas	Motorenwärter
Reimann	Motorenwärter
Fritz	Motorenwärter
Kowing	Koch
Roggatz	Kochsmaat
Kästner	Kochsmaat
Peschke	1. Steward
Meier	Stewardess/Krankenschwester
Hopp	Stewardess
Mund	Stewardess
Mui	Steward/ess
Tu	2. Steward
Yu	2. Steward
Chang	Wäscher