

**Die Expedition ANTARKTIS-VIII
mit FS „Polarstern“ 1989/90
Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-VIII/5**

**The Expedition ANTARKTIS–VIII
of RV “POLARSTERN” 1989/90
Report of Leg ANT-VIII/5**

**Herausgegeben von Heinz Miller und Hans Oerter
mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer**

Inhalt

ANT VIII/5. USHUAYA-KAPSTADT

16.12.1989-12.03.1990 (Fahrtleiter: Heinz Miller)

1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf	4
2	Summary and Itinerary	5
3	Berichte der Arbeitsgruppen	7
3.1	Bathymetrie und Eiskantenvermessung	7
3.1.1	Bathymetrische Untersuchungen mit dem Fächersonar	7
	HYDROSWEEP	
3.1.2	Eissituation im südlichen Weddellmeer Jan./Feb. 1990	12
3.2	Marin-geologische Arbeiten - Untersuchungen zur Interpretation ... glazial-mariner Sedimentationsprozesse im südöstlichen Weddellmeer	15
3.3	Marine Geophysik	18
3.3.1	Gravimetrie und Magnetik	18
3.3.2	Reflexionsseismik	20
3.3.3	Refraktionsseismik	28
3.3.4	Datenverarbeitung	29
3.4	Systematische und faunistische Bestandsaufnahme des Benthos ... des Weddellmeeres	30
3.4.1	Hydroidea	32
3.4.1.1	Methoden	32
3.4.1.2	Ergebnisse	32
3.4.2	Kamptozoen, Priapuliden, Pogonophoren und Phoroniden	34
3.4.3	Pantopoda	35
3.4.4	Cirripedia	37
3.4.5	Systematisch-faunistische und biomineralogische Untersuchun- ... gen an Mysidacea (Crustacea) des Weddellmeeres	37
3.4.5.1	Problemstellung	37
3.4.5.2	Methoden	38
3.4.5.3	Ergebnisse an Bord	39
3.4.5.4	Vorläufige Schlußfolgerungen	40
3.5	Untersuchungen an Pinguinen und Robben im Drescher-Inlet, Riiser-Larsen-Schelfeis	41
3.5.1	Logistik	41
3.5.2	Kaiserpinguine	42
3.5.2.1	Bestand und Wachstum	42
3.5.2.2	Nahrung	42
3.5.3	Weddellrobben	43
3.5.3.1	Tauchverhalten und Nahrung	43
3.5.3.2	Kieferaktivität	45
3.5.3.3	Narkose	45

3.6	Massenhaushalt und Dynamik des Filchner-Ronne-Schelfeises	46
3.6.1	Übersicht über die Landprogramme der Filchner-Illa-Kampagne	46
3.6.1.1	Einleitung	46
3.6.1.2	Zeitliche Übersicht	47
3.6.1.3	Zur Logistik	48
3.6.1.4	Witterung	48
3.6.2	Geodäsie	50
3.6.2.1	Lagemessungen	50
3.6.2.2	Höhenmessungen	55
3.6.3	Kernbohrung	58
3.6.3.1	Bohrtechnik, Bohrverlauf und gewonnenes Probenmaterial	58
3.6.3.2	In-situ-Messungen	62
3.6.3.2.1	Dichte, Temperatur und elektrolytische Leitfähigkeit	62
3.6.3.2.2	Festkörperleitfähigkeit am Bohrkern	64
3.6.4	Untersuchungen des Filchner/Ronne-Schelfeises mit Hilfe von	67
	Heißwasserbohrungen	
3.6.4.1	Die Heißwasserbohranlage	67
3.6.4.2	Messungen und erste Ergebnisse	67
3.6.5	Feldglaziologische Arbeiten	69
3.6.5.1	Arbeiten auf dem Schelfeis	69
3.6.5.2	Ergänzende feldglaziologische Arbeiten	71
3.6.6	Hochauflösende EMR-Messungen im Bereich der Bohrungen	72
	und im zentralen Teil des Filchner-Ronne-Schelfeises	
3.6.6.1	Messungen im Bereich der Bohrungen	72
3.6.6.2	Messungen während der Traverse	76
3.6.7	Studie zur indirekten Bestimmung der Schmelzrate an der	77
	Unterseite des Ronne Schelfeises	
3.6.8	Flugprogramm auf dem Filchner/Ronne-Schelfeis und über	77
	Berkner Island	
3.7	Meteorologie	80
3.7.1	Antarktische Mesozyklonen im Weddellmeer	80
3.7.1.1	Ziele	80
3.7.1.2	Datenmaterial	80
3.7.1.3	Erste Ergebnisse	81
3.7.2	Bestimmung der Strahlungsbilanz in polaren Gebieten	85
3.7.2.1	Flugzeugmessungen	87
3.7.2.2	Satellitendaten	87
3.8	Expedition in die Kottasberge - Heimefrontfjella- Kirvanveggen,	90
	Neuschwabenland	
3.8.1	Programm	90
3.8.2	Expeditionsverlauf	92
3.8.3	Geologische Kartierungen in der Heimefrontfjella	93
3.8.3.1	Zielsetzung	93
3.8.3.2	Methodik	94
3.8.3.3	Verlauf der Arbeiten	95
3.8.3.4	Erste Resultate	96
3.8.3.5	Geplante weiterführende Untersuchungen	100
3.8.4	Weitere Untersuchungen zur permokarbonen Vereisung	102

3.8.5	Tiefenseismische Untersuchungen entlang eines Profils in der Heimefrontfjella	103
3.8.5.1	Reflexionsseismik und EMR-Messungen	105
3.8.5.2	Refraktionsseismik	108
3.8.5.2.1	Einleitung	108
3.8.5.2.2	Instrumentierung	108
3.8.5.2.3	Zeitbasis	110
3.8.5.2.4	Schußpunkte und Stationskoordinaten	112
3.8.5.2.5	Bohr- und Schießtechnik	113
3.8.5.2.6	Daten und erste Ergebnisse	115
3.8.5.3	Gravimetrie und Magnetik	122
3.8.5.3.1	Erfassung der reduzierten Totalintensitäten des Erdmagnetfeldes ..	122
3.8.5.3.2	Vermessung von Schwere- und Höhenänderungen	123
3.8.6	Glaziologie	123
3.8.6.1	An ice-dynamical investigation of an ice-stream at Heimefrontfjella, Dronning Maud Land; the Creamstream Ice Stream Project	123
3.8.6.1.1	Introduction	123
3.8.6.1.2	Field work	124
3.8.6.1.3	Results	125
3.8.6.2	Glaciological studies in Scharffenbergbotnen	126
3.8.6.2.1	Introduction	126
3.8.6.2.2	Results of the 1989/90 fieldtrip to Scharffenbergbotnen	127
3.8.6.3	Mikrowellensignaturen von polarem Firn	130
3.8.6.4	Schneedeckenuntersuchungen	133
3.8.6.5	Messung der Schneeakkumulation	135
3.9	Spurestoffanalytische Arbeiten im Bereich der Georg-von-Neumayer-Station und auf dem Filchner/Ronne-Schelfeis	136
4	Stationsliste	139
5	Expeditionsteilnehmer / Participants	150
6	Beteiligte Institutionen / Participating Institutions	151
7	Schiffspersonal / Ship's crew	155

Routenpläne von "Polarstern" während ANT VIII/5

1 ZUSAMMENFASSUNG UND FAHRTVERLAUF (H. Miller)

Am Abend des 16.12. verließ "Polarstern" die Reede von Ushuaya, nachdem noch dringend benötigte Ausrüstung mit erheblicher Verspätung auf dem Luftweg eingetroffen war. Die folgenden Tage wurden zur Aufrüstung der wissenschaftlichen Labors genutzt und am 19.12. begann das wissenschaftliche Programm mit einem seismischen Reflexionsprofil im Powell Becken. Die weitere Anreise zur Atka Bucht erfolgte relativ weit nördlich im eisfreien Wasser. Mit Einlaufen in die Atka Bucht konnte ein etwa 160 km langes tiefenseismisches Profil abgeschlossen werden.

Nach einer zügigen Entladung über das Meereis zwischen 26. und 28.12. wurde die Fahrt nach Süden fortgesetzt. In der Atka Bucht hatten sich bereits viele Fahrtteilnehmer, die Damen des Überwinterungsteams und die Teilnehmer an der Expedition in die Heimefrontfjella (siehe auch Abschnitt 3.8) ausgeschifft. Am 30.12. wurde eine Gruppe von Biologen im Drescher Inlet auf dem Schelfeis abgesetzt (s. Abschnitt 3.5) und am 04.01. legte sich "Polarstern" an die Schelfeiskante vor der Filchner Station. Dort waren inzwischen auch die beiden Polarflugzeuge von Rothera kommend eingetroffen. Die Entladearbeiten gingen unter Einsatz aller Eingeschifften sehr zügig voran, so daß bereits am 06.01. die Teilnehmer an der Filchner Kampagne (s. Abschnitt 3.6) das Schiff verlassen konnten. Die Weiterfahrt von "Polarstern" verzögerte sich wegen einer Blinddarmoperation an einem Expeditionsteilnehmer, wofür die "Polarstern" ins Meereis gelegt wurde.

Die Fortsetzung des marinen Forschungsprogramms begann nun im Wechsel zwischen geowissenschaftlichen und biologischen Arbeiten und erfuhr eine weitere Unterbrechung durch eine Rettungsaktion für einen Teilnehmer der ersten indischen Weddellmeer Expedition, der an einem Durchbruch eines Zwölffingerdarmgeschwürs erkrankt war. Der Einsatz der Hubschrauber der "Polarstern" und unseres Ärzteteams ermöglichte erste lebensrettende Maßnahmen. Nachdem sich der zunächst bedrohliche Allgemeinzustand des Patienten etwas gebessert hatte, wurde er in einer mit Mc Murdo abgestimmten Aktion mit POLAR 4 zum Südpol geflogen und von dort mit einer amerikanischen Maschine via Mc Murdo nach Christchurch evakuiert.

Vom 12.01. bis 17.02. operierte "Polarstern" zwischen Kapp Norwegia und der antarktischen Halbinsel, meist begünstigt von ruhigem Wetter und relativ guten Eisverhältnissen. Die wissenschaftlichen Schwerpunkte, marine Geophysik und Geologie sowie Benthosforschung konnten erfolgreich ausgeführt werden und erfuhren in dieser Periode nur kurze Unterbrechungen durch notwendige Unterstützung der Landgruppen. So wurde einmal die Gruppe im Drescher Inlet versorgt und ein Teilnehmer der Heimefrontfjella-Gruppe mit gebrochenem Wadenbein bei Halley zur weiteren Versorgung auf "Polarstern" übernommen.

Am 17.02. begann die Rückladung bei Filchner und war am Abend des 18.02. bereits beendet. Die Gruppe im Drescher Inlet wurde am 21. und 22.02. an Bord geholt, ebenso die alte Drescher Station komplett entsorgt. Am 26.02. machte "Polarstern" an der Schelfeiskante der Atka Bucht fest; die Rückladung der Güter

der Georg-von-Neumayer-Station und der Heimefrontfjella-Gruppe konnte bei günstigem Wetter bis zum 01.03. abgeschlossen werden, und am selben Abend lief "Polarstern" mit nördlichem Kurs nach Kapstadt aus. Nach relativ stürmischer Rückreise erreichte "Polarstern" am Morgen des 12.03.90 den Hafen von Kapstadt. Damit ging eine Reise zuende, an der 70 Wissenschaftler beteiligt waren, während der 3 Gruppen unabhängig voneinander auf dem Eis arbeiteten sowie von mehreren Gruppen ein intensives marines Forschungsprogramm durchgeführt wurde.

2 SUMMARY AND ITINERARY (H. Miller)

"Polarstern" left Ushuaya in the evening of December 16th, after last supplies had arrived by air. During the following days the ship's laboratories were instrumented and on December 19th the scientific programme got underway with a multichannel seismic reflection line traversing Powell basin.

On December 26th Atka Bay was reached after "Polarstern" had traversed the Weddell Sea, skirting the sea ice along its northern and eastern margin. During the final approach to Atka Bay, a 160 km long deep seismic sounding line was shot at sea and recorded on the ice by the local seismological net of the geophysical observatory at Georg-von-Neumayer base. Supplies for this wintering base were consequently unloaded over the shorefast sea ice of Atka Bay and a number of participants left for land and their expedition to Heimefrontfjella (see section 3.8).

On December 28th the voyage continued further south and on December 30th a four man team of biologists, together with their camp, were put on the ice in Drescher Inlet (see section 3.5). After relatively easy passage along the western margin of the three ice islands north of Berkner Island, the Ronne Ice Shelf was reached on January 4th and supplies for the Filchner summer base as well as expedition goods for the Filchner-Ronne ice shelf programme (see section 3.6) were unloaded.

Further progress of the marine programme was at first slowed down by an appendectomy which was performed in the ship's hospital, and then by rescue activities in connection with a severely ill expedition member of the first Indian Weddell Sea Expedition. The use of the ship's helicopters and its medical facilities allowed a life-saving operation and when the condition of the patient had stabilized, evacuation to New Zealand was carried out in a concerted effort of one of our research aircrafts which flew the patient to the South pole, from where USARP took over and flew him to Christchurch via Mc Murdo.

Between January 12th and February 17th, research from "Polarstern" was carried out between Kapp Norwegia and the Antarctic peninsula, mostly favoured by quiet weather and relatively good ice conditions. The main objectives of the marine geophysical and geological as well as the benthic sampling programmes could be achieved. They were only interrupted for short periods due to necessary support

operations for the land parties, the most time consuming of which was the evacuation of a team member from the Heimefrontfjella group with a broken ankle for medical treatment on board.

On February 18th the groups from Filchner base had been taken on board together with their supplies and on February 22nd the group from Drescher Inlet was back on the ship. At the same time the temporary Drescher summer base which had been erected in 1986, was dug out and completely taken off the ice.

Between February 26th and March 1st the resupply of Georg-von-Neumayer base was completed and retrograde goods were loaded.

The return voyage to Cape Town was slightly hindered by stormy weather and heavy seas, but inline magnetic and gravimetric measurements were still possible. In the morning of March 12th "Polarstern" made fast in Cape Town harbour. This ended a cruise in which a total of 70 scientists participated, split into three groups working independently on the ice, and where also an intensive marine programme was carried out in various disciplines.

3. BERICHTE DER ARBEITSGRUPPEN

3.1 Bathymetrie und Eiskantenvermessung

3.1.1 Bathymetrische Untersuchungen mit dem Fächersonar HYDROSWEEP (T. Döscher, J. Focke, S. Steinmetz)

Während des gesamten Fahrtverlaufs wurde die Meeresbodentopographie mit dem HYDROSWEEP-System aufgezeichnet. Besonderes Gewicht lag dabei auf der Erweiterung der bereits mit dem SEABEAM-Fächerlot auf den Fahrten ANT IV/3, ANT V/4 und ANT VI/3 vermessenen Gebiete.

Wegener Canyon

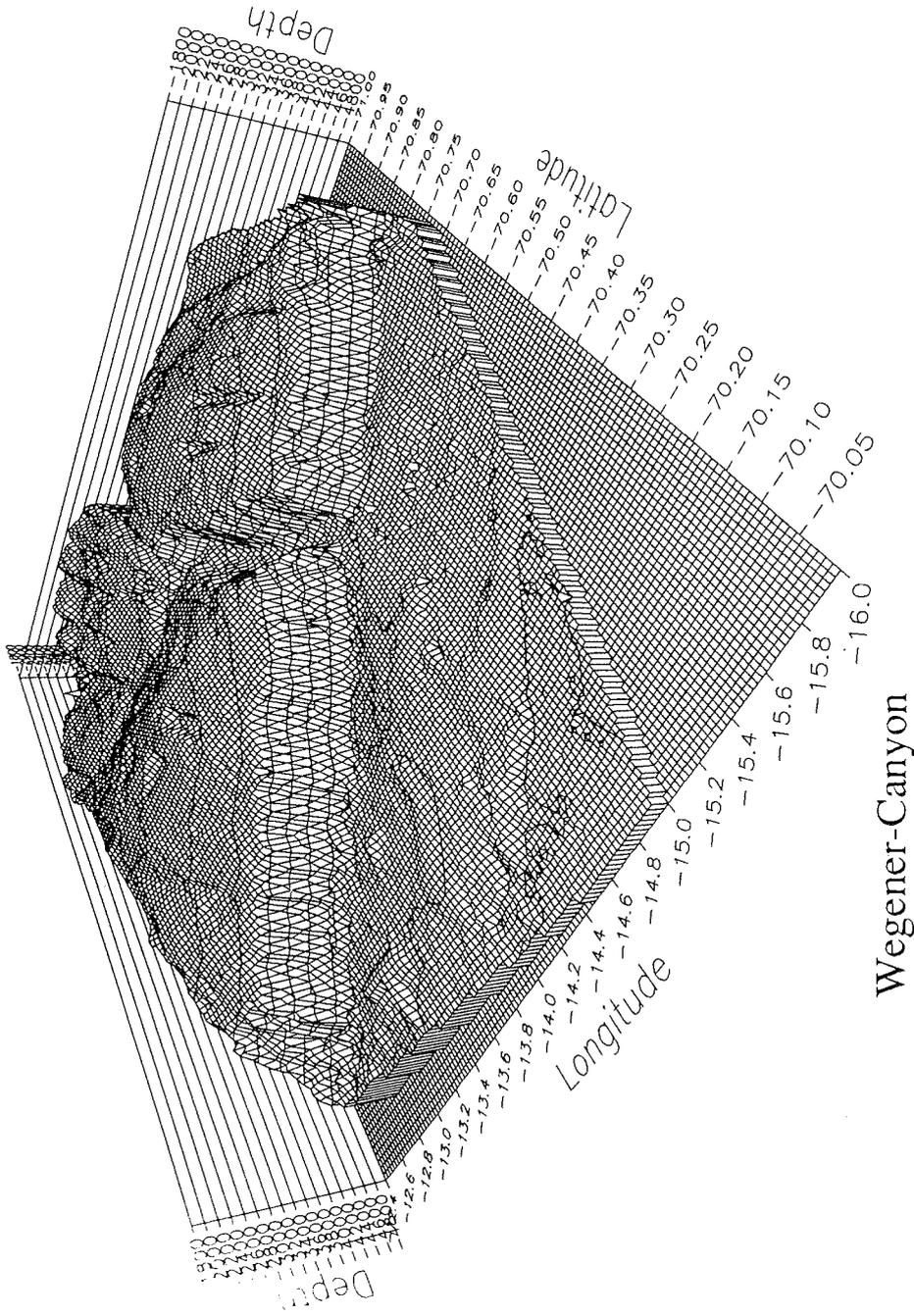
In Ergänzung zu den bereits 1985-88 gefahrenen SEABEAM-Profilen wurde der nordöstliche Teil von der Terrasse bis in die Tiefsee-Ebene vermessen (Abb. 1). Des weiteren konnte der Tiefseebereich vor dem Wegener Canyon breitflächig erfaßt werden. Auf dem Rückweg zur Atka-Bucht wurde die Topographie des Explora-Escarpments vom Auslaufen im Südwesten auf 71°12'S und 18°30'W nach Nordosten bis zum Wegener Canyon verfolgt. Dabei wurde ein neuer kleinerer Canyon 20 km südwestlich des Wegener Canyons entdeckt und kartiert. Das Schiff wurde mit Hilfe des Online-Plots navigiert. Anhand der Profile, die zusammen mit der Seismik im Hang- und Mündungsbereich des Canyons gefahren wurden, konnten die Widersprüche in den SEABEAM-Daten, die damals zu Schwierigkeiten in der Interpretation führten, beseitigt werden. Die Tiefenmessungen umfassen eine Fläche von 70 * 70 km².

Lyddan Ice Rise

Vor dem Lyddan Ice Rise wurde das bisher erfaßte Gebiet großräumig erweitert (Abb. 2). Die Ergebnisse zeigen eine Abfolge von mehreren Rücken und Tälern bzw. Canyons in diesem Areal, das von Südwesten nach Nordosten abfällt. Auf der Rückreise wurden speziell die Rücken zusammen mit Seismik und PARASOUND vermessen. Das abgefahrene Gebiet ist 50 * 60 km² groß. Der sich laut GEBCO-Karte 518 westlich anschließende Deutschland-Canyon konnte trotz mehrerer Profifahrten durch diese Gegend nicht nachgewiesen werden.

Drescher-Inlet

Die vorhandenen SEABEAM-Daten wurden auf den An- und Abfahrten zur Drescher Station um einige HYDROSWEEP-Profile erweitert. Außerdem konnten erstmals Fächer- und Sedimentecholotungen bis in das Inlet hinein durchgeführt werden. Diese Messungen sind zusammen mit den NBS-Tiefen für die Biologen eine wichtige Hilfe bei der Auswertung der Tauchtiefen von Robben in diesem Bereich (vgl. Abschn. 3.5).



Wegener-Canyon

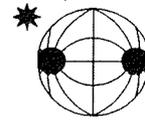
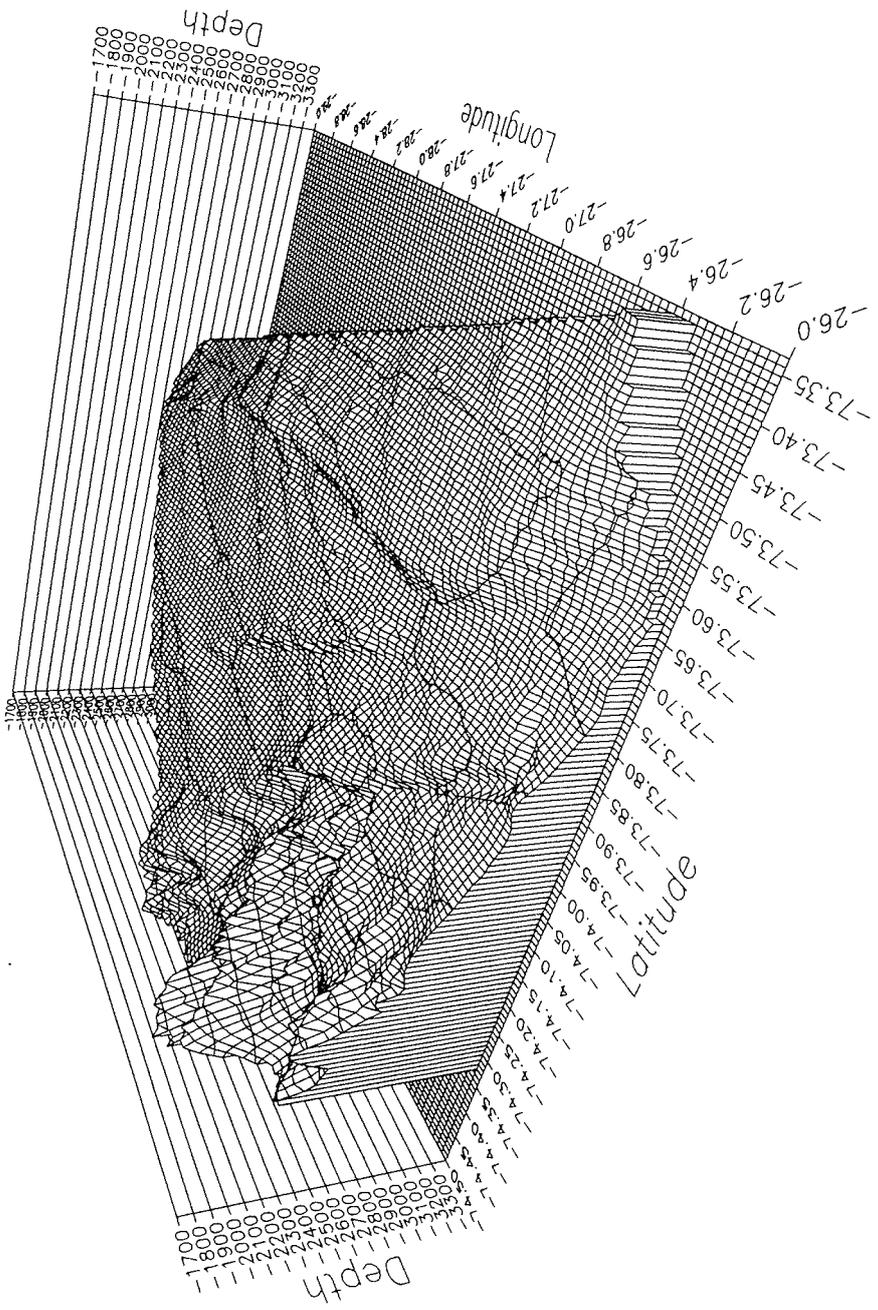
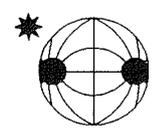


Abb. 1 : Ansicht des Wegener-Canyons aus Nordwesten
 Fig. 1 : View of the Wegener Canyon from northwestern direction

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



Lyddan



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

Abb. 2 : Ansicht des Gebietes vor dem Lyddan Ice Rise aus Nordosten
 Fig. 2 : View from northeast on area of Lyddan Ice Rise

Filchner-Ronne-Schelfeis

Von der englischen Station Halley über die Filchner-Station bis zur antarktischen Halbinsel konnten mehrere parallele Profile während der An- und Abfahrten mit HYDROSWEEP und PARASOUND gemessen werden. Diese Schelfgebiete sind in der GEBCO-Karte 518 von 1983 noch ohne Tiefenangaben und wurden teilweise erstmals kartiert.

Atka-Bucht

Da die Atka-Bucht während des letzten Aufenthalts nahezu eisfrei war, bot sich die Gelegenheit, diese mit HYDROSWEEP zu vermessen. Mittels der Centerbeam-Tiefen konnte anschließend eine vorläufige Isolinienkarte im Maßstab 1:100.000 erstellt werden.

Während der Anreise und der Profillfahrten im Weddellmeer lieferten die Online-Plots der HYDROSWEEP-Messungen ständig einen Überblick über Schiffskurs und erfaßte Fläche auf dem Meeresboden. Diese Kontrollmöglichkeit wurde bei der Verfolgung des Explora-Escarpments zum Navigieren des Schiffes nach der Topographie genutzt.

An den geologischen Probenstationen wurden kleinräumige Flächenvermessungen gefahren, um die Topographie der unmittelbaren Umgebung für die geologische Interpretation nutzen zu können (Abb. 3).

Alle bisher gesammelten und navigationskorrigierten Fächerlotdaten aus dem Weddellmeer - von ANT IV/3, ANT V/4, ANT VI/3 und ANT VIII/5 - wurden auf ein einheitliches Wasserschallmodell reduziert, nach Blattschnitten geordnet, im Maßstab 1:250.000 kartiert und auf Magnetbänder geschrieben, so daß bei weiteren Fahrten in diese Gebiete sofort ein Überblick über bereits vorhandene Profile besteht.

Während der HYDROSWEEP-Wachen wurden zusätzlich die Messungen mit dem PARASOUND-Sedimentecholot durchgeführt.

Navigation

Einen weiteren Aufgabenbereich stellte die Aufbereitung der Positionsdaten der INDAS-Anlage dar. Von Anfang Januar bis Ende Februar 1990 waren 9 GPS-Satelliten für die Navigation nutzbar. Dadurch lagen während der Fahrt durchweg mehr als 20 Stunden GPS-Positionen vor. Die durch Satellitenwechsel, starken Seegang und Eisfahrt bedingten Offsets wurden nach Ablauf eines Tages bewertet und korrigiert. Nach dieser Korrektur standen Positionen mit einer Genauigkeit besser als ± 50 m zur Verfügung. Damit wurde dann auch eine gute Lagegenauigkeit der Echolotungen und somit eine sehr gute Übereinstimmung in den Isobathen bei überkreuzenden Fächerlotprofilen erreicht. Normalerweise sind die Lagefehler der Tiefenlinien wesentlich größer als die Fehler der Tiefenmessung. Die korrigierten Positionsdaten wurden u.a. der Geophysik für die Korrektur der seismischen Schußabstände zur Verfügung gestellt.

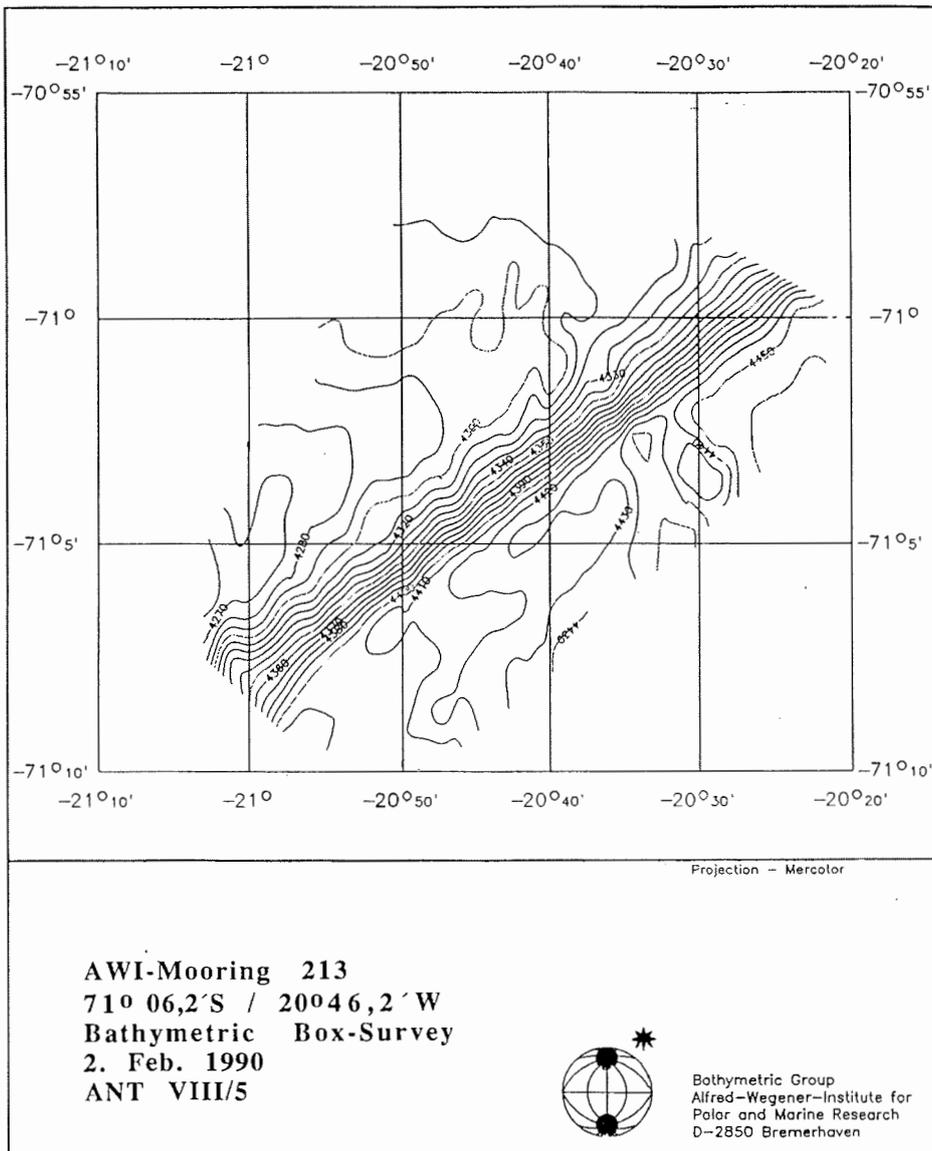


Abb. 3 : Topographie des Meeresboden in der Umgebung der Verankerung 213
 Fig. 3 : Seabottom topography around mooring 213

3.1.2 Eissituation im südlichen Weddellmeer Jan./Feb. 1990
(T. Döscher, J. Focke, S. Steinmetz)

Während der Passagen entlang der Kante des Ronne-Schelfeises und der Eisinseln aus dem Bereich des ehemaligen Nordteils des Filchner-Schelfeises wurde mit Hilfe des Navigationsradars auf der Brücke die Lage der Eiskante vermessen. Diese relativen Positionen wurden über die Zeit der absoluten Schiffsposition zugeordnet.

a) Situation der Ronne-Schelfeiskante

Am 10.01.90 konnte beim Ablufen von der Filchner Anlegestelle die Schelfeiskante nach Südwesten von 50° W bis auf 48° W verfolgt werden. Nördlich des Hemmon Ice-Rise verläuft sich die Kante im dichter werdenden Meereis und wurde nicht weiter kartiert.

Die Eiskante von der Filchner Anlegestelle bis zur antarktischen Halbinsel wurde am 14./15.02.90 vermessen. Die eisfreie Polynia entlang der Schelfeiskante ermöglichte eine Profifahrt mit konstantem Abstand, so daß die neue Eiskante aus den korrigierten Schiffspositionen errechnet werden konnte. Bei Abweichungen von der Kurslinie und beim Auftreten von Inlets wurde die Eiskante mit dem Schiffsradar aufgenommen. Dieses war auch bei der Kartierung zwischen dem Ronne-Schelfeis und Cape Fiske auf der antarktischen Halbinsel der Fall. Die Genauigkeit der Aufnahme liegt bei ± 50 m, die der Kursführung entlang der Eiskante bei ± 100 m. Der mittlere Punktabstand beträgt ungefähr 100 m.

Seit der letzten Vermessung 1986 (Swithinbank, Brunk, Sievers) hat sich die Kante im Mittelteil um ca. 3,3 Seemeilen nach Nordosten verschoben. Der Verschiebungsbetrag vor der Filchner-Station beträgt ungefähr 2 Seemeilen. 50 Seemeilen nordwestlich der Station - im Bereich der zwei Inlets - ist 1989 ein ca. 500 km² großes Stück aus dem Schelfeis herausgebrochen und driftet nach Nordwesten. Dieses Stück wurde am 15.02.90 umfahren und kartiert.

b) Situation der Eisinseln

Während der Anfahrten zur Filchner-Station bzw. auf den Ablaufstrecken wurden die Eisinseln insgesamt sechs Mal passiert. Die Kartierung von markanten Punkten an der Eiskante erfolgte ausschließlich mit dem Schiffsradar. Auf diese Weise konnten die Nordseiten der drei Eisinseln erfaßt werden. Da sich die Form der Inseln äußerlich nicht stark verändert hat, was Satellitenbilder bestätigen, konnte die Digitalisierung des Umrings aus den Angaben der Filchner-Ronne Schelfeiskarte (Swithinbank, Brunk, Sievers 1986) durchgeführt werden.

Die Eisinseln, die sich 1986 vom Filchner-Schelfeis gelöst haben, bewegen sich seitdem nach Norden. Das westliche und das mittlere Abbruchstück sind parallel zueinander um ca. 65 Seemeilen verdriftet. Die darauf befindlichen verlassenen Stationen Ellsworth (USA) und Drushnaya I (UDSSR) konnten auf den An- und Abreisen wiederholt lagemäßig eingemessen werden. Die Unterschiede in den Koor-

dinaten der Stationen und anderer markanter Punkte liegen unterhalb der Meßgenauigkeiten, so daß die beiden westlichen Eisinseln im Jan./Feb. 1990 als ortsfest gelten können. Die Wassertiefen unter den Inseln liegen zwischen 350 und 500 m. Das östliche Abbruchstück des Filchner Schelfeises wurde am 03.01.1990 ca. 90 Seemeilen nördlich der ehemaligen Abbruchsstelle passiert. Auf ihr konnten die ehemaligen Stationen Shackleton (USA) und General Belgrano I (ARG) lokalisiert werden.

Während der letzten An- und Abfahrt zur Filchner-Station am 12.02.90 bzw. am 19.02.90 war die Eisinsel um 25 Seemeilen nach Nordosten verdriftet, hatte sich 30° im Uhrzeigersinn gedreht und wanderte mit 0,5 Seemeilen/Tag entlang dem Nordwesthang der Filchnerdepression in Wassertiefen von 600 m. Ihr folgt das vormals 500 km² große Füllstück aus dem Bereich des ehemaligen Grand Chasm.

Station	Position	Aufnahmedatum
Shackleton	75°49'00" S 37°05'00" W	13.01.90
Belgrano I	76°04'00" S 38°05'00" W	13.01.90
Ellsworth	76°02'02" S 42°27'53" W	19.02.90
Drushnaya I	76°07'24" S 41°47'54" W	19.02.90

Tab. 1: Lage der Stationen auf den Eisinseln
 Tab. 1: Location of former stations on the ice islands

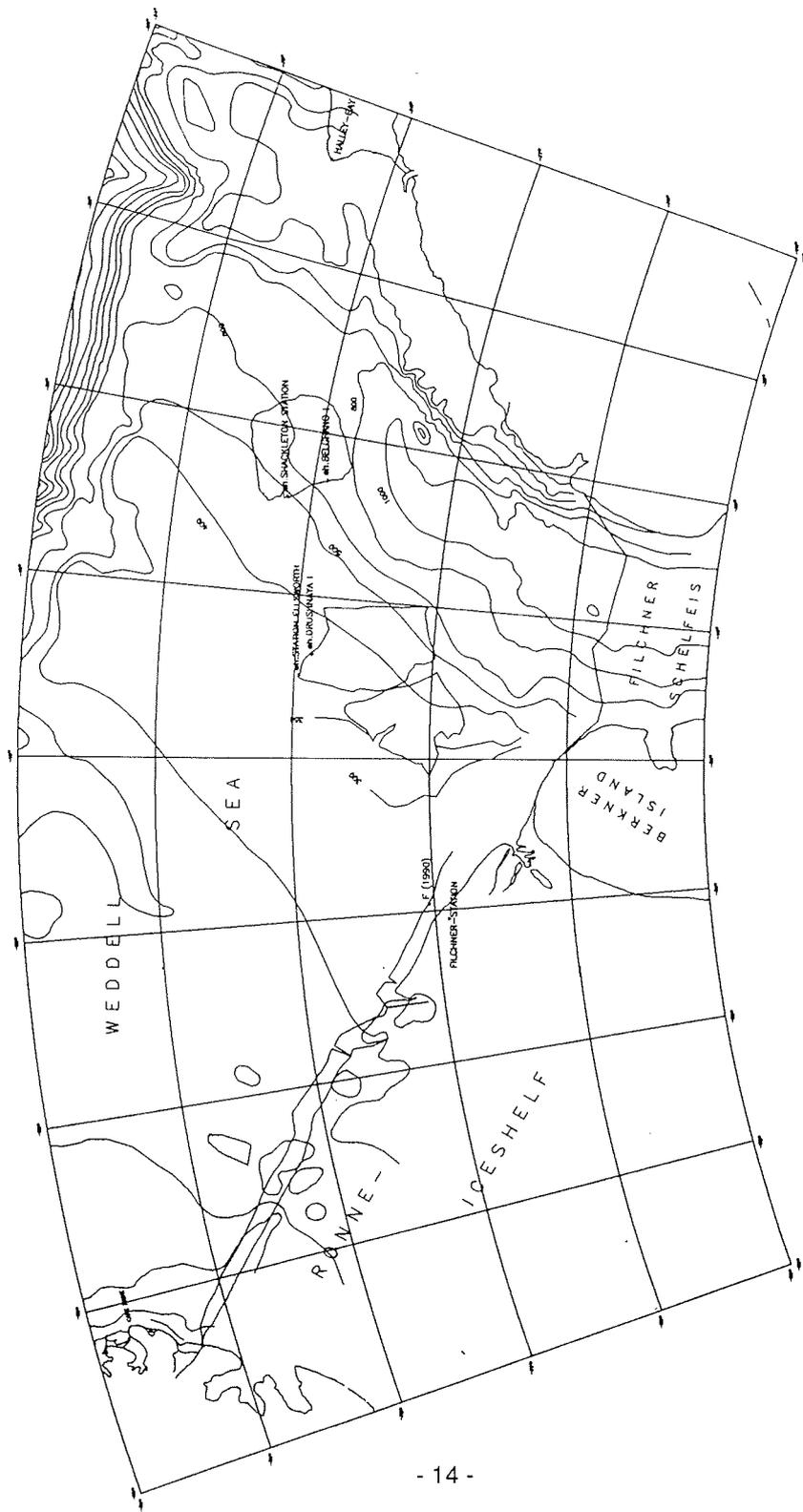


Abb. 4: Eissituation im südlichen Weddellmeer Jan./Feb. 1990
 Fig. 4: Ice situation of southern Weddell Sea Jan./Feb. 1990

3.2 Marin-geologische Arbeiten - Untersuchungen zur Interpretation glazial-mariner Sedimentationsprozesse im südöstlichen Weddellmeer (M. Weber)

Neben der Probennahme vor Filchner, Kapp Norvegia und der Atka-Bucht lag der Schwerpunkt der marin-geologischen Untersuchungen im Bereich NW von Lyddan Ice Rise.

Vorerkundungen mit SEABEAM und dem 3,5-KHz-Sedimentecholot und erste Probennahmen in diesem Gebiet erfolgten auf einem schmalen SE-NW gerichteten Streifen bereits auf ANT VI/3 (Abb. 5). Schon zum damaligen Zeitpunkt zeigte sich, daß zwei Sedimentrücken die Hangterrasse von SW nach NE durchziehen.

Ein Ziel dieser Reise war, die Sedimentrücken in ihrer SW-NE-Erstreckung mit den Systemen HYDROSWEEP und PARASOUND flächig zu vermessen (Abb. 5).



Abb. 5 : Vermessungsstrecken NW Lyddan Ice Rise:
 durchgezogene Linie = ANT VIII/5; gestrichelte Linie = ANT VI/3
 Fig. 5 : Trackplots NW of Lyddan Ice Rise:
 drawn lines = ANT VIII/5; dashed lines = ANT VI/3

Ein weiteres Ziel war die Beprobung der Sedimente mit dem Schwerelot und dem Großkastengreifer. An neun Stationen wurde ein Kerngewinn von insgesamt 74 m erzielt. Die Kernungen erfolgten auf der nach NE geneigten Hangterrasse bei Wassertiefen zwischen 1389 m und 3383 m. Die Auswahl der Kernlokationen erfolgte nach einer vorangegangenen Kartierung der 3,5-KHz-Aufzeichnungen.

Sechs der neun Stationen lagen auf den Sedimentrücken (Abb. 6). Hier wurden die besten Kernergebnisse erzielt. Das längste Schwerelot wurde auf Station PS 1795 mit 14,35 m gezogen. Die Sedimente der Rücken sind allgemein feinkörnig und parallelgeschichtet. Sie zeichnen sich im PARASOUND-Sedimentecholot durch mehrlagige, parallele bis subparallele Reflektoren und hohe Eindringtiefen bis zu 70 m aus. Von der Lokation PS 1793 bis zur Lokation PS 1792 nimmt die Eindringtiefe kontinuierlich von etwa 70 m auf 20-30 m ab. Hier sind Proximal-Distal-Änderungen zur östlich vorgelagerten breiten Rinnenstruktur zu erwarten. Die Kerne PS 1795, 1889 und 1791 liegen entlang des südlichen Rückens und sollen die fazielle Entwicklung in Längsrichtung zeigen.

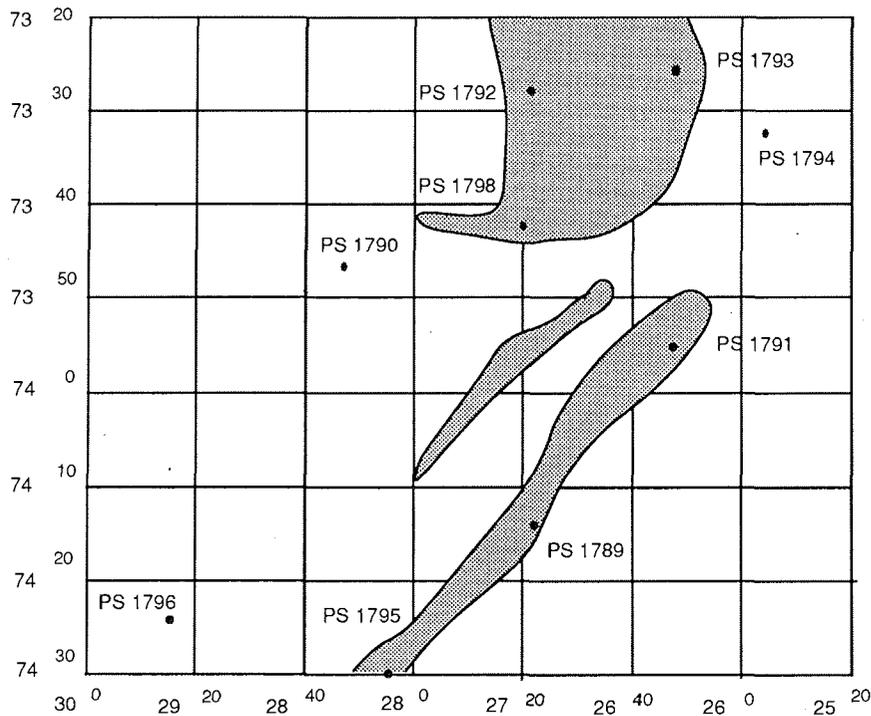


Abb. 6 : Geologische Probenstationen mit Lage der Sedimentrücken (punktiert)
 Fig. 6 : Geological sampling stations and positions of the sediment-ridges (dotted)

Die Station PS 1795 liegt im Bereich kissenartig transparenter Reflektoren, die jeweils im NW der Sedimentrücken auftreten. Mit PS 1796 wurden keilförmige Strukturen beprobt. Diese beherrschen den SW des Arbeitsgebietes und deuten auf großräumige Rinnensedimentation und Erosion hin.

Die Sedimentrücken besitzen jeweils eine steile Süd- und flache Nordflanke (Abb. 7). Vor allem der südliche Rücken tritt morphologisch deutlich hervor. Bei der Anlage der südlich vorgelagerten, tief eingeschnittenen Erosionsrinne dürfte das vom Schelf abfließende kalte Bodenwasser eine wichtige Rolle gespielt haben. Der mittlere Rücken wird im nordöstlichen, tiefer gelegenen Teil des Gebietes ausgewaschen. Im Norden schließt sich ein ausgedehnter plateauartiger Rücken an.

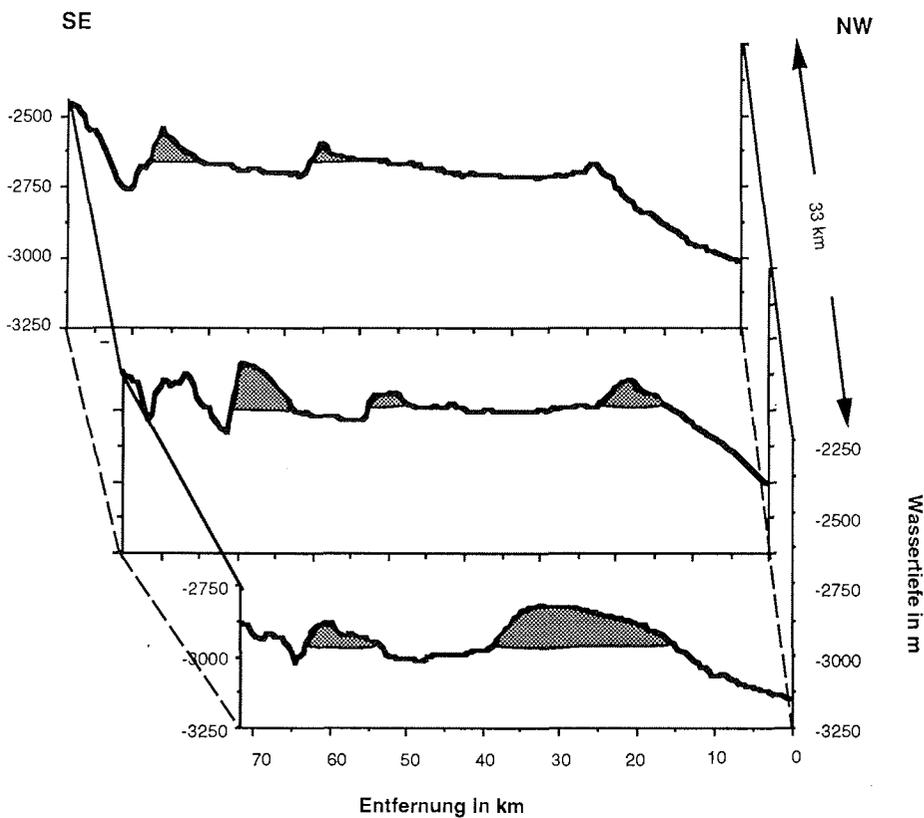


Abb. 7: Topographische Profile der Hangterrasse NW Lyddan; die Sedimentrücken sind schraffiert eingezeichnet.

Fig. 7: Topographic profiles across the terrace; the sediment-ridges are drawn hatched.

Im Bereich der Rinnenstrukturen zeigt das PARASOUND-Sedimentecholot einen schallharten Untergrund. Auf der Station PS 1794 wurde versucht eine dieser Rinnen zu beproben. Das Schwerelot brachte leider keinen Kerngewinn. Das mittelgrob-sandige, schräggeschichtete Material der Großkastengreiferprobe gibt jedoch Hinweise auf die für Erosionsrinnen charakteristischen hohen Strömungsenergien.

3.3 Marine Geophysik

3.3.1 Gravimetrie und Magnetik

(W. Jokat, G. Uenzelmann, H. Miller, A. Brodscholl, J. Wüster)

Für kontinuierliche Schweremessung auf dem FS Polarstern wurde das Seegravimeter KSS 31/25 (Bodenseewerke, Überlingen) eingesetzt. Die Kommunikation mit dem Gerät erfolgt mit Hilfe des Bordrechners vom Typ VAX 750. Das Seegravimeter erhält im Sekundentakt über eine serielle Schnittstelle Navigationsinformationen zur Stützung der Sensorplattform. Die Datenerfassung erfolgt ebenfalls mit Hilfe dieses Computers. Während dieses Fahrtabschnittes (Routenplan s. Abschn. 4) wurden die Daten des Gravimeters alle 20 s aufgezeichnet. Dies entspricht bei seismischer Meßfahrt (5 km) etwa einem Meßpunkt-Abstand von 50 m. Die Daten-Files werden stündlich auf einer der Festplatten des Bordrechners abgespeichert.

Landanschlüsse wurden zu Beginn und am Ende der Reise, in Ushuaia und in Kapstadt, hergestellt. Der internationale Schwerepunkt in Ushuaia war leider nicht mehr aufzufinden (Abriß des Hauses), so daß ein Hilfspunkt eingemessen wurde.

Das Seegravimeter hat während der gesamten Expedition störungsfrei gearbeitet. Die Auswertung der Meßwerte wurde bisher auf die seismischen Profile beschränkt.

Ebenfalls in Verbindung mit einem großen Teil der seismischen Profile wurden die Totalintensität des Erdmagnetfeldes mit einem GEOMETRICS G811 Protonenmagnetometer vermessen. Die digitale Datenerfassung erfolgte bisher mit einem PDP11-Rechner über eine parallele Schnittstelle (A. Brodscholl und R. Macedo, 1988). Auf diesem Fahrtabschnitt wurde ein Programm geschrieben, um die Totalintensität des Erdmagnetfeldes mit Hilfe des Bordrechners über eine serielle Schnittstelle aufzuzeichnen. Das Programm arbeitete zufriedenstellend.

Meßlücken entstanden durch zweierlei Umstände :

- Bei einer Eisbedeckung von mehr als 5/10 mußte das Schleppsystem eingeholt werden, da sonst die Gefahr besteht, daß das Gerät durch unter das Kabel driftende Eisschollen abgerissen wird. Auch bei geringerer Eisbedeckung ist durch Eisschollen der Stabilisator des Sensors zerstört bzw. abgetrennt worden.
- der im Sensor eingebaute Vorverstärker mußte ausgewechselt werden

Die mit dem G811-Protonenmagnetometer vermessenen Profile sind der Abb. 8 zu entnehmen.

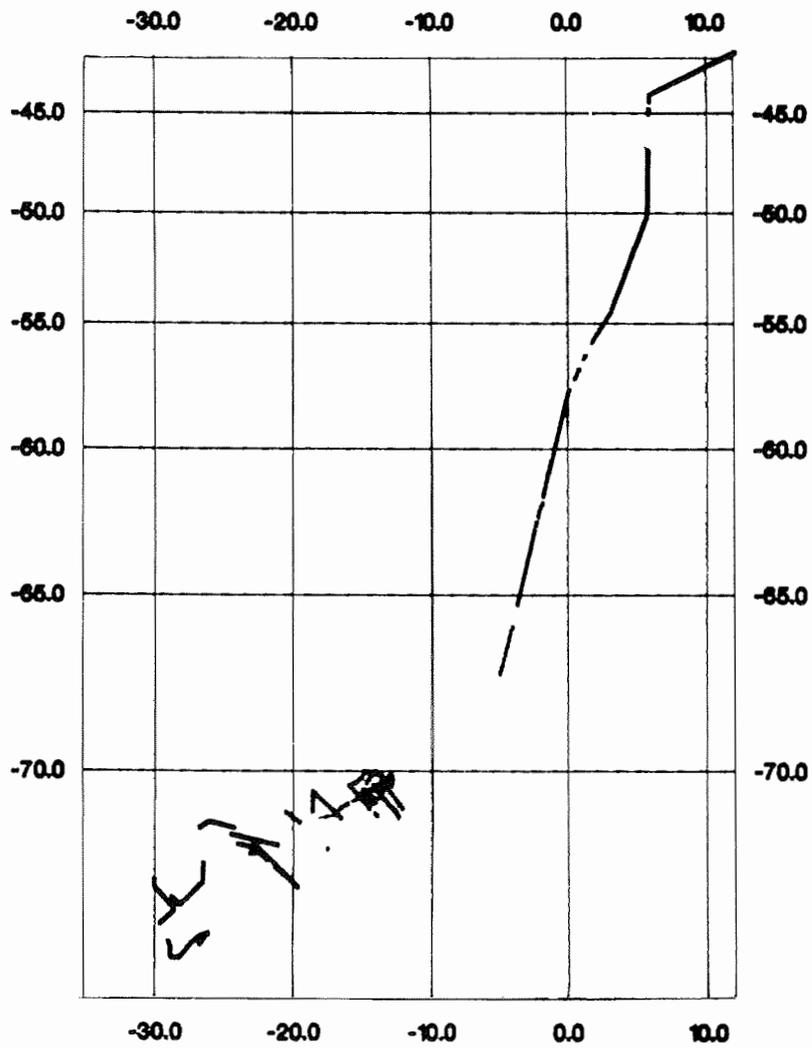


Abb. 8 : Profile, auf denen während des "Polarstern"-Fahrtabschnittes ANT VIII/5 die Totalintensität des Erdmagnetfeldes mit einem G811-Protonenmagnetometer vermessen und digital aufgezeichnet wurde.
 Fig. 8 : Profiles with digital geomagnetic registrations during leg ANT VIII/5.

3.3.2 Reflexionsseismik (H. Miller, M. De Batist, B. Heesemann, W. Jokat, N. Kaul, N. Lensch, E. Maes, G. Uenzelmann, W. Versteeg)

Von Seiten der marinen Geophysik lag der Schwerpunkt der Aktivitäten eindeutig auf der Reflexionsseismik. An den Messungen waren zwei Arbeitsgruppen beteiligt (AWI, RCMG).

Für die Messungen wurden folgende Geräte eingesetzt :

- 800 m PRAKLA-SEISMOS Streamer (600 m aktive Länge, 24 Kanäle mit je 32 Hydrophonen)
- 2 getunte Airgun-Arrays mit je 5,7 l Gesamtvolumen
- Digitale Meßapparatur GEOMETRICS ES2420
- 2 Magnetbandgeräte (STORETEK) mit 6250 bpi Schreibdichte

Zielgebiete der Reflexionsseismik für den Fahrtabschnitt ANT VIII/5 waren folgende drei Regionen (Abb. 9) :

- Wegener Canyon; hier sollte das vorhandene Profilnetz erweitert werden, um die Frage nach der Natur des dort sehr ausgeprägten Explora-Escarpments beantworten zu können (s. Abb. 10)
- Nördlich Halley Bay; zum einen wurde hier das vorhandene Profilnetz verdichtet, um bereits bekannte, sedimentäre Strukturen besser darstellen zu können. Zum anderen sollte der weitere noch nicht bekannte Verlauf des Explora-Escarpments erkundet und eine aus Satellitenbeobachtungen vermutete Schwereanomalie untersucht werden (s. Abb. 10)
- Schelfgebiet vor dem Filchner-Ronne-Schelfeis; hier wurde ebenfalls das vorhandene Profilnetz insbesondere durch Linien senkrecht zur Schelfeiskante erweitert. Wegen der geringen Wassertiefe von nur wenigen hundert Metern und des schallharten Meeresbodens ist die Tiefeneindringung aufgrund der extrem starken Meeresbodenmultiplen sehr beschränkt (s. Abb. 11)

Auf allen reflexionsseismischen Profilen wurden, wenn notwendig, Sonobojen (Fa. Fairchild SB87) zu ergänzenden Geschwindigkeitsmessungen verwendet. Diese Daten wurden ebenfalls auf der GEOMETRICS ES2420 digital aufgezeichnet. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Kenndaten der einzelnen Profile enthalten Tabelle 2 und 3.

Insgesamt wurden etwas mehr als 4000 Profilkilometer mit einer 8- bis 12fachen Überdeckung vermessen.

Abb. 12 zeigt ein Beispiel für reflexionsseismische Daten aus dem Gebiet nördlich von Halley. Abb. 13 zeigt eine Sonobuoy Registrierung aus dem Bereich Wegener Canyon.

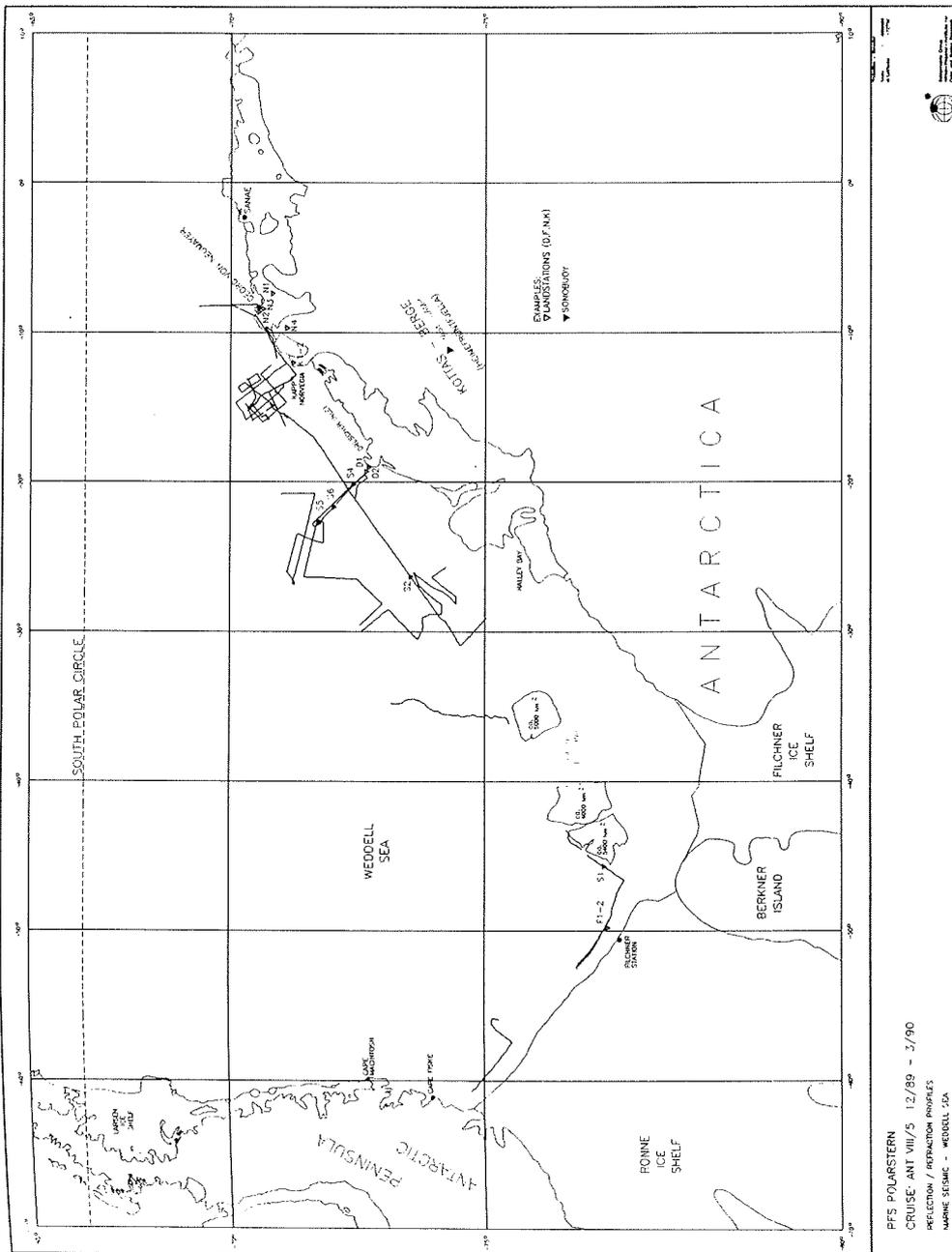


Abb. 9 : Profile der Refraktions- und Reflexionsseismik während des "Polarstern"-Fahrtabschnittes ANT VIII/5 12/89 - 3/90

Fig. 9 : Refraction and reflection profiles during leg ANT VIII/5, 12/89 - 3/90

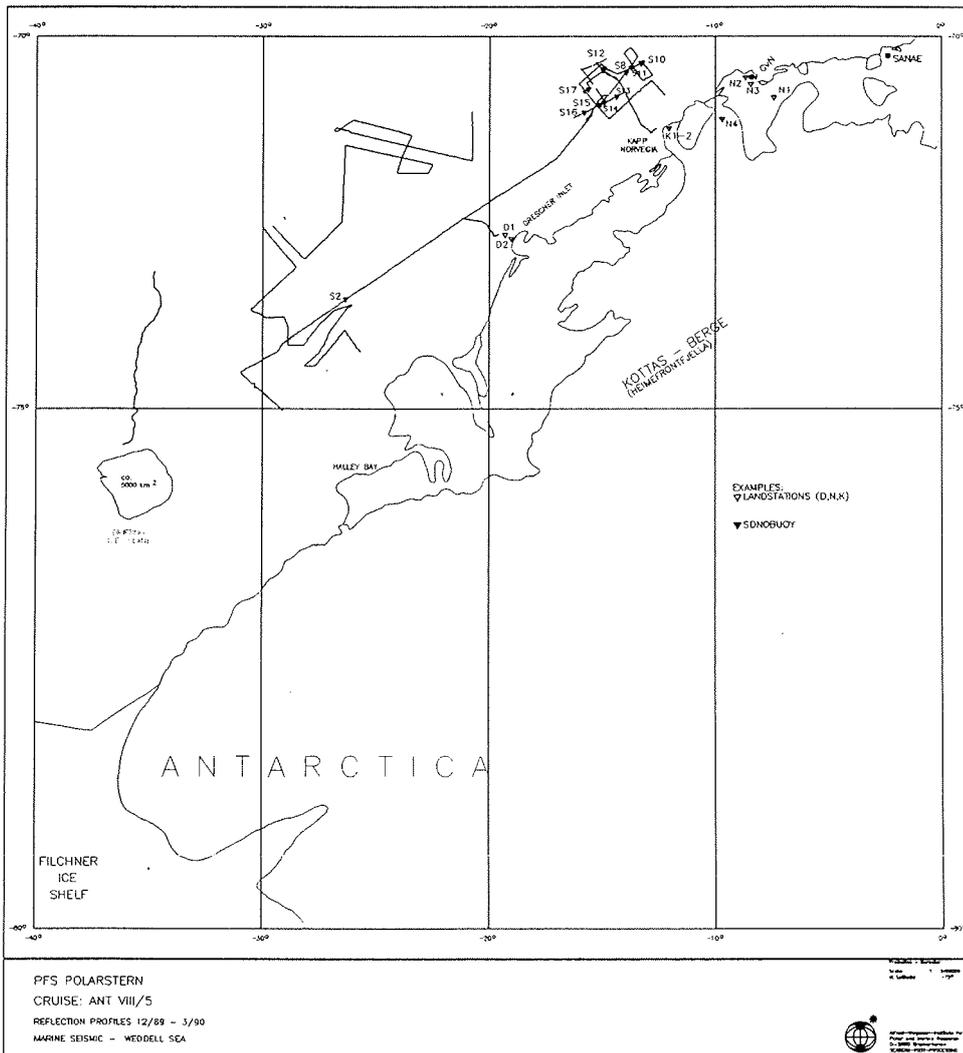


Abb. 10 : Nördliche Profile der Reflexionsseismik während des "Polarstern"-
 Fahrtabschnittes ANT VIII/5, 12/89 - 3/90
 Fig. 10 : Northern reflection profiles during leg ANT VIII/5, 12/89 - 3/90

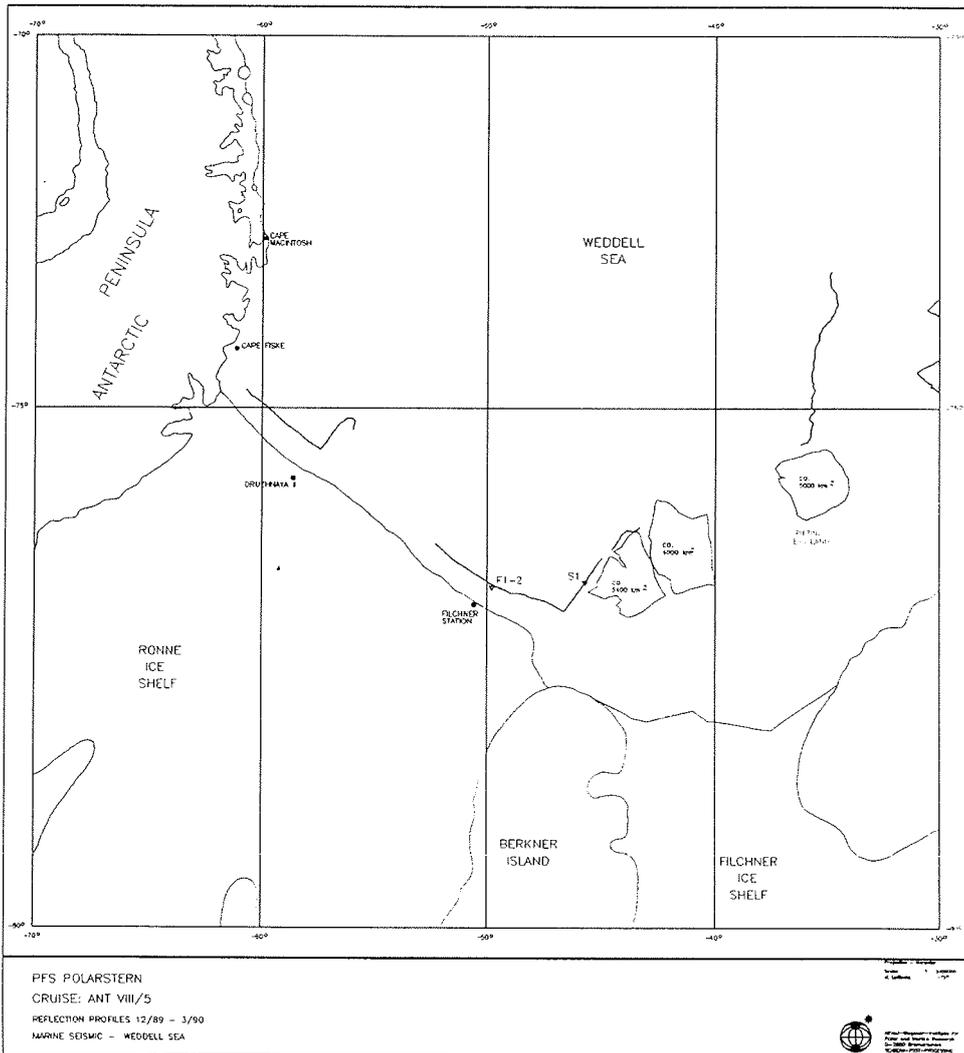


Abb. 11 : Südliche Profile der Reflexionsseismik während des "Polarstern"-
 Fahrtabschnitts ANT VIII/5, 12/89 - 3/90

Fig. 11 : Southern reflection profiles during leg ANT VIII/5, 12/89 - 3/90

Tab. 2 : Marine Seismik während ANT VIII/5, 12/89 - 3/90:
Zusammenstellung der Reflexions- und Refraktionsprofile, des Registrierzeitraumes, der Schußanzahl und der vermessenen Profilkilometer

Tab. 2 : Marine Seismics during leg ANT VIII/5, 12/89 - 3/90:
Compilation of the reflection profiles and refraction profiles with recording periods, number of shots and measured profile length

Name	Refl/Refr	Registrierzeitraum				Schüsse	km
AWI-89010	Refl	19.12.89	14:40	19.12.89	19:35	1165	35
AWI-89020	Refr	25.12.89	22:45	26.12.89	08:07	1125	93
AWI-89030	Refl	30.12.89	23:40	31.12.89	18:40	6655	166
AWI-90040	Refr	07.01.90	09:32	07.01.90	19:00	568	85
AWI-90050	Refl	08.01.90	01:40	09.01.90	10:19	11539	288
AWI-90060	Refl	16.01.90	02:48	17.01.90	09:29	10961	274
AWI-90070	Refr	20.01.90	19:23	21.01.90	22:25	1871	339
AWI-90080	Refl	22.01.90	00:55	22.01.90	08:26	2686	67
AWI-90090	Refl	22.01.90	08:36	23.01.90	19:47	11887	297
AWI-90100	Refr	26.01.90	20:13	28.01.90	13:51	4580	502
AWI-90110	Refl	28.01.90	21:45	29.01.90	15:43	5849	146
AWI-90111	Refl	29.01.90	17:36	29.01.90	22:40	1447	36
AWI-90112	Refl	29.01.90	22:52	30.01.90	06:50	2194	71
AWI-90113	Refl	30.01.90	06:50	30.01.90	16:37	2700	88
AWI-90114	Refl	30.01.90	16:37	30.01.90	18:55	633	21
AWI-90115	Refl	30.01.90	18:55	30.01.90	20:27	424	14
AWI-90116	Refl	30.01.90	20:27	31.01.90	02:25	1647	53
AWI-90117	Refl	31.01.90	03:28	31.01.90	04:19	235	8
AWI-90118	Refl	31.01.90	04:19	31.01.90	07:15	812	26
AWI-90119	Refl	31.01.90	07:46	31.01.90	13:07	965	48
AWI-90120	Refl	31.01.90	13:07	31.01.90	16:44	651	33
AWI-90121	Refl	31.01.90	16:44	31.01.90	22:32	1043	52
AWI-90122	Refl	31.01.90	22:32	01.02.90	08:30	1796	90
AWI-90130	Refl	02.02.90	15:10	02.02.90	23:41	2547	96
AWI-90131	Refl	02.02.90	23:43	03.02.90	23:20	5467	205
AWI-90132	Refl	03.02.90	23:20	04.02.90	03:30	988	37
AWI-90133	Refl	04.02.90	03:30	04.02.90	14:10	2562	96
AWI-90134	Refl	04.02.90	14:34	04.02.90	20:35	1447	54
AWI-90135	Refl	04.02.90	20:35	05.02.90	01:40	1220	46
AWI-90136	Refl	05.02.90	01:40	05.02.90	03:00	320	12
AWI-90137	Refl	05.02.90	03:00	05.02.90	17:58	3570	134
AWI-90140	Refl	05.02.90	17:58	06.02.90	15:08	5054	190
AWI-90150	Refl	06.02.90	15:08	07.02.90	00:16	2191	82
AWI-90151	Refl	07.02.90	00:16	07.02.90	10:18	2408	90
AWI-90160	Refl	07.02.90	10:18	07.02.90	19:43	2260	85
AWI-90161	Refl	07.02.90	19:43	08.02.90	01:02	1270	48
AWI-90162	Refl	08.02.90	01:02	08.01.90	05:13	1005	38
AWI-90170	Refl	08.02.90	05:13	08.02.90	07:30	548	21
AWI-90180	Refl	08.02.90	07:30	08.02.90	17:08	2312	87
AWI-90181	Refl	08.02.90	17:08	09.02.90	04:53	2821	106
AWI-90182	Refl	09.02.90	04:53	09.02.90	06:30	398	15
AWI-90183	Refl	09.02.90	06:30	09.02.90	13:10	1591	60
AWI-90184	Refl	09.02.90	13:10	09.02.90	17:00	919	34

Fortsetzung Tab. 2:

Name	Refl/Refr	Registrierzeitraum				Schüsse	km
AWI-90190	Refl	11.02.90	15:07	12.02.90	20:36	10067	252
AWI-90200	Refl	15.02.90	20:39	16.02.90	09:52	3161	119
AWI-90201	Refl	16.02.90	09:52	16.02.90	15:40	1286	48
AWI-90202	Refl	16.02.90	15:40	16.02.90	18:13	609	29
AWI-90210	Refl	23.02.90	15:11	23.02.90	18:36	487	18
AWI-90211	Refl	23.02.90	18:36	23.02.90	19:45	277	7
AWI-90212	Refl	23.02.90	19:45	24.02.90	01:21	1344	50
AWI-90213	Refl	24.02.90	01:21	24.02.90	06:44	1292	48
AWI-90214	Refl	24.02.90	06:44	24.02.90	08:01	306	11
AWI-90215	Refl	24.02.90	09:40	24.02.90	16:13	2355	59
AWI-90216	Refl	24.02.90	16:13	25.02.90	02:22	3645	91
AWI-90217	Refl	25.02.90	02:22	25.02.90	05:52	1255	31
AWI-90220	Refr	25.02.90	10:30	26.02.90	08:50	2680	281
Total							5412
Reflektion							4112
Refraktion							1300

Tab. 3 : Marine Refraktionsseismik während ANT VIII/5, 12/89 - 3/90: Sonobuoy Positionen, von denen auswertbare Daten empfangen wurden und Refraktionsprofile

Tab. 3 : Marine Seismics during leg ANT VIII/5, 12/89 - 3/90: Sonobuoy positions which gave radio/seismic signals and refraction lines

Name	Lokation		entlang Profil
Sonobuoy 1	S 76,90179	W 45,69699	AWI-90050
Sonobuoy 2	S 73,67813	W 26,32403	AWI-90060
Sonobuoy 4	S 72,59265	W 20,16400	AWI-90070
Sonobuoy 5	S 71,90852	W 22,72418	AWI-90070
Sonobuoy 6	S 72,20044	W 21,67578	AWI-90070
Sonobuoy 7	S 71,02061	W 12,50380	AWI-90100
Sonobuoy 8	S 70,53973	W 13,88367	AWI-90119
Sonobuoy 10	S 70,40623	W 13,20666	AWI-90119
Sonobuoy 11	S 70,47258	W 13,64909	AWI-90119
Sonobuoy 12	S 70,50967	W 14,91807	AWI-90121
Sonobuoy 13	S 70,87578	W 14,15780	AWI-90122
Sonobuoy 14	S 70,90462	W 14,33135	AWI-90122
Sonobuoy 15	S 70,99273	W 14,87041	AWI-90122
Sonobuoy 16	S 71,02449	W 15,05545	AWI-90122
Sonobuoy 17	S 71,13872	W 15,76624	AWI-90122
Sonobuoy 24	S 70,79987	W 15,58047	AWI-90210
Sonobuoy 25	S 70,99935	W 11,50088	AWI-90220
Sonobuoy 26	S 70,96203	W 11,03729	AWI-90220
Sonobuoy 27	S 70,28212	W 8,14110	AWI-90220

Name	Station	Lokation	
AWI-89020	N1 (Watzmann)	S 70,9226	W 7,3927
	N2 (West Station)	S 70,624	W 8,633
	N3 (South Station)	S 70,718	W 8,4170
	N4 (Soerasen)	S 71,2361	W 9,6826
AWI-90040	F1-F2	S 76,95667	W 49,76917
AWI-90070	D1	S 72,83793	W 19,30632
	D2	S 71,37000	W 11,99750
AWI-90100	N1 (Watzmann)	S 70,9226	W 7,3927
	N2 (West Station)	S 70,624	W 8,633
	N3 (South Station)	S 70,718	W 8,4170
	N4 (Soerasen)	S 71,2361	W 9,6826

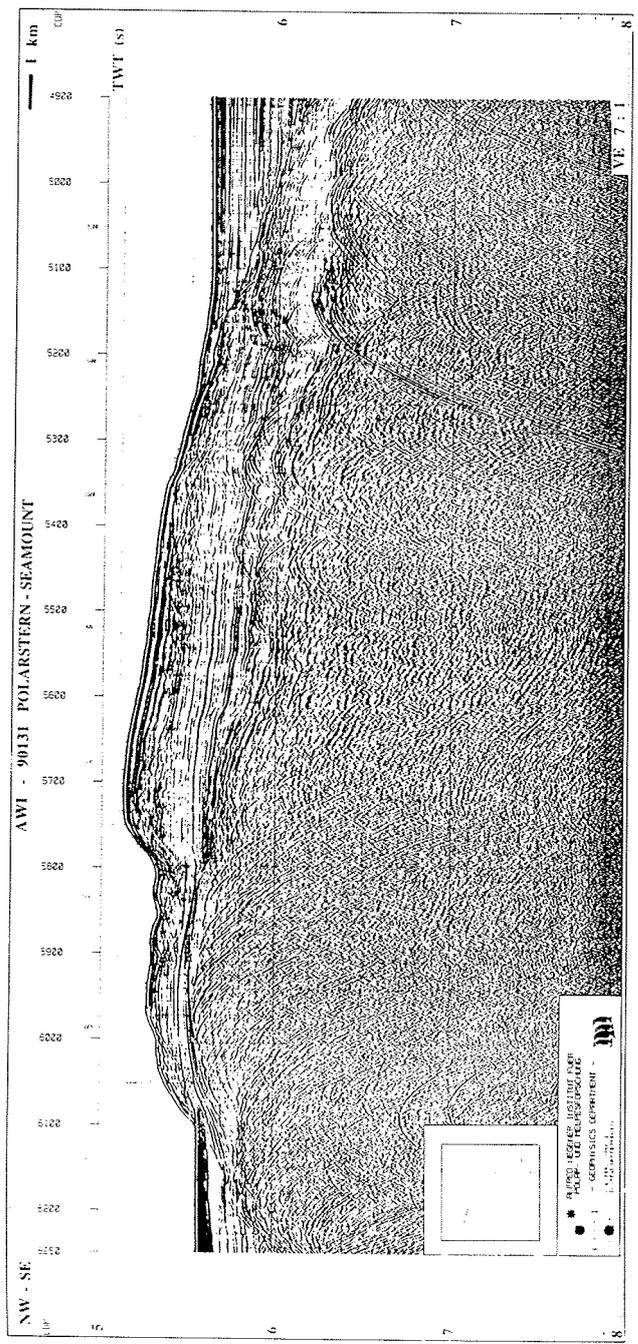


Abb. 12 : Reflexionsseismisches Profil AWI 90131 nördlich Halley ("Polarstern-Seamount")
 Fig. 12 : Reflection seismic profile AWI 90131 north of Halley ("Polarstern seamount")

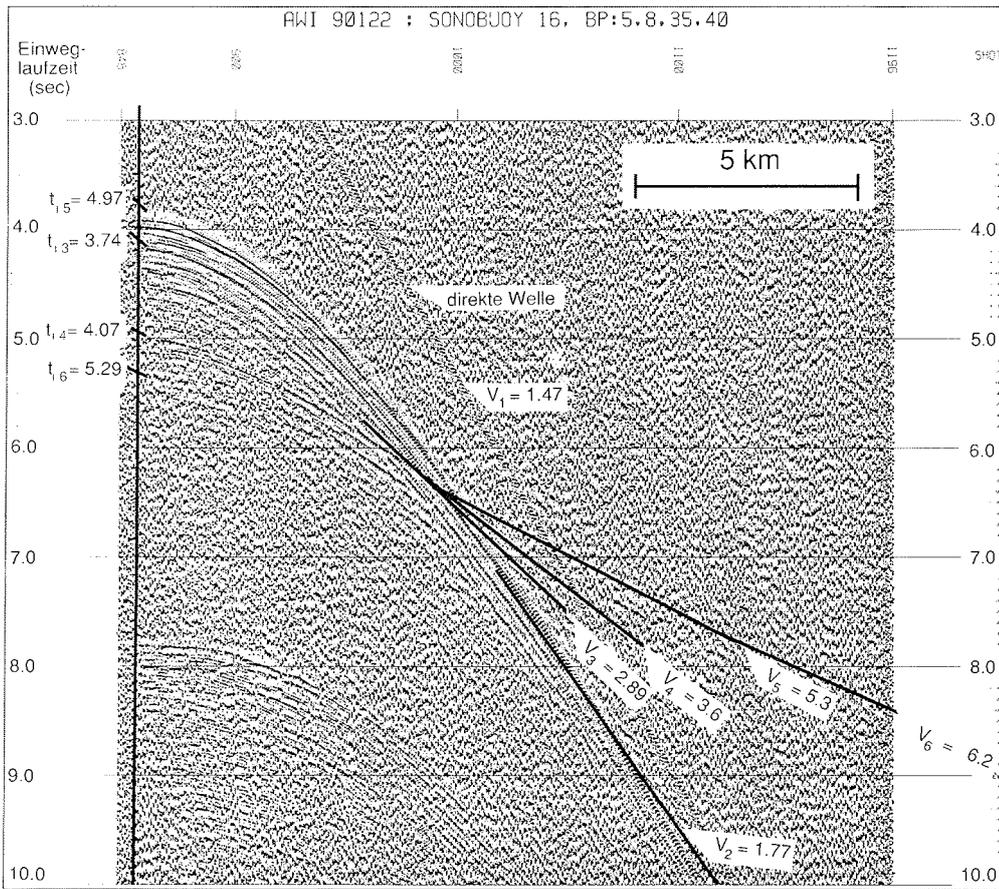


Abb. 13 : Sonobuoy-Aufzeichnung im Bereich des Wegener Canyons
 Fig. 13 : Sonobuoy record in the area of Wegener Canyon

3.3.3 Refraktionsseismik (H. Miller, M. De Batist, B. Heesemann, W. Jokat, N. Kaul, N. Lensch, E. Maes, G. Uenzelmann, W. Versteeg)

Ergänzend zu den reflexionsseismischen Messungen wurden an vier Lokationen Refraktionsprofile (Abb. 9) vermessen, und zwar vor

- der Georg-von-Neumayer Station (N)
- Kapp Norvegia (K)
- der Drescher Station (D)
- der Filchner Station (F)

Als Quelle wurde vom AWI erstmalig eine 32 Liter Luftkanone der Firma BOLT eingesetzt. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte an der ersten Position mit Hilfe des lokalen, seismischen Arrays der Georg-von-Neumayer-Station. In den drei anderen Meßgebieten wurden zwei MARS-88 Apparaturen der Firma Lennartz verwendet. Für die Dauer der Messungen wurden an den letztgenannten Punkten Registrierer abgesetzt, die z.T. im Zelt die Apparaturen betreuten und für den notwendigen Wechsel der Datenträger (Disketten) sorgten.

Der zeitliche Schußabstand betrug 30 s (ca. 70 m). Als Zeitnormal für Schuß und Registrierung diente die WEMPE Schiffsuhr. Die MARS-Apparaturen zeigten nach maximal 2tägigem Einsatz eine Abweichung von der Schiffsuhr von 500 ms. Abb. 10 zeigt die Profile mit den Lokationen der Landstationen.

Die Erfahrungen mit dem Einsatz der BOLT-Luftkanone für Refraktionsprofile sind sehr gut. Auch bei schwerem Eisgang mußte die Messung nicht unterbrochen werden, da die Kanone mitschiffs geschleppt wurde. Die Reichweite der Signale war zumindest in einem Fall (Neumayer) sehr gut. Auf einer bereits an Bord erstellten Seismogrammontage erkennt man deutlich Signale bis 180 km. Eine Bewertung der anderen Profile kann noch nicht erfolgen, da diese nicht bereits an Bord verarbeitet werden konnten.

3.3.4 Datenverarbeitung (W. Versteeg, M. De Batist, W. Jokat, N. Kaul, E. Maes, G. Uenzelmann)

Insgesamt wurden 419 Feldbänder (6250 bpi) mit reflexionsseismischen Daten beschrieben. Um diese Datenmenge ohne größere Verzögerung verarbeiten zu können, stand ein Computer vom Typ CONVEX C1 auf dem Schiff zur Verfügung. Dieser Rechner war vom AWI für die Dauer des Experimentes geleast worden :

- CONVEX C 1 mit 32 Mb Memory
- 1,5 Gbyte Plattenplatz
- 2 Bandlaufwerke (1600, 6250 bpi; 50 ips)
- 1 Versatec Plotter V80
- 5 Terminals

Zur Verarbeitung der seismischen Daten wurde das am AWI vorhandene Programmpaket DISCO (CogniSeis, Houston) auf diesen Rechner transferiert. Trotz dieser guten Rahmenbedingungen war es aber notwendig, während der Messungen selbst und auch in der meißfreien Zeit einen 24-Stunden-Schichtbetrieb für die Verarbeitung der Daten einzurichten. Nur dieser Einsatz gewährleistete, daß am Ende alle Reflexionsdaten bis zur Stapelung verarbeitet waren. Die Daten sind damit in einem Zustand, daß sie in Bremerhaven rasch weiterverarbeitet und interpretiert werden können.

Für die Messungen und die Datenverarbeitung wurden insgesamt ca. 1100 Magnetbänder verwendet. Die gesamte Verarbeitung erfolgte mit einem CDP-Abstand von 25 m. Die Überdeckung variierte zwischen 16- und 24fach.

3.4 Systematische und faunistische Bestandsaufnahme des Benthos des Weddellmeeres

(P. Emschermann, W. Klepal, F. Krapp, S. Steiner, A. Svoboda und K.J. Wittmann)

Als Grundlage zur Monographienserie "Antarktisches Benthos" im DFG-Schwerpunktprogramm Antarktisforschung wurde die Untersuchung einer Reihe benthischer Evertibraten im Südsommer 1989/90 in Angriff genommen. Bearbeitet wurden Vorkommen und Verbreitung von Hydroidea, Kamptozoa (Entoprocta), Priapulida, Pogonophora, Phoronida, Pantopoda (Pycnogonida), Cirripedia und Mysidacea. Fanggeräte waren Agassiz-Trawl und Epibenthoschlitten.

Von 45 Hols an 26 Stationen lagen 41 in der Schelfregion von 80-600 m Tiefe. Davon entfielen 25 Hols auf das östliche Weddellmeer zwischen 8° und 28° W, 16 Hols auf den westlichen Bereich zwischen 49° und 61° W (s. Routenkarte Abschn. 4). Vier Fänge wurden in 600-1000 m Tiefe am Kontinentalabhang zwischen 23° und 31° W eingeholt. Ein Faunenprofil aus 4 Stationen von 1000-200 m sollte über die Tiefenverteilung Auskunft geben. Westlich des Filchner-Ronne-Schelfeises beeinträchtigten tiefe Temperaturen bis -19 °C die Auslese empfindlicher Formen erheblich, da der Netzhalt schon beim Hieven durchfror.

Im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes dominieren gröbere Sedimente, im Westen dagegen Sand- und Schlammböden. Generalisierend läßt sich feststellen, daß das Faunenspektrum sessiler Organismen in der stärker strömungsexponierten Steilhangzone des östlichen Weddellmeeres wesentlich breiter, der Individuenreichtum deutlich größer ist als in dem geringer strömungsexponierten, flachen südwestlichen Schelf. Einige vagile epi- und hyperbenthische Gruppen, wie Mysidacea und Cumacea zeigen hingegen ihre größte Entfaltung über den weniger exponierten flacheren Feinsedimentböden beider Meeresteile.

Die wenigen Tiefenfänge waren sehr heterogen. Daher sind bei zukünftigen Benthosarbeiten vermehrt Hols aus größeren Tiefen wünschenswert.

Tab. 4 : Benthosstationen - Sediment und Begleitfauna

Tab. 4 : Benthos stations - sediment and fauna

A (AGT) Ägassiz-Trawl, K (KGS) Epibenthoschlitten, NF Nadelfilz, SC Schill, SG Steingrus, SM Schlamm, ST große Steine, Am Amphipoden, As Ascidien, Br Bryozoen, Cr Crinoiden, Fi Fische, Ga Garnelen, Po Polychaeten, Sf Seefedern, Sg Seegurken, Si Seeigel, Sp Schwämme, Ss Schlangensterne, Sy Stylasteriden

Hol	Station	Position	Tiefe (m)	Datum	Sediment	Begleitfauna
1 A	16-396	S 71,08 W 11,77	360-320	29.12.	ST	Sp Br
2 A	16-399	S 72,86 W 19,30	380-390	30.12.	ST NF	Sp
3 A	16-403	S 76,94 W 49,81	220-250	6.01.		Br Sg
4 A	16-405	S 76,52 W 52,63	380	7.01.	Netz fast leer	
5 A	16-405	S 76,53 W 52,72	380	7.01.	Netz fast leer	
6 A	16-405	S 76,52 W 52,78	390	7.01.	SM	As (Sp Br)
7 K	16-407	S 75,46 W 27,02	240	12.01.	NF	Sp
8 A	16-407	S 75,44 W 27,04	250	12.01.	NF	Sp
9 K	16-411	S 74,45 W 25,75	520	14.01.	SM	Ga
10 A	16-411	S 74,47 W 25,67	530	14.01.	ST	
11 K	16-421	S 75,21 W 27,80	430-420	17.01.	SM	Si Ga
12 A	16-421	S 75,23 W 27,73	410-400	17.01.	SM SG	Sp Sf Si Cr Ga
13 A	16-423	S 74,84 W 27,56	460-470	17.01.	SM ST	Sp
14 K	16-423	S 74,85 W 27,64	470	17.01.	SM	Sp Am Ga
15 K	16-434	S 73,70 W 21,82	260	20.01.	SC	Br Sg Ga
16 A	16-434	S 73,69 W 21,75	260-270	20.01.	SM	Br Fi
17 K	16-437	S 72,84 W 19,40	390-420	21.01.		Br Ss Am
18 K	16-454	S 71,08 W 11,69	280-240	26.01.		Sp Fi
19 A	16-454	S 71,10 W 11,68	210	26.01.	NF	Sp Fi
20 A	16-456	S 71,25 W 12,01	200	26.01.		Sp As Fi
21 K	16-456	S 71,26 W 12,05	210-250	26.01.		Sp As Am
22 K	16-459	S 70,96 W 11,19	350-380	28.01.	SG	Sp Sf Cr Am
23 A	16-459	S 70,98 W 11,23	380-390	28.01.	ST SC	Cr
24 K	16-468	S 74,74 W 26,36	480-470	9.02.		Sf Am (Sp)
25 A	16-468	S 74,74 W 26,36	460	9.02.		Sf Fi Ga
26 A	16-470	S 74,29 W 34,12	1030-890	10.02.	SC	Br Sy Ss As
27 K	16-470	S 74,28 W 34,09	1050-960	10.02.	SC	Br Sy Sp Po
28 K	16-475	S 76,85 W 49,45	280	13.02.		Sp
29 A	16-475	S 76,85 W 49,43	280	13.02.	SM	Sp Si As
30 A	16-477	S 76,46 W 53,06	440-430	14.02.	SM	Sf Si
31 K	16-477	S 76,45 W 53,15	440-450	14.02.	SM	Ga
32 K	16-479	S 75,67 W 56,66	340	14.02.	SM NF	Ga
33 A	16-479	S 75,68 W 56,72	360	14.02.	SM	
34 A	16-481	S 74,74 W 61,13	630-640	15.02.	ST	
35 K	16-481	S 74,71 W 61,15	630-620	15.02.	SG	Am Ga
36 K	16-484	S 75,28 W 55,98	440	16.02.	SM	Po
37 A	16-484	S 75,30 W 55,99	450-440	16.02.	SM	
38 K	16-486	S 76,50 W 52,15	340-330	17.02.	SC	Sp Br Sf As
39 A	16-486	S 76,50 W 52,08	340	17.02.	SC	Sp Br Sf As
40 A	16-489	S 73,68 W 23,13	980-990	21.02.	ST	Cr Ss Ga
41 K	16-490	S 73,70 W 22,66	630-610	21.02.		(Sp Cr)
42 K	16-491	S 73,69 W 22,42	390-370	21.02.		Cr Am (Sp)
43 A	16-492	S 73,69 W 21,74	250	21.02.	SC	Br Sp Sg
44 A	16-496	S 70,63 W 08,08	80	27.02.	SC	Br Sg (Sp)
45 K	16-496	S 70,63 W 08,09	80	27.02.	SC	Br Sg (Sp)

3.4.1 Hydroidea (A. Svoboda)

Während einige Tiergruppen des Weddellmeeres, wie Crustaceen, Mollusken, Echinodermen und Fische durch deutsche Expeditionen untersucht sind, war das bei Hydrozoen bisher nicht der Fall. Das Ziel dieser Arbeit liegt aber nicht nur in der Erstellung eines Artenkataloges, sondern auch in der Lebendbeobachtung, Fotodokumentation und Konservierung für histologische Untersuchungen.

3.4.1.1 Methoden

Die Proben wurden abwechselnd mit dem Agassiz-Trawl und dem Epibenthoschlitten aus 80-1000 m Tiefe gedredgt. Da die meisten unbeschädigten Hydrozoenkolonien an der Vorkette des Agassiz hängen blieben, wurde zur Erhöhung der Fangausbeute von der Bordwerkstatt eine zusätzliche Vorkette in den Rahmen des Schlittens gespannt und mit acht dreizackigen Stahlhaken von 10 cm Länge bestückt. Die aus dem Netzsack ausgelesenen Hydrozoenkolonien waren in der Regel stark beschädigt und die Hydrotheken und Polypen so verschmutzt, daß sie nur noch zur Bestimmung herangezogen werden konnten.

Von allen auffällig gefärbten Arten und solchen mit expandierten Polypen wurden Lebendfotos angefertigt. Die Bestückung eines Makrostatives mit Lupenobjektiven und Ringblitzbeleuchtung erlaubte eine bis dreizehnfache Vergrößerung der Objekte. Eine der Fixierung vorgehende Betäubung der expandierten Polypen erwies sich als unnötig, da sich diese, wohl wegen der niedrigen Wassertemperaturen von etwa -1 °C, beim raschen Umsetzen in das Fixiergemisch (4% Formol-Seewasser, gepuffertes Glutaraldehyd) nicht kontrahierten.

3.4.1.2 Ergebnisse

Die folgenden Familien und Gattungen ließen sich mit dem Stereomikroskop erkennen, die Arten sind jedoch erst nach eingehender mikroskopischer Untersuchung bei höherer Vergrößerung eindeutig bestimmbar. Von etwa 150 bekannten sub- und hochantarktischen Hydroidenarten sind etwa 30 im Weddellmeer vertreten:

ATHECATA

- | | |
|------------------|--|
| Bougainvillidae: | <i>Perigonimus</i> sp.cf. <i>antarcticus</i>
<i>P.</i> sp., mit freier Meduse
<i>Hydractinia vallini</i> , <i>H. angusta</i> , 2 <i>H.</i> sp. |
| Eudendriidae: | 2-3 <i>Eudendrium</i> sp. |
| Tubulariidae: | <i>Tubularia</i> sp.cf. <i>ralphi</i>
<i>Corymorpha parvula</i> |
| Myriothelidae: | <i>Monocoryne</i> sp. |
| Stylasteridae: | <i>Stylaster</i> sp. |

THECAPHORA

- Plumulariidae: *Schizotricha unifurcata unifurcata*, *S. u. turqueti*
Halopteris catherina
- Haleciidae: >2 *Halecium* sp.
- Campanulariidae: *Campanularia hicksoni*, *C. chilensis*, *C. sp.*
Silicularia sp.cf. *rosea*
Billardia subrufa, *B. sp.*
- Lafoeidae: *Acryptolaria* sp.
Hebella sp.
- Sertulariidae: *Sertularella* = *Simplectoscyphus*, > 4 sp.
Thuiaria sp.cf. *pachyclada*, *T. sp.cf. affinis*
Staurotheca sp.cf. *antarctica*, *S. sp.cf. dichotoma*

Die meisten Dredgezüge erfolgten in 200-400 m Wassertiefe dicht an der Schelfeiskante. Dem stehen nur ein seichter Hol aus 80 m und vier tiefere Proben aus 600-1000 m gegenüber, die in Bezug auf die Artenzusammensetzung zu heterogen sind, um Tiefenbeziehungen erkennen zu lassen. Korreliert mit der Korngröße des Bodengrundes und damit zur Strömungsgeschwindigkeit nimmt die Artenzahl und Besiedlungsdichte an Hydroiden im Weddellmeer von West nach Ost zu. Auf Schlammböden fanden sich in den Siebproben außer *Billardia subrufa*, dem einzigen Ubiquisten, Epibionten nur auf vagilen Wirten, wie Schnecken, Polychaeten, Pantopoden, sowie Schlangensterne, Lanzenseegeln und Holothurien. Von den Athecata weist nur *Corymorpha parvula*, die die größten Einzelpolypen bis zu 20 cm Höhe und 15 cm Durchmesser hervorbringt, ein im Boden wurzelndes Stolonengeflecht auf. Alle übrigen Athecaten sowie eine Reihe thecaphorer Arten stolonisieren auf Hartbodenstücken oder auf dem Skelett anderer Sedentarien, wie Bryozoen und polypenfreien Kaulusteilen anderer Hydrozoen. Die polysiphone Verdickung der Stämme bedingt eine Biegesteifigkeit, die einzelne Arten von *Schizotricha*, *Halecium*, *Thuiaria* und *Sertularella* eine Wuchshöhe von bis zu 50 cm gestattet und sie so weit über die anderen bodennahen Filtrierer hinausragen läßt. Sterile und fertile Kolonien aller Arten fanden sich im selben Hol und in verschiedenen Tiefenstufen und zeigten somit keinen Einfluß der Tiefenverteilung. Eine vor Kapp Norvegia geborgene Verankerung von Sedimentfallen, die vor einem Jahr eingerichtet worden waren, erbrachte dicht verzweigte Kolonien von *Campanularia* sp.cf. *chilensis* aus 276 m und zusätzlich *Perigonimus* sp.cf. *antarcticus* mit zahlreichen Medusenknospen aus 613 m Tiefe, auf Glas und Polyesterplatten aufgewachsen.

Lebendhaltung und Laborbeobachtungen

Mehrere Kormoide von *Tubularia* sp.cf. *ralphi* wurden über 2 Wochen und *Hydractinia vallini* und *Hydractinia* sp. bis zu zwei Monaten in Aquarien mit Wasserdurchfluß, bzw. in belüfteten Behältern im Kühllabor bei -1 bis 0 °C gehalten. *Tubularia* sp. warf nach ein bis zwei Tagen die Polypenköpfchen ab und regenerierte sie in 7-10 Tagen innerhalb der Peridermröhre einschließlich der Gonadenanlagen. Bei den *Hydractinia*-Arten nahm innerhalb von zwei Monaten die Zahl der Gonophoren zu Lasten der Hydranthenzahl zu, so daß alle Entwicklungsstadien für histologische Zwecke gewonnen werden konnten.

3.4.2 Kamptozoen, Priapuliden, Pogonophoren und Phoroniden (P. Emschermann)

Nach Grobsortierung der Fänge an Deck auf Priapuliden, Pogonophorenröhren, sowie geeignete Besiedlungssubstrate und Wirtstiere für Phoroniden (Muschel-schalen) und Kamptozoen (Hydrozoenstämmchen, Echiuriden, Polychaeten, Bryozoen, Ascidien, Sipunculiden und Ophiuriden) erfolgte die Feinauslese unter dem Stereomikroskop. Zur sicheren Artbestimmung von Kamptozoen, namentlich der Loxosomatiden, benötigt man sowohl kontrahierte wie voll ausgebreitete Zooide. Aus diesem Grund wurde ein Teil der Proben vor dem Fixieren bis zum Erreichen einer natürlichen Haltung narkotisiert, teils noch auf den Wirtstieren, wenn möglich aber isoliert mit den ausgezupften Polychaetenborsten. In der Regel erwies sich eine zweistufige Betäubung als vorteilhaft, zuerst in seewasserisotonischer MgSO₄-Lösung, der dann bis zum Erreichen einer natürlichen Expansion der Tiere körnchenweise Stovain^R (Rhone Poulenc) oder Cocain-Hydrochlorid zugefügt wurde. Während Kamptozoen regelmäßig in nahezu allen Fängen vertreten waren, wurden nur in insgesamt zwei Fängen (Stat. 16/405 und 16/468) eine Priapulidenlarve und ein Priapulide (*Priapululus caudatus*) gefunden, an keiner der Fangstationen dagegen Pogonophoren oder deren typische Röhren entdeckt. Ebenso fehlen im Untersuchungsgebiet Phoroniden. Zu erwarten gewesen wäre einzig die in Muschel-schalen bohrende *Phoronis ovalis*. Dieser Art bieten sich aber mangels geeigneter Besiedlungssubstrate keine ausreichenden Lebensbedingungen.

An Kamptozoen ließen sich - bei deutlicher Tiefenzonierung - sechs Arten nachweisen: Eine koloniebildende Form der Gattung *Barentsia* und fünf solitäre epizoische Loxosomatiden. Deren eine wurde in nahezu allen Fängen auf allen geeigneten Wirtspolychaeten gefunden - zuweilen in dichtem Besatz von bis zu 20 Tieren pro Parapodium, wohingegen die übrigen Arten nur örtlich begrenzt auftraten. Der generell artenreicheren benthischen Fauna im östlichen, mehr strömungsexponierten Untersuchungsgebiet entspricht das dort reichere Kamptozoenvorkommen, während im flacheren, schwach überströmten Schelf westlich Filchner nur eine Art auftrat, und diese nur in schütterem Besatz der Wirtstiere. Letzteres mag zum Teil auch auf die ungünstigen Fangauslesebedingungen (Gefrieren des Fanges) zurückzuführen sein.

In Fängen unterhalb 800 m scheinen jegliche Kamptozoen zu fehlen; das mag mit der geringen Siedlungsdichte möglicher Wirtstiere zusammenhängen. Im einzelnen wurden gefunden:

Die Loxosomatiden

Loxosomella compressa, als überall vorherrschende Art auf den Dorsalborsten verschiedener Polychaeten der *Harmothoe*-Gruppe in Tiefen zwischen 200 und 500 m;

Loxosomella antedonis auf Mundscheibe und Armen des Ophiuriden *Ophiurolepis gelida* in Tiefen zwischen 200 und 600 m;

Loxosomella spec. cf. *murmanica* vereinzelt auf dem Hinterende eines noch nicht bestimmten Sipunculiden unterhalb 400 m;

Loxosomella antarctica vereinzelt und ohne Bevorzugung bestimmter Körperregionen auf allen Borsten und Cirren eines *Hermione*-artigen Aphroditiden; *Loxosomella* spec.nov. in kleinen Gruppen von Zooiden nur auf der Röhren-innen-seite von Kolonien eines *Schizobrachiella*-ähnlichen Bryozoos, und zwar ausschließlich an einer Fangposition (Stat. 16/434, 16/491 und 16/492), obwohl die Wirtstierart auch auf anderen Bryozoenschill-Gründen dichte Bestände bildete. Gekennzeichnet ist die neue Art durch einen Knospungstyp, der an *Loxosomella kefersteini* erinnert.

Die Barentsiide

Barentsia discreta wurde nur wenige Male in kleinen Kolonien auf verschiedenen Bryozoen, an der Basis von Hydroidenstämmchen und auf Brachiopodenschalen in Tiefen zwischen 300 und 400 m gefunden.

Nur zwei dieser Arten scheinen auf die Antarktis beschränkt, *Loxosomella antarctica* und *Loxosomella* spec.nov.; *Barentsia discreta* ist weltweit verbreitet und fehlt nur im arktischen Bereich. Die übrigen drei Arten, *Loxosomella compressa*, *Loxosomella antedonis* und *Loxosomella* cf. *murmanica*, wurden bisher als typisch nordatlantisch-arktische Formen angesehen. Ihr verbreitetes Auftreten im Weddellmeer und ihr gleichzeitiges Fehlen in der mittelatlantischen Region sowie im ganzen Pazifik zeugt von einer bipolar atlantischen Verbreitung und wirft die Frage nach den Faunenverbindungen zwischen beiden polaren Gebieten auf, zumal die Kamptozoen überwiegend kurzlebige Larvenstadien und somit eine ausgesprochen geringe Ausbreitungskapazität besitzen. Eine vergleichbar bipolare Verbreitung beobachtet man auch bei Priapuliden (*Priapulus caudatus*).

Lebende Proben einiger Arten wurden mit Erfolg über längere Zeit an Bord von Polarstern gehältert und zur Gonadenentwicklung und Larvenbildung angeregt. Sie sollen mit nach Freiburg gebracht und zu Laborkulturen für entwicklungsbiologische Untersuchungen zu Gonadeninduktion und Geschlechtsbestimmung herangezüchtet werden.

3.4.3 Pantopoda (F. Krapp)

Die Pantopoden (Klasse Pycnogonida, Ordnung Pantopoda) gehören zu den in der Antarktis häufigen, regelmäßig auftretenden Tiergruppen. Entsprechend günstig waren die Fänge, sie erbrachten mindestens 3500 Exemplare. 68 oder 69 Arten aus allen 8, bzw. 9 im Gebiet vertretenen Familien stellte ich fest, das sind fast 70 % aller antarktischen Formen. Im einzelnen verteilen sie sich wie folgt auf die einzelnen Gattungen (angegeben ist jeweils Familie, Gattung und Artenzahl):

Ammotheidae: *Achelia* 3; *Ammothea* 5; *Austroraptus* 1; Genera indet. 4.
Rhynchothoracidae: *Rhynchothorax* 1.
Austrodecidae: *Austrodecus* 1.
Nymphonidae: *Nymphon* 18; *Pentanympyon* 3 (?4).
Callipallenidae: *Austropallene* (einschließlich verwandter Gattungen) 7; *Pallenopsis* 6; *Clavigeropallene* 1.

Phoxichilidiidae (einschl. "Endeidae"): *Anoplodactylus* 1; *Endeis* 1.
Colossendeidae: *Colossendeis* 9; *Decolopoda* 1; *Dodecolopoda* 1.
Pycnogonidae: *Pycnogonum* 5.

Nach dem derzeitigen - vorläufigen - Überblick müßten mindestens 2 oder 3 der gesammelten Arten als neu für die Wissenschaft beschrieben werden. Bereits an Bord drängen sich Schlußfolgerungen über ökologische Verteilung und zoogeographische Daten auf. Sie müssen aber an Land mit Hilfe umfangreicher Literatur ausgearbeitet werden.

Farbmerkmale: Besonders bei den mittelgroßen und großen Formen können äußerlich leicht feststellbare Merkmale wie auffällige Färbung und kennzeichnende Muster dem Feldbiologen und Ökologen eine wertvolle Hilfe beim Sortieren und Ansprechen der frisch gesammelten Tiere helfen. Es erscheint daher unzutreffend, wenn viele Meeresbiologen die Ansicht vertreten, antarktische Pantopoden hätten kaum Farbmuster oder seien allenfalls durch ihren Darminhalt gefärbt. Die während ANT VIII/5 gesammelten Tiere bewiesen, daß viele Formen (Arten der Gattungen *Colossendeis*, *Decolopoda*, *Achelia*, *Nymphon*, *Austropallene*, *Pallenopsis*, *Clavigeropallene*) sehr wohl zu typischen Mustern angeordnete Pigmentzellen besitzen.

(Anmerkung: Festgehalten wurde dies in schriftlichen Notizen, weiter dokumentiert mit Farbdiaspositiven. Die Aufnahmen erfolgten in Aquarien oder Mikroküvetten mit Elektronenblitz, bzw. Ringblitz. Den Kollegen Svoboda und Wittmann gebührt ein herzlicher Dank für ihre selbstlose Mühe beim Photographieren).

Entwicklungszyklen:

Postembryonale Entwicklung

Es ist seit langem bekannt, daß bei vielen Pantopoden (Ausnahmen: Colossendeidae, Rhynchothoracidae, Austrodecidae) die Männchen die Brutpflege übernehmen. Sie befestigen die befruchteten Eier mit Kittdrüsensekret an ihren Eierträgern (= 3. Gliedmaßenpaar) und tragen die Brut so lange mit sich, bis die Larven schlüpfen. Das erste freie Entwicklungsstadium, die Protonymphon-Larve, ist durch den Besitz von nur drei Gliedmaßenpaaren gekennzeichnet, den Vorläufern der Cheliphora, Palpi und Ovigera der Adulti. In den gemäßigten Meeren bilden nur die Callipallenidae eine markante Ausnahme. Aus ihren sehr dotterreichen Eiern schlüpfen Jungtiere mit bereits drei Schreitbeinpaaren und den Anlagen des vierten Paares. In der Arktis gibt es bei der endemischen Gattung *Boreonymphon* ein Beispiel extrem dotterreicher Eier. Hier trägt das Männchen nicht nur die schlüpfenden Larven, sondern auch die nachfolgenden Häutungsstadien so lange mit sich, bis sie nahezu ein Drittel der Länge des Vätertieres erreicht haben. Aus der Antarktis waren - außer bei Callipalleniden - derartige Beispiele extrem verlängerter Brutpflege bisher nicht bekannt. Im Material trugen Männchen von zwei *Ammonothea*-Arten und mehrere *Nymphon* außer schlüpfreifen Eiern auch Brut, die 2, teilweise 3 Stadien über das Protonymphon-Stadium hinaus entwickelt war.

Spätere (subadulte) Entwicklungsstadien

In allen verfügbaren Bestimmungswerken werden nur die erwachsenen, geschlechtsreifen Stadien beschrieben. Sie können daher auch von Nichtspezialisten bestimmten Arten zugeordnet werden. In dem während ANT VIII/5 gesammelten Material fanden sich viele subadulte Tiere. Sie waren im allgemeinen mit einwandfrei bestimmbar Adulten vergesellschaftet und eindeutig den jeweiligen Arten zuzuordnen. Sie werden ebenfalls beschrieben, um zukünftigen Untersuchern eine Bestimmungsmöglichkeit zu liefern.

3.4.4 Cirripedia (S. Steiner und W. Klepal)

Cirripedia wurden in geringen Mengen und nur in der Hälfte der Stationen gefunden. Es lassen sich daher noch keine genauen Aussagen über die Verbreitung dieser Tiere im Bereich des Weddellmeeres machen.

Im Gegensatz zu den Fängen des östlichen Weddellmeeres, bei denen nur vereinzelt Cirripedia gefunden wurden, waren die Fänge im Bereich vor dem Ronne-Schelfeis am ergiebigsten. Das meiste Probenmaterial stammt aus Tiefen zwischen 300 und 500 m. Interessant ist der Fund eines Scalpelliden in einer Kastengreiferprobe aus 3100 m Tiefe.

Die aufgesammelten Cirripedia kamen hauptsächlich auf gestielten Ascidien und Hydroiden vor, seltener auf Cidaridenstacheln, Polychaetenröhren, Scleractinien und Steinen. Alle gefundenen Tiere gehören der Ordnung der Thoracica an. Die Artendiversität ist gering. Bis auf ein Exemplar der Familie Bathylasmatidae (Balanomorpha) handelt es sich bei den übrigen Tieren um Scalpellidae (Lepadomorpha). Diese sind mit ca. 4 Arten der Gattung *Acroscalpellum* vertreten. Aus dem westlichsten Fang, der großteils aus Steinen bestand, wurden Teile der Mauerkrone von Balanomorphen, aber leider keine lebenden Exemplare gefunden. Die Bestimmung bis zur Art kann erst nach genauer Betrachtung von Mundwerkzeugen, Spaltbeinen und des Penis erfolgen. Dafür wurden die gesammelten Tiere mit Formol und Glutaraldehyd fixiert und konserviert, einige Exemplare bereits an Bord für elektronenmikroskopische Untersuchungen entwässert und in Harz eingebettet.

3.4.5 Systematisch-faunistische und biomineralogische Untersuchungen an Mysidacea (Crustacea) des Weddellmeeres. (K.J. Wittmann)

3.4.5.1 Problemstellung

In den reichhaltigen benthischen Lebensgemeinschaften des Weddellmeeres sind die Mysidacea faunistisch nahezu unbekannt. Nur wenig besser ist die Situation für die gesamte Hochantarktis, aus der nur 26 Arten nachgewiesen sind. Bei Vergleich mit der Arktis und den in beiden Polargebieten bisher eingesetzten Sammelmethoden ist es hoch wahrscheinlich, daß die tatsächliche Artenzahl weit über dem Doppelten liegt. Wie man von wärmeren Meeresgebieten weiß, kann erst der Einsatz spezifischer Methoden eine wesentliche Verbesserung der Faunenkenntnis bewir-

ken. Besonders effizient ist der Hyperbenthoschlitten mit Netzen geringer Maschenweite, wie er nunmehr erstmals im Weddellmeer zum Einsatz gelangt. Nach der systematischen Aufsammlung in den Schelfgebieten und am Kontinentalabhang soll das Material monographisch aufgearbeitet werden, um späteren synökologischen und ökophysiologischen Forschungen eine solide Basis zu geben.

Neben der zoogeographischen und taxonomischen Bearbeitung werden auch ökophysiologische und biomineralogische Forschungsziele verfolgt. Geplant sind Lebendbeobachtungen unter kryophysiologischen Aspekten. Die Kenntnis rezenter und subfossiler Statolithen soll die Grundlage zur Aufklärung der Evolution, Faunengeschichte und Biostratigraphie der in manchen geologischen Sedimenten reichhaltig konservierten Statolithen erweitern. Dafür ist frisch gewonnenes Rezentmaterial im Vergleich zu Statolithen aus marinen Sedimenten unter taxonomischen, morphologischen, biomineralogischen, chemisch-analytischen und aktuopaläontologischen Aspekten zu studieren.

3.4.5.2 Methoden

Zur Materialgewinnung wurden im ein Agassiz-Trawl (AGT) mit einer Netzöffnung von 300 x 90 cm und der Maschenweite von 10 (20) mm und ein Epi(hyper)benthoschlitten (KGS; 108 x 83 cm; 1 mm; Netz 15 cm über Grund) eingesetzt. 25 Hols wurden mit dem AGT je nach Grundverhältnissen und Tiefe mit 0,5-1 kn über die Strecke von ca. 300-3200 m geschleppt; weitere 20 Hols mit dem KGS mit 1 kn über ca. 900-2400 m. Die Lage und Tiefenverteilung der 45 Hols an 26 Stationen im östlichen und südwestlichen Weddellmeer sind aus der Stationsliste (Tab. 4) zu ersehen.

Die wesentlichste Neuerung des für die Kampagne neu konstruierten KGS sind zwei starre Prellstangen, die vorne quer auf Höhe des Randes der Netzöffnung liegen. Sie sollen das Eindringen großer Steine verhindern und den Schlitten über Hindernisse hebeln. Nur so kann die geringe Maschenweite von 1 mm erfolgreich über den typischerweise unreinen Grund des antarktischen Schelfes geführt werden. Während der Fahrt wurde ein kleines Planktonnetz (30 cm Durchmesser, 1 mm Maschenweite) hergestellt und bei 6 Einsätzen 120 cm über Grund auf dem KGS mitgeführt, um erste qualitative Hinweise auf die Vertikalverteilung der Arten zu erhalten.

Die eingeholten Fänge wurden, soweit möglich, rasch durchgemustert und vorsortiert, um von möglichst vielen Formen die Färbungsmuster im lebenden oder frisch fixierten (5% Formol-Seewasser) Zustand photographisch und schriftlich zu dokumentieren. Von *Antarctomysis maxima* und 2 *Mysidetes*-Arten wurde je eine größere Probe in Formalin-Lösung mit dem Reinheitsgrad *pro analysis* für die spätere vergleichende chemische Analyse von Statolithen und Ganzkörper fixiert.

Antarctomysis maxima und *Hansenomysis* sp. wurden für Lebendbeobachtungen im Kühlcontainer bei -1 bis 0 °C gehalten; teilweise mit kontinuierlichem Seewasser-Durchfluß.

Die Mineralstruktur der Statolithen aller Arten wurde nach lichtmikroskopischen Merkmalen beurteilt. Diese Bestimmung soll in Neapel mit Röntgen-Diffraktometrie verifiziert werden. Außerdem soll die Elementarzusammensetzung in Wien mit Atomabsorptions-Spektrophotometrie und energiedisperser REM-Mikroanalyse ermittelt werden.

Im östlichen und südwestlichen Schelfbereich wurden insgesamt 11 Proben von Oberflächensediment mit AGT, KGS oder dem Kastengreifer (GKG) aus Tiefen von 80-530 m genommen. Außerdem 9 Tiefseeproben mit dem GKG aus 1900-4800 m von 68-75° S und 5-35° W. Teile von je 3 Schelf- und Tiefseeproben wurden bereits an Bord auf Statolithen und Foraminiferen durchmustert.

3.4.5.3 Ergebnisse an Bord

Die Ausbeute der 45 Hols an den 26 Fangstationen war mit 0 bis ca. 1000 Individuen sehr heterogen. 3 AGT-Hols gingen leer aus. Der Schwerpunkt an Individuen und Artenzahlen liegt eindeutig bei wenig geneigten Feinsedimentböden in 300-500 m Tiefe. Sehr geringe Abundanzen sind typisch für geringe Tiefe (80-200 m), steile Hanglage oder Hols mit hohem Anteil an Bryozoenschill. Nach Auszählung von ca. 2000 Individuen werden 32-35 Arten unterschieden. Die wichtigsten Genera in systematischer Reihenfolge sind *Hansenomysis* mit 4 Spezies, *Amblyops* (3), *Pseudomma* (5-6), *Mysidetes* (12-14), *Antarctomysis* (2) und *Heteromysis* (2). Die generische Zuweisung entspricht der aktuellen Taxonomie und ist revisionsbedürftig.

Auffällig sind spezielle morphologische Ausbildungen, wie sie außerhalb der Antarktis nicht oder selten auftreten. 2 Spezies von *Amblyops* und 5 von *Mysidetes* haben in beiden Geschlechtern modifizierte Innenäste der 2. Antennen. Sehr groß sind die beiden Penes bei *Mysidetes*-Arten. Sie zeigen außerdem eine Vielfalt morphologischer Bildungen, wie eichelähnliche Strukturen. Sexualbiologisch besonders wichtig ist das Auftreten von Arten mit schwellbaren Penes, wie sie von der gesamten Tiergruppe bisher nicht bekannt waren.

Das Material war von den im Netzbeutel mit eingeholten Nadeln von Kieselchwämmen oft regelrecht gespickt. Die Tiere waren meist tot oder moribund. Nur wenige konnten über mehrere Tage lebend gehalten werden. Es waren somit keine adäquaten bzw. reproduzierbaren Bedingungen für physiologische Untersuchungen gegeben. Einzig anzumerken ist, daß die bei mediterranen Arten typischerweise kontinuierlich rotierenden Thorakopoden-Exopoditen bei *Antarctomysis maxima* in Intervallen von 1 s bis 20 min und bei *Hansenomysis* sp. sogar bis zu vielen Stunden ruhen. Bei beiden bewirkt dann nur mehr der schlagende Epipodit des 1. Thorakopoden die Beströmung des respiratorischen Gewebes unter dem Carapax.

30 Arten weisen die typischen Merkmale von Fluorit-Statolithen auf. Einzig *Boreomysis* sp. hat organische Statolithen, wie es für die Gattung typisch ist. CaCO_3 in der Form von Vaterit fehlt in den Proben völlig.

In den Sedimentproben des Schelfbereiches wurden Statolithen von *Antarctomysis* und *Mysidetes* identifiziert. Die Häufigkeit liegt um den Faktor von ca. 50-1000 niedriger als die von Foraminiferen. In den Tiefseeproben wurden bisher keine Statolithen gefunden.

3.4.5.4 Vorläufige Schlußfolgerungen

Methodisch gesehen hat sich die Anbringung von Prellstangen am KGS bewährt. Beschädigungen des Netzes waren minimal. Das Problem der Verletzung der Tiere durch Poriferennadeln stellte sich viel schärfer als erwartet. Für zukünftige Einsätze sind die Anbringung eines vor mechanischer Einwirkung schützenden Netzbeckers und vor allem teilweise Grobsortierung zwischen Material und Substrat bereits am Meeresgrund zu empfehlen. Ein bewährtes Mittel ist zum Beispiel die Führung von Netzen in getrennten Stockwerken.

Mit nur 20 KGS-Hols konnten im Schelf des Weddellmeeres mehr Arten gesammelt werden, als aus der gesamten Hochantarktis bisher bekannt waren. Das ist ein deutlicher Hinweis, daß die wahre Formenfülle antarktischer Mysidacea mit spezifischen Methoden erst entdeckt werden muß. Die Artenvielfalt und besondere Ausprägung von Antennen und Penes kennzeichnen die Antarktis als eigenständiges Evolutionszentrum - möglicherweise in Verbindung mit der Subantarktis, die aber in vergleichbarer Weise noch nicht besammelt wurde.

Die mutmaßliche Herkunft der Fauna kann aus ihrer Zusammensetzung abgelesen werden: *Hansenomysis*-Arten sind Tiefenformen, die zumindest im oberen Schelf den Typ des polaren Aufsteigers repräsentieren. *Amblyops*, *Pseudomma*, *Mysidetes* und *Antarctomysis* sind demerse bis pelagische Formen überwiegend der mesopeagischen Tiefenstufe. Die Wiederbesiedelung des antarktischen Schelfes nach der letzten Eiszeit ist offenbar vornehmlich vom Mesopelagial und erst in zweiter Linie von der Tiefsee her erfolgt.

Tiefenverteilung, Expositionsgrad der Standorte und Substratbeziehungen weisen die Mysidaceen-Fauna überwiegend als rheophob aus. Das Fehlen mehrerer in der Subantarktis verbreiteter Genera ist wahrscheinlich teilweise auch durch die im Weddellmeer fehlende Küste zu erklären.

Die lichtmikroskopische Bestimmung der Mineralstruktur der Statolithen ist weitgehend zuverlässig. Eine Fehlbestimmung wäre nur dann zu erwarten, wenn eine noch unbekanntere Zusammensetzung vorläge, abweichend von den 3 Formen, die man bisher von ca. 100 Arten kennt. Das wahrscheinlich völlige Fehlen von Kalkstatolithen in der Antarktis wird mit dem höheren Kalklösungsvermögen von kaltem Seewasser erklärt. In dieses Bild passen auch die Dünnschaligkeit vieler Echinoiiden und der vergleichsweise zarte Bau der Skelette von Madreporariern, wie sie in Hols der Kampagne auftraten. Weiters kennt man weltweit marine Kalkstatolithen nur aus der photischen Zone, wo Kalkfällung begünstigt ist, während diese in der aphotischen Zone völlig fehlen.

3.5 Untersuchungen an Pinguinen und Robben im Drescher-Inlet, Riiser-Larsen-Schelfeis

(J. Plötz, H. Bornemann, K. Pütz, R. Steinmetz)

Das Ende 1986 im Drescher-Inlet begonnene Warmblüterprojekt wurde in der Saison 1989/90 fortgesetzt. Vom 30.12. bis 21.02. führte eine 4-Mann-Gruppe vom Iglu-Camp "Drescher 2" aus Untersuchungen an Weddellrobben und Kaiserpinguinen durch. Die Arbeitsbedingungen waren günstig. Das Meereis im hinteren Bereich des etwa 20 km langen Inlets blieb über mehrere Wochen stabil. Erst durch den im Februar verstärkt einsetzenden Eisaufbruch blieb von den anfangs 10 km Meereis in der letzten Woche noch ein knapper Kilometer übrig.

3.5.1 Logistik

Die Station aus 4 Kunststoffiglus wurde unter Einsatz von 2 Helikoptern im hinteren Inletbereich auf dem Schelfeis abgesetzt; die Entfernung zum Meereis betrug gut 1 km, die zur ehemaligen Station "Drescher 1" etwa 13 km. Für den Aufbau und Abbau der Station wurden jeweils nur 3 Stunden benötigt, da die Iglus komplett montiert und mit etwa 200 kg Zusatzlast geflogen werden konnten. Die Aufteilung in 2 Wohnhütten, 1 Küchen-Provianthütte und 1 Computer-Funkhütte erwies sich als günstig.

Die Station wurde über zwei 5-kW-Knurtz-Generatoren abwechselnd mit Strom versorgt, um die Laufzeit pro Generator zu reduzieren. Außerdem wurde bei geringem Strombedarf (Funk, Computer, Zentrifuge) ein 1-kW-Honda-Generator eingesetzt. Wegen der günstigen Witterung konnten die Generatoren im Freien aufgestellt werden; eine Alu-Gerüstbrücke und zwei Zargeskisten dienten als Stellage. Sämtliche Elektrogeräte liefen über einen 220-Volt-Netzstabilisator. Jede Hütte war mit einem regulierbaren 2-kW-Heizlüfter ausgestattet. Zum Trocknen der Arbeitskleidung und zur Vermeidung von Stockflecken an Schlafsäcken und Matratzen mußten beide Wohnhütten allabendlich für 2-3 Stunden auf halber Stufe (1 kW) geheizt werden. Als Schneeschmelze diente ein 2-kW-Einkochtopf mit einem Fassungsvermögen von 25 Litern. Gekocht wurde mit einem Propangas-Zweiflamer, gebraten mit einer 2-kW-Friteuse außerhalb der Hütte. Die Abfälle wurden in 30-Liter-Kübeln gesammelt und zum Schiff zurückgebracht; Glas wurde von Plastik und Blech getrennt. Für Arbeiten an der Station und auf dem Meereis wurden 2 Skidoos eingesetzt. Während der 54 Tage Aufenthalt wurden 1800 Liter Benzin und 40 kg Propangas verbraucht. Die Gesamtlaufzeit der beiden Knurtz-Generatoren betrug 327 Betriebsstunden, die mittlere Laufzeit pro Tag 6 Stunden.

Während der letzten Stationswoche konnten die 3 völlig zugewehrten Wohncontainer der Ende 1986 errichteten Station "Drescher 1" ausgegraben, zerlegt und für den Rücktransport vorbereitet werden. Mit Unterstützung vom Schiff gelang schließlich auch die Bergung aller damals zurückgelassenen Treibstoff-Fässer.

Beim Zerlegen der Container (jeweils etwa 40 Bauelemente) mußte eine größere Zahl der im Wandfutter zwischen Nut und Feder eingelassenen Fixierhaken herausgerissen werden, da die vereisten Haken trotz Einsatzes einer Heizkanone nicht

gelöst werden konnten. Die ausgebrochenen Wandverriegelungen können ersetzt und mit Polyurethan-Montageschaum eingepaßt werden (Auskunft des Herstellers). Fünf unbrauchbar gewordene Wandelemente (Normbauteile) sind zu erneuern.

3.5.2 Kaiserpinguine

3.5.2.1 Bestand und Wachstum

Die Kaiserpinguinkolonie war in mehrere Subkolonien unterteilt und in Auflösung begriffen. Erste Bestandsabschätzungen am 02.01. ergaben 3500 Küken und 300 Adulte. Obwohl die Küken noch nicht durchgemausert waren, nahm ihre Anzahl innerhalb weniger Tage rapide ab. Am 08.01. waren es noch 1200 Küken, am 14.01. 200 und vom 27.01. an waren im gesamten Inlet keine Küken mehr anzutreffen. Der Grund dafür war, daß sie bereits im Daunengefieder gruppenweise von der Meereiskante sprangen und fortschwammen.

Zwischen dem 02.01. und 20.01. wurden im Abstand von 3 bis 4 Tagen jeweils etwa 30 Küken gewogen (n=137), die Schwingenslänge gemessen und das Mauserstadium festgehalten. Dies wurde auch an individuell markierten Küken vorgenommen (n=13). Totfunde aller Altersklassen wurden für spätere Untersuchungen bei -30 °C aufbewahrt, darunter 2 Küken mit stark deformiertem Oberschnabel.

3.5.2.2 Nahrung

Die Fütterungsphase war Anfang Januar nahezu beendet, nur vereinzelt fanden noch Fütterungen statt. Die Anzahl futtereintragender Alttiere wurde vom 06.01. auf den 07.01. über 32 Stunden hinweg erfaßt. Trotz geringer Individuenzahl (n=27) war ein deutlicher Tagesgang festzustellen. Im gesamten Untersuchungszeitraum hielten sich mausernde Alttiere vorwiegend im hinteren Inlet auf. Die individuelle Mauserzeit betrug etwa 14 Tage.

Zwischen dem 29.01. und 21.02. wurden von 29 adulten Kaiserpinguinen und 5 adulten Adeliepinguinen Nahrungsproben durch Magenspülungen gewonnen. Eine erste Sichtung des Materials ergab deutliche Unterschiede. Bei den Adelies bestand die Nahrung fast ausschließlich aus Euphausiaceen. Bei den Kaiserpinguinen hingegen verschob sich die Zusammensetzung der Nahrung. Anfangs bestand der Mageninhalt überwiegend aus Euphausiaceen und Tintenfischen (Squid), später bildete Fisch den Hauptanteil. Eine Zuordnung der Beutetiere und Quantifizierung der Mageninhalte wird später vorgenommen. Die zeitliche Verschiebung der Nahrungszusammensetzung ging mit einem großflächigen Meereisaufbruch einher. Ab Mitte Februar nahm die Anzahl durchgemauserter Alttiere deutlich zu. Sie gruppierten sich im Bereich der Meereiskante und führten gemeinsame Tauchgänge durch, vermutlich zur Nahrungssuche.

3.5.3 Weddellrobben

3.5.3.1 Tauchverhalten und Nahrung

Zur Untersuchung des Tauchverhaltens von Weddellrobben wurde eine Neuentwicklung von Time-Depth-Recordern (TDR) verwendet, die erstmals unter Freilandbedingungen eingesetzt werden konnte. Einige Geräte fielen während des Einsatzes an Robben durch Wassereintrich aus. Ursache waren Verbugfehler am Kunstharzblock. Diese Mängel konnten auf der Station durch zusatzliches Vergiesen mit Epoxidharz beseitigt werden.

Vor dem Anbringen des Recorders wurde das Versuchstier narkotisiert und gewogen, dann das Fell im Schulterbereich entfettet und eine flexible Netzmatte aus Gazematerial mit Epoxidharz aufgeklebt. AnschlieBend konnte der TDR in eine auf die Matte genahete Stofftasche geschoben und verknotet werden. Das Epoxidharz wurde nur stellenweise und ausschlieBlich am Mattenrand aufgetragen. Dies erhohete den Stretcheffekt des Gazematerials und verhinderte ein AbreiBen des Recorders. Auch konnte wegen der punktuellen Verklebung die Matte zum AbschluB der Untersuchungen problemlos vom Robbenfell abgetrennt werden. Nicht wiedergefundene Versuchstiere werden die Matte spatestens beim nachsten Haarwechsel verlieren. Auf der Suche nach TDR-Robben wurden die Liegeplatze an den Meereisspalten taglich kontrolliert. Die Robbe wurde mit einem Fangsack festgehalten und der Recorder ausgewechselt; eine Narkotisierung war hierfur nicht erforderlich. Auf der Station wurden die Daten mit einem Rechner ausgelesen. Registriert wurden Tauchtiefe und Zeit; wahlweise wurden MeBintervalle von 10 oder 20 s eingestellt. Vor jedem Einsatz wurde der Batterieblock am TDR erneuert. Bei einer permanenten Registrierung von 20-s-MeBintervallen reichte die Batteriekapazitat fur etwa 3 Tage. Die Daten blieben gespeichert, auch wenn das Versuchstier langer unterwegs war. Zwei mit TDR bestuckte Robben wurden letztlich nicht wiedergefunden.

Es konnten 6 funktionstuchtige TDR an insgesamt 6 Robben (5 Adulte, 1 Jungtier) eingesetzt werden. Die Gerate wurden mehrmals an den Robben ausgewechselt und lieferten zusammen uber 700 Stunden Registrierdauer. Eine erste Sichtung der Daten ergab, daB die adulten Robben zwei Tiefenbereiche bevorzugt aufsuchten (Abb.14). Der eine Bereich lag bei etwa 50-150 m, der andere uber dem Meeresboden bei etwa 400-450 m. In dem dazwischen liegenden Tiefenbereich lohnte sich die Nahrungssuche offenbar nicht. Dagegen tauchte ein ca. 3 Monate altes Jungtier uberwiegend in 50-150 m Tiefe; zum Meeresboden (435 m) tauchte es wahrend 5 aufeinanderfolgender MeBtage nur einmal. Um uberprufen zu konnen, ob im Vergleich zu den Jungtieren die tiefer tauchenden Alttiere uber dem Meeresboden noch zusatzlich andere Fische erbeuten, wurde von jeweils 3 getoteten Jungtieren und Alttieren der Magen entnommen. Eine Analyse der Mageninhalte steht noch aus.

Tauchprofil
Weddell-Robbe 2 E, 27.1.1990, 03:00 LT

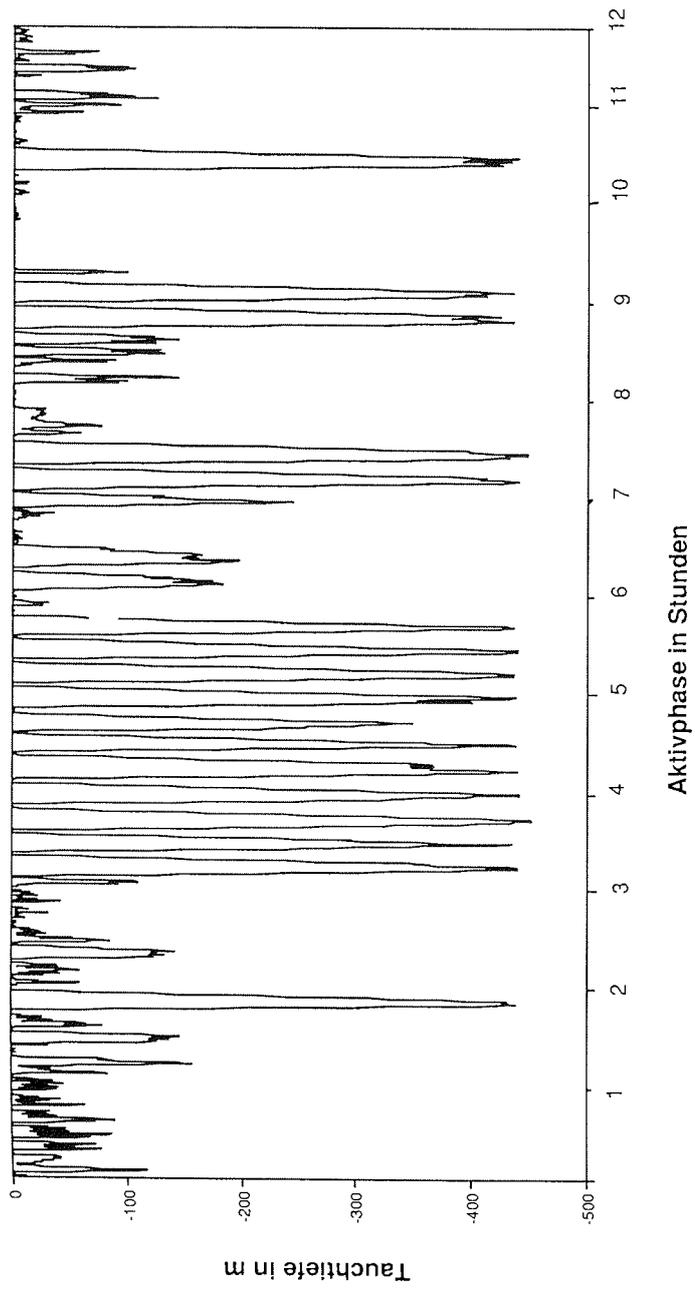


Abb. 14: Tauchprofil einer adulten Weddellrobbe
Fig. 14: Dive profile of an adult Weddell seal

Zum Zeitpunkt des Stationsabbaus wurde von der Bathymetrie-Arbeitsgruppe auf "Polarstern" das Meeresbodenprofil des Drescher-Inlets aufgenommen. Eine erste Sichtung der Meßdaten ergab Wassertiefen um 400 m, auch für den hinteren Inletbereich. Tiefen ab 500 m wurden außerhalb des Inlets, etwa 2 km vor der Mündung registriert (M. Weber, J. Focke; pers. Mitt. Abschn. 3.1.1). Da die Versuchstiere 10-15 km hinter der Inletmündung mit Recordern bestückt und wiedergefunden wurden, keine länger andauernden Flachtauchs (Streckentauchs) durchführten und nicht tiefer als in einem Fall 478 m tauchten, ist zu vermuten, daß sie zur Nahrungssuche im Inlet blieben.

Die adulten Robben tauchten während der etwa 8-12 Stunden dauernden Aktivitätsphasen bis zu 40mal zum Meeresboden. Die einzelnen Tauchgänge dauerten zwischen 15-20 min, die Atempausen nur 2-4 min. Zum Beispiel war ein 15-min-Tauch untergliedert in: 5,6 min geradliniges Abtauchen auf 419 m Tiefe, 3,0 min Nahrungssuche über dem Meeresboden und 6,2 min geradliniges Auftauchen aus 436 m Tiefe. Parallel zu den Tauchtiefenmessungen erfaßten wir in der 1., 4. und 8. Stationswoche über jeweils 32 h hinweg die Verweildauer von Robben auf dem Eis. Diese Daten sollen später mit den TDR-Daten zur Aktivitäts- und Ruhephasen der Versuchstiere korreliert werden. Außerdem wurden an den Liegeplätzen der Robben fast täglich Kotproben gesammelt, um Hinweise auf die Zusammensetzung der Nahrung zu erhalten.

3.5.3.2 Kieferaktivität

Mit den Versuchen zur Registrierung der Kieferaktivität von Robben wurde am 04.02. begonnen, nachdem die ersten Tauchtiefendaten gesichert waren. Insgesamt konnten 5 Robben mit Dehnungsmeßstreifen (DMS) ausgerüstet werden, 4 wurden wiedergefunden. Der DMS wurde in Höhe des Kiefergelenks aufgeklebt. Das Fell wurde an dieser Stelle gestutzt, um einen engeren Kontakt zu erzielen. Die Silikoneinbettung des DMS war wasserdicht; als Schwachstellen erwiesen sich die Lötverbindungen zum ableitenden TDR-Kabel. In einem Fall gelang es, Kieferaktivität während eines mehrstündigen Tauchganges zu registrieren. Mit den gewonnenen Freilandfahrten soll die Methodik zur Untersuchung des Freißverhaltens weiterentwickelt werden.

3.5.3.3 Narkose

Für eine zuverlässige Befestigung von TDR und DMS war eine Narkotisierung der Robben erforderlich. Außerdem konnte die Erregung der Tiere durch die Narkose erheblich reduziert werden. Das Aufkleben der TDR-Matten nahm etwa eine Stunde in Anspruch. Zur Narkotisierung konnte eine Feldmethode erarbeitet werden, die nach nur zwei letalen Versuchen in 16 Fällen erfolgreich verlief; Robben mit TDR-Ausfällen und Wiederholungsnarkosen zur DMS-Befestigung sind hier mitgerechnet. Bei der Auswahl der Narkotika wurde besonderer Wert auf einen weiten Sicherheitsbereich und eine Antagonisierbarkeit der Präparate gelegt.

Im einzelnen wurde eine Kombination aus Rompun, Ketamin, Diazepam und Yohimbin eingesetzt. Der weite Sicherheitsbereich und die Verwendung des Antidots

Yohimbin ermöglichten es, Robben ohne vorherige Wägung zu narkotisieren. Zur Berechnung der adäquaten Dosis reichte eine Abschätzung des Körpergewichtes aus. Auch Zweit- und Drittarkosen wurden gut vertragen. Unter der Narkose wurden Körpertemperatur, Herzfrequenz und Atemfrequenz kontrolliert. Die Applikation der Präparate erfolgte intramuskulär, am flüchtenden Tier mit Hilfe des Fangsackes und am schlafenden Tier direkt, wobei das Tier unter der Injektion stets erwachte. Bemerkenswert war, daß die narkotische Wirkung an Robben im Fangsack innerhalb von 10 Minuten eintrat. Wurde der Fangsack kurz nach der Applikation von der Robbe abgenommen oder nicht eingesetzt, trat die Narkosewirkung erst nach 20 Minuten ein. Einen entscheidenden Vorteil bot das erstmalig an Weddellrobben eingesetzte Yohimbin, mit dem die Narkose innerhalb weniger Minuten beendet werden konnte. Damit entfiel der erhebliche Zeitaufwand, Robben während der Aufwachphase am Aufsuchen des Wassers hindern zu müssen. Erste Auswertungen von Tauchtiefendaten ergaben, daß die Robben durch die Narkose in ihrem Tauchverhalten nicht beeinflußt wurden.

3.6 Massenhaushalt und Dynamik des Filchner-Ronne-Schelfeises

3.6.1 Übersicht über die Landprogramme der Filchner-IIIa-Kampagne (H. Oerter)

3.6.1.1 Einleitung

Das Filchner-Ronne-Schelfeisprojekt ist Bestandteil einer internationalen Studie zur Erfassung und Beschreibung des Massenhaushalts und der Dynamik dieses zweitgrößten Schelfeises der Antarktis, die langfristig angelegt ist und noch in die 90er Jahre hineinreichen soll. Die Filchner-IIIa-Kampagne war nun die 3. Expedition im Rahmen des Filchner-Ronne-Schelfeis-Projekts, die erfolgreich durchgeführt werden konnte, nachdem das geplante Filchner-III-Programm während ANT V/4 1986/87 wegen unpassierbarer Eisverhältnisse nicht zur Ausführung kommen konnte. Thematischer Schwerpunkt des Filchner-IIIa-Programms war der geschichtete Aufbau des zentralen Bereichs des Filchner-Ronne-Schelfeises aus meteorischem (Inlandeis und Schelfeisakkumulation) Eis und marinem Eis. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Morphologie (Mächtigkeit und flächenhafte Ausdehnung) des marinen Eiskörpers sollten dabei am Probenmaterial einer Kernbohrung (Abschn. 3.6.3), durch Messungen in Schmelzbohrungen (Abschn. 3.6.4) sowie EMR-Messungen am Boden (Abschn. 3.6.6) und aus der Luft (Abschn. 3.6.8) untersucht werden. Ergänzt wurden diese Studien durch ein ausgedehntes Netz von Probennahmestellen (Oberflächenproben sowie Schneeschächte und 10-m-Bohrungen) (Abschn. 3.9.2 und 3.6.5) entlang der Traversenroute stromauf der Kernbohrung und durch die durchgeführten geodätischen Messungen zur Bewegung und Oberflächenform (Trigonometrisches Nivellement) des Schelfeises (Abschn. 3.6.2).

An den Landprogrammen beteiligt waren die Mannschaft der Kernbohrung, K.-H. Bässler, J. Determann, C. Drücker, A. Minikin, H. Oerter und W. Stadler, sowie die Gruppe Heißwasserbohrung, K. Grosfeld und L. Hempel; die Traversengruppen bildeten A. Karsten und B. Ritter (Geodäsie) sowie N. Blindow (Boden-EMR), J. Kipfstuhl (Feldglaziologie) und N. Rädlein (Spurenstoffe).

Einen Lageplan mit Fahrtrouten, Meßprofilen und Probennahmeorten sowie eine Tabelle mit Koordinaten enthält Abschn. 3.6.2 (Abb. 16, Tab. 5), sowie Abschn. 3.6.6 (Abb. 24).

3.6.1.2 Zeitliche Übersicht

Am 04. und 05.01.90 wurde Polarstern an der Eiskante vor der Filchner-Station entladen und das gesamte Expeditionsmaterial vom alten "F" entlang einer neu von der Gruppe Geodäsie ausgesteckten Trasse zur Filchner-Station transportiert. In den Tagen 06.-09.01.90 wurde das Material umgestaut, die Bohrcampgruppe und die Traversengruppen bereiteten sich auf ihre Programme vor, und es konnte am 06.01. auch bereits der erste erfolgreiche Flug zur Probennahme auf den beiden Gipfelpunkten von Berkner Island (Abb. 18), Koordinaten nach Flugnavigation: Berkner Süd 79°36' S, 45°37' W und Berkner Nord 78°18' S, 46°17' W mit POLAR 4 durchgeführt werden. Der geplante Flug zu den im Süden des Schelfeises gelegenen britischen strain-Figuren site 5 und site 6 (Abschn. 3.6.2) konnte in der Anfangsphase witterungsbedingt nicht mehr realisiert werden, kam dann jedoch am letzten Flugtag, 15.02.90 noch zur Ausführung.

Die Anfahrt von der Filchner-Station zur Lokation des Bohrcamps (Kernbohrung und Heißwasserbohrungen) zog sich vom Abend des 09.01. (vorher war witterungsbedingt die Abfahrt nicht möglich) bis zum 11.01. hin und wurde von Boden-EMR-Messungen begleitet, die die letzte Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der Bohrstelle bildeten. Die Trasse wurde in annähernd westlicher Richtung bis km 60 im Abstand von 1 km markiert (Die Höhen der freien Enden der Bambusstangen wurden dabei jeweils abgemessen) und von km 50 in nördlicher Richtung abzweigend über weitere 15 km ausgesteckt. Das Bohrcamp wurde bei km 11 dieser nördlichen Trasse eingerichtet. Entlang der selben Trasse wurde auch bereits nivelliert (Abschn. 3.6.2).

Die Traversengruppen blieben bis zum 19.01. am Bohrcamp und waren dort mit geodätischen Arbeiten, weiteren EMR-Messungen und glaziologischen Arbeiten (Schneeschart, 10-m-Bohrung) beschäftigt. Ferner unterstützten sie tatkräftig Aufbau und Einrichtung des Bohrcamps. In dieser Zeit wurden auch die beiden Depots bei Punkt 231 und 335 mit Hilfe von POLAR 4 am 14.01. eingerichtet und die beiden Pistenbullies wieder zur Filchner-Station zurückgefahren. Außerdem wurden zusätzlich noch je 1 Faß Benzin mit Skidoogespannen zu den Punkten 235 und 131 transportiert und diese Streckenabschnitte bereits im Abstand von 1,25 km trassiert.

Nachdem bis zum 13.01. das Bohrcamp eingerichtet worden war, wurde vom 14.01. bis 07.02. die Kernbohrung B13 auf eine Tiefe von 215,75 m unter Gelände abge-

teuft, anschließend vom 08.02. bis 10.02. die benachbarte Bohrung B14 auf eine Tiefe von 54,3 m. Den Bohrarbeiten war ein kleines in-situ-Meßprogramm am Kernmaterial angeschlossen, das allerdings erst ab 19.01. voll zum Tragen kam, nachdem A. Minikin, vorerst aus gesundheitlichen Gründen auf Polarstern geblieben, eingeflogen worden war. Im gleichen Zeitraum fanden im Bereich des Bohrcamps auch die Arbeiten an den Heißwasserbohrungen, die das Schelfeis mehrfach durchteuften, und die damit verbundenen Meßprogramme statt.

Vom 19.01. bis 06.02. (Geodäsie) bzw. 11.02. (Feldglaziologie, EMR und Spurenstoffe) waren die Traversengruppen unterwegs. Anschließend blieben sie nochmals einige Tage am Bohrcamp um hier strain-Figuren nachzumessen oder die EMR-Messungen im Bereich des Bohrcamps zu ergänzen. Die Gruppe Geodäsie verließ das Bohrcamp am 10.02., um zur Filchner-Station zurückzufahren. Am 11.02. fuhr J. Kipstuhl (Feldglaziologie) zur Filchner-Station zurück, um sich für den Flug zum Foundation Ice Stream und Möllereisstrom bereit zu halten, wo außer den geodätischen Arbeiten auch je eine 10-m-Bohrung durchgeführt sowie der Oberflächenschnee beprobt werden sollten; am 13.02. wurde hierfür auch N. Rädlein (Spurenstoffe) von POLAR 4 abgeholt.

Das Bohrcamp wurde vom 11.02. bis 14.02. abgebaut, wobei gleichzeitig auch die beiden Pistenbullies wieder von der Filchner-Station abgeholt werden mußten. Besonders diese Aktion war durch Schneefall und äußerst schlechte Sichtverhältnisse stark beeinträchtigt. In der Nacht 14./15.02. fuhren die Mannschaft des Bohrcamps und der letzte Traversenteilnehmer (EMR) gemeinsam zurück zur Filchner-Station, nicht ohne unterwegs noch EMR-Messungen auszuführen.

Am 15./16. standen vorwiegend Umstauarbeiten auf dem Programm, letzte Nivellement- und EMR-Messungen von der Filchner-Station zur Küste und nicht zuletzt der langersehnte "Foundationflug" am 15.02. Zuvor konnte am 14.02. auch noch der Punkt HWF auf dem Filchnerschelfeis (s. Abb. 18) nachgemessen und beprobt werden. Am 17.02. waren alle Arbeiten endgültig abgeschlossen und die Bohrcampmannschaft sowie die Traversenmannschaft standen gemeinsam, wohlbehalten an der Eiskante auf die Ankunft von Polarstern wartend. Nach dem Rückstau sämtlichen Materials war die Filchner-IIIa-Kampagne am 18.02.90 erfolgreich abgeschlossen.

3.6.1.3 Zur Logistik

Alle Arbeiten verliefen unfallfrei. Die Verpflegung basierte dieses Jahr vorwiegend auf portionsweise verpackter Tiefkühlkost, wodurch sich im allg. das Essen besonders von den Traversengruppen gut zubereiten ließ. Die Auswahl und Menge war zufriedenstellend, so daß diese Art der Verpflegung im Prinzip für spätere, gleichartige Expeditionen empfohlen werden kann. Technische Probleme gab es mit einigen Skidoos, von denen 2 durch Motorschaden völlig ausfielen. Die anderen Schäden konnten durch das technische Personal wieder behoben werden. In einem Fall war der Austausch eines Skidoos bei Punkt 330 mit Hilfe von POLAR2 nötig. Die logistische Unterstützung der Traverse und auch des Bohrcamps durch POLAR 2 und 4 hatte wesentlichen Anteil am Gelingen der gesamten Operation.

3.6.1.4 Witterung

Die am Bohrcamp registrierten Werte der Globalstrahlung (Kipp & Zonen CM11) und der Lufttemperatur (PT100 in Wetter- und Strahlungsschutzhütte) sind in Abb.15 als Stundenmittelwerte dargestellt. Die relativ hohen Lufttemperaturen (Maximum - 0,1 °C) bei starker Bewölkung am Anfang der Feldsaison beeinträchtigten die Arbeiten der Kernbohrung, wohingegen sie für die Heißwasserbohrungen förderlich waren. Um die kälteren Nachtstunden für die Arbeiten der Kernbohrung auszunutzen, wurde die Zeit um 12 Stunden verschoben, so daß die normale Arbeitszeit in die Nachtstunden fiel. Sonst waren die Arbeiten am Bohrcamp nicht wesentlich witterungsbedingt beeinträchtigt.

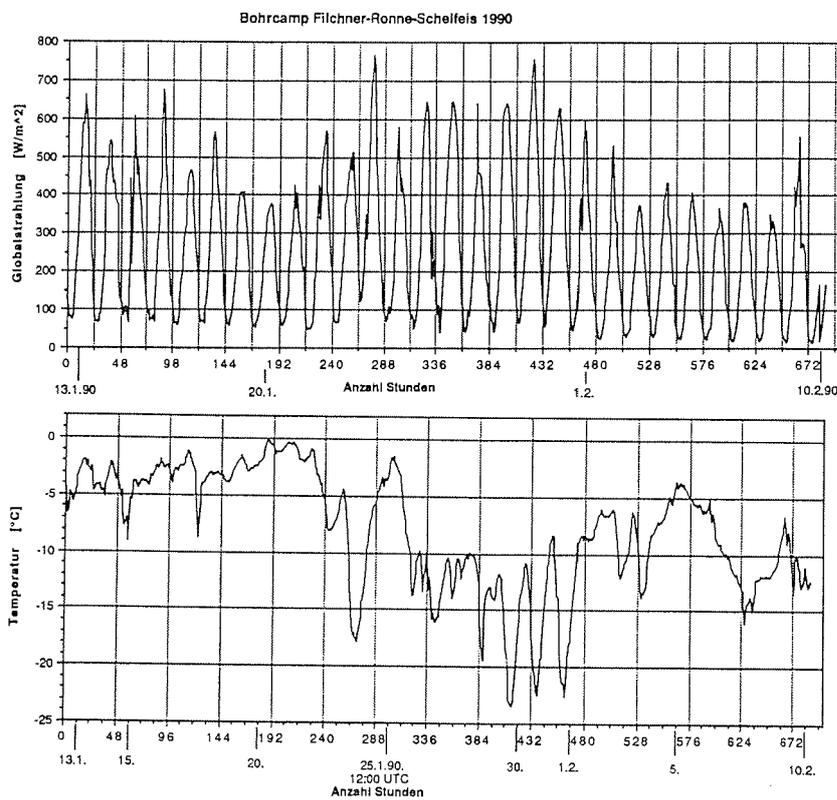


Abb. 15: Bohrcamp auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis, 13.01.-10.02.90: Stundenmittelwerte der Globalstrahlung und der Lufttemperatur (2 m über Grund). Die dargestellte Meßreihe beginnt am 13.01., 0:00 UTC.

Fig. 15: Daily means of measured global radiation and air temperature (2 m above ground) at the drilling site on Filchner-Ronne Ice Shelf for the period 13.01.-10.02.90.

Dreimal wurde Regenniederschlag beobachtet, Schneeniederschlag trat häufiger, vor allem vom 05. bis 07.02. auf. Die tiefsten Temperaturen wurden in der Zeit vom 29.01. bis 01.02. registriert, mit einem Minimum von $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Während der ganzen Zeit war es nur schwach windig. Eine deutlich bevorzugte Windrichtung konnte in diesem Zeitraum nicht festgestellt werden. Als weitere Registrierungen liegen Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie der relativen Luftfeuchte vor. Die Erfahrung der relativ hohen Lufttemperaturen macht das Auftreten von Schmelzhorizonten (Eislagen) in den Firnschichten verständlich.

3.6.2 Geodäsie (B. Ritter, A. Karsten)

In der Filchner-Illa-Kampagne wurden an vorgesehenen Positionen absolute und relative Eisbewegungen beobachtet. Über diese Beobachtungen und über erste Ergebnisse wird im Abschnitt 3.6.2.1 Lagemessungen berichtet. Alle Vermessungspunkte die mit Skidoo und Schlitzen angefahren wurden, konnten durch ein motorisiertes trigonometrisches Nivellement verbunden werden. Meßverfahren und Durchführung werden unter 3.6.2.2 Höhenmessungen skizziert.

3.6.2.1 Lagemessungen

Die absoluten Positionen von Vermessungspunkten (B, L, H) während dieser Kampagne wurden ausschließlich nach dem modernen NAVSTAR-GPS-Verfahren (Navigation System with Time And Ranging - Global Positioning System) bestimmt. Bei diesem System können Empfängerpositionen durch direkte Signallaufzeitmessungen zu mindestens drei (in der Regel vier oder mehr) GPS-Satelliten bestimmt werden. Aus den Signallaufzeiten können Entfernungen abgeleitet werden und über einen räumlichen Bogenschnitt, ausgehend von den bekannten Satellitenpositionen, erhält man die Empfängerposition. Diese Methode erfordert den Einsatz nur eines Empfängers. Werden von zwei (oder mehr) Empfängern zu gleichen Zeiten Beobachtungen zu denselben GPS-Satelliten durchgeführt, können aus den Phasen der Trägersignale relative Positionen, d.h. Koordinatenunterschiede B, L, H, mit weit höherer Genauigkeit abgeleitet werden. Zum Einsatz kamen zwei Empfänger des Typs WM 102 der Wild Magnavox Satellite Survey Company. Die Genauigkeit der an einem Empfänger abzulesenden Koordinaten (Feldlösung) beträgt pro Koordinate rd. 10 m. Die häusliche Auswertung (post-processing) der registrierten Daten eines Beobachtungsintervalls im Bereich 0,5-2,0 h ergibt eine signifikante Genauigkeitssteigerung. Mehrstationslösungen erfordern eine (aufwendige) Prozessierung, die Genauigkeiten der Koordinatendifferenzen sind mit $1\text{ cm} + 1...2 \cdot 10^{-6} \cdot s$ allerdings auch extrem hoch, wobei mit s der Empfängerabstand bezeichnet wird. Bewegungsraten von Meßpunkten können am besten durch wiederholte Relativmessungen zu einer festen Referenzstation bestimmt werden.

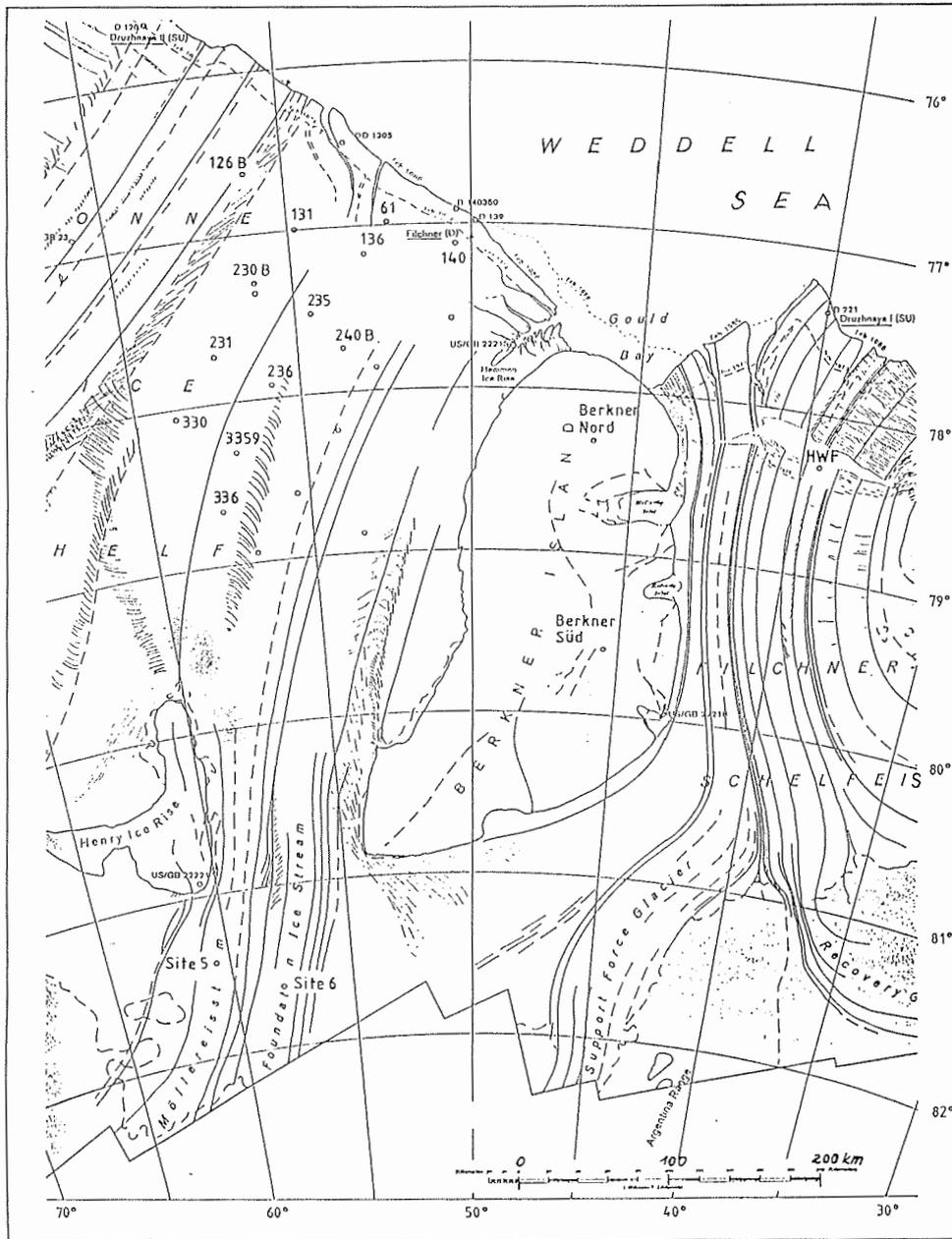


Abb. 16 : Ausschnitt aus "Glaziologische Karte 1:2 000 000 Filchner-Ronne-Schelfeis" (Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt/M, 1987), in die die Arbeitspunkte der Filchner IIIa- Kampagne eingetragen wurden.

Fig. 16 : Section of 'Glaciological Map 1:2 000 000 Filchner-Ronne-Schelfeis' (IfAG, 1987) containing additionally the working sites of Filchner IIIa campaign

Während der Filchner-IIIa-Kampagne wurden auf den bereits 1985/86 angelegten Vermessungspunkten 131, 231 und 330 Wiederholungsmessungen durchgeführt (siehe Abb. 16). In dem Vermessungsfeld um die Kern- und Heißwasserbohrungen wurden die Punkte 1, 5 und 61 vermessen; im Verlauf der Fließlinie durch die Bohrung konnten die Positionen der Punkte 136, 235, 236 und 336 jeweils im 50 km Abstand festgelegt werden. Neben weiteren GPS-Positionen entlang der Route der Skidoo Traversen wurden die 1979/80 angelegten Punkte MXA (139) und MXB (140) erneut bestimmt. Durch Flugunterstützung gelangen die Wiederholungsmessungen der Punkte HWF am Grand Chasms und der britischen Site 5 auf dem Möllereisstrom. Feldlösungen dieser Punkte enthält die Tab. 5, in die auch vorläufige Geschwindigkeitswerte aufgenommen wurden. Der Vollständigkeit halber enthält die Tab. 5 weitere, auf anderen Orten während dieser Kampagne gemessene Positionen. Hauptsächlich während der ca. dreiwöchigen Traversenfahrten wurde mit beiden Empfängern simultan gemessen. Nach Auswertung dieser Messungen im "differential-mode" werden genaue Breiten-, Längen- und Höhenunterschiede für die Punkte dieser Messungskampagne erwartet.

Zur Erfassung der relativen Eisbewegungen werden vermarkte Deformationsfiguren wiederholt terrestrisch vermessen. Als Zeitraum zwischen Null- und Wiederholungsmessungen genügen u.U. wenige Wochen - im Extremfall einige Tage -, wenn mit dem Instrumentarium entsprechende Präzisionsstrecken- und -winkelmessungen ausgeführt werden können. Als Beschreibung der Verzerrungen dienen die Strainparameter e_1 und e_2 sowie deren Richtungen; üblicherweise werden die Strainraten e_1 und e_2 auf Jahresabstand normiert. Vor Ort können vorläufige Strainwerte aus dem Vergleich der Streckenmessungen berechnet werden (Tab. 5). Für die endgültige Strainanalyse werden alle Vermessungsergebnisse einer Messung und einer Figur zusammen ausgeglichen und die dadurch erhaltenen plausiblen Koordinaten werden in einer Affintransformation mit den aus einer vorhergegangenen Messung erhaltenen Koordinaten verglichen. Durch maschenweisen Vergleich von mindestens 3 Koordinatenpaaren können ortsabhängige Änderungen der Strainfelder analysiert werden. Bei den terrestrischen Messungen wurde erstmals der Distanzmesser Kern Mekometer ME 5000 mit einem Genauigkeitskennwert von 1 mm/km erfolgreich in der Antarktis eingesetzt, Richtungen und Zenitwinkel wurden mit den bewährten elektronischen Totalstationen Wild TC 2000, die auch zur Zeitazimutbestimmung mit Hilfe der Sonne dienten, gemessen. Bei bedecktem Himmel wurde der Aufsatzkreisel Wild GAK 1 eingesetzt. Das aufwendigste Strainfeld besteht aus zwei je 10 km langen Dreiecksketten, die orthogonal aufeinander stehen. Die Achsen verlaufen etwa parallel und winkelrecht zur Fließlinie. Das Feld weist 9 Standpunkte und 12 Zielpunkte auf und ist durch je 38 Strecken und Richtungsbeobachtungen sehr zuverlässig bestimmt (Abb. 17). In der Nähe des Schnittpunktes der Dreiecksketten liegen die Kern- und die verschiedenen Heißwasserbohrungen (Abb. 17 Nebenkarte). Geschwindigkeits-, Strain- und Höhenwerte werden neben anderen Parametern für die vom AWI (J. Determann) initiierte "Studie zur indirekten Bestimmung der Schmelzrate an der Unterseite des Ronne-Schelfeises" (Abschn. 3.6.7) benötigt.

Punkt	ellips. Koord. (WGS 84)		Datum der Messung	Art der Messung	Fließparameter [m/a]	Azimut [°]	Bemerkung
	B [° ' "]	L [° ' "]					
139	-76 57 38	-49 46 24	16.02.90	W	1050	59	ident. MX A
140	-77 05 48	-50 17 51	16.02.90	W	1070	56	ident. MX B
km 30	-77 05 15	-59 29 52	10.01.90	R			
61	-76 58 52	-52 16 04	11.01.90	N			Bohrung B 13
61	-76 58 50	-52 15 52	09.02.90	W	1300	46	Bohrung B 13
1	-77 02 07	-52 26 28	16.01.90	N			Strainfeld B 13
5	-76 57 49	-52 12 15	16.01.90	N			Strainfeld B 13
136	-77 11 38	-53 08 27	19.01.90	N			
136	-77 11 36	-53 08 19	06.02.90	W	1500*	46	*Zeitraum sehr kurz
1319	-76 54 01	-54 36 30	21.01.90	R			Faßdepot W
131	-76 57 32	-54 41 32	22.01.90	W			
km 80	-77 09 51	-55 28 45	23.01.90	R			
km 140	-77 34 32	-57 09 47	24.01.90	R			
231	-77 40 56	-57 19 35	25.01.90	W	1050	39	Flugdepot 1
km 180	-77 52 57	-58 11 59	26.01.90	R			
330	-78 02 01	-58 41 26	27.01.90	W	850	35	
3359	-78 18 07	-56 58 48	29.01.90	R			Flugdepot 2
336	-78 43 18	-57 50 51	30.01.90	N			
236	-77 56 15	-55 58 42	01.02.90	N			
235	-77 30 47	-54 32 48	03.02.90	N			Faßdepot S
HWF	-78 19 02	-39 26 05	14.02.90	W	1050	12	Gran Chasm
Site 5	-81 27 47	-60 36 53	15.02.90	W	170	23	BAS/Möllereisstrom
1	-72 50 17	-19 18 23	21.02.90	R			Drescher/Altes Camp
2	-72 53 17	-19 01 14	22.02.90	R			Drescher/Neues Camp
GvN	-70 35 55	-08 21 44	27.02.90	W	175	7	Treppenturm
415	-70 39 31	-08 15 10	27.12.89	N			Trimble-Receiver
415	-70 39 31	-08 15 10	26.02.90	W			WM 102-Receiver
155	-70 44 13	-08 22 19	28.02.90	W	175	338	
306	-70 52 51	-08 10 24	28.02.90	W	170	346	
704	-74 14 11	-08 48 55	27.02.90	W	105	358	
706	-71 11 35	-07 59 42	27.02.90	W	125	349	

Tab. 5 : Koordinaten von Vermessungspunkten (GPS-Feldlösungen)

Tab. 5 : Co-ordinates of stations (GPS-field solutions)

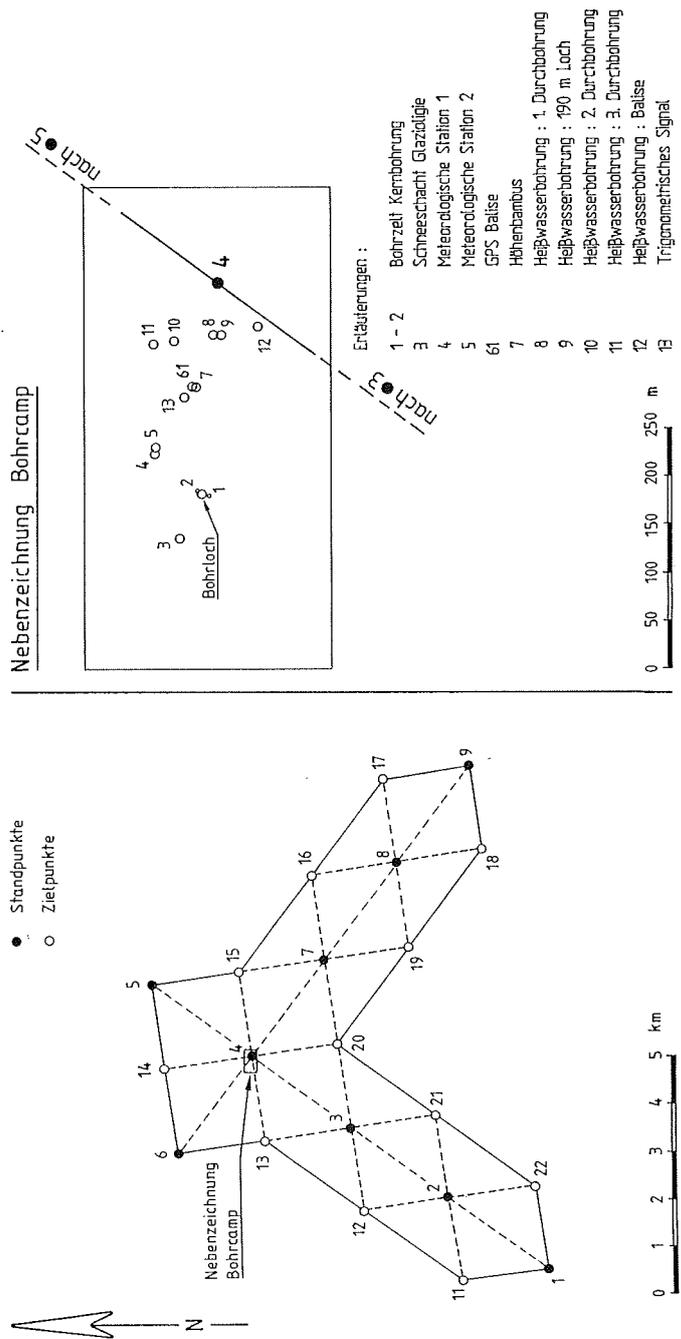


Abb. 17: Strainfield am Bohrcamp - mit Lageplan
 Fig. 17: Strainfield near the drilling-camp with location plan

Die Messungen in diesem Strainfeld wurden nach 25 Tagen wiederholt und erlauben die Ableitung der Strainparameter mit der erwünschten Genauigkeit. Ein zeitliche Abstand zur Nullmessung von rd. 4 Jahren besteht an den Punkten 131, 231 und 330, die britischen Punkte Site 5 und Site 6 wurden nach Jahresfrist neu bestimmt, bei der Figur 136 liegen die Messungen 17 Tage auseinander und nördlich der Filchner Station wurden in einem Experiment die Strainparameter aus vier Messungen in Tagesabstand abgeleitet. Eine Strainfigur auf dem Ekström-Schelfeis, etwa 7,5 km südöstlich der Georg-von-Neumayer-Station, ist ebenfalls in Tab. 6 aufgeführt.

3.6.2.2 Höhenmessungen

Das motorisierte trigonometrische Nivellement wurde wie vorgesehen von der Anlegestelle an der Schelfeiskante über die Filchner-Station bis zum Bohrcamp B13 (Pkt. 61) geführt. Von dort wurde die Deformationsfigur 136 angeschlossen, die Anfangs- und Endpunkt einer etwa 400 km langen Schleife über die Punkte 131 - 231 - 330 - 3359 - 236 - 235 darstellte. Von 3359 konnten weitere 50 km entlang der Fließlinie bis zur Figur 336 nivelliert werden (Abb. 16). Die Abstände der nivellierten Oberflächenpunkte variieren zwischen 1,0 und 1,25 km. Lagemäßig können die mit Bambusfahnen vermarkten Nivellementslinien durch GPS-Messungen an den Deformationsfiguren und durch weitere GPS-Messungen an Routenpunkten (Übernachtungspunkten) in das WGS 84-System (B, L) eingepaßt werden. Die Höhengenaugkeit benachbarter Punkte wird mit etwa ± 0.05 m abgeschätzt, diese Genauigkeit wird von Glaziologen und Geophysikern als befriedigend angesehen.

Um einen schnelleren Arbeitsfortschritt zu erreichen, wurde das während der Kampagne ANT V/4 1986/87 durchgeführte Meßverfahren modifiziert. Beide Beobachter mit ihren Schlittenzügen rücken parallel vor, die Höhenübertragung geschieht nicht mehr über die Instrumentenhöhen sondern über feste Höhenmarken an den Bambusfahnen (siehe Abb. 18). Durch diese Methode wird zwar die Anzahl der Aufstellungen der Instrumente beinahe verdoppelt, dieser Mehraufwand ist indessen zeitlich deutlich geringer als die Wartezeiten eines Beobachters/Schlittenzuges beim Vorrücken des hinteren Schlittenzuges nach vorn. Das Verfahren wurde zusätzlich durch größere Zielweiten - und damit weniger Aufstellungen - beschleunigt. Durch je eine zusätzliche einseitige Zenitwinkelmessung zum fernen Zielzeichen/Reflektor konnte dem mit größeren Zielweiten wachsenden mittleren Fehler bei der Höhenbestimmung entgegengewirkt werden. Diese und weitere zusätzliche Zielungen erhöhen außerdem die Zuverlässigkeit und ermöglichen eine Lagebestimmung durch einen Polygonzug (Abb. 18). Der vordere Beobachter ist für die Zielweite und die im Normalfall geradlinige Trassenabsteckung verantwortlich, sein Partner für die Richtungsbeobachtung zur zurückliegenden, nicht mehr durch ein Zielzeichen signalisierten Bambusfahne. Wegen der über Eisflächen bei bestimmten Wetterverhältnissen stark variierenden Refraktionsverhältnisse wurde das Nivellement - wie bisher - mit gleichzeitig gegenseitigen Zielungen durchgeführt. Diese Meßanordnung ermöglicht die Bestimmung des Refraktionskoeffizienten. Die Anordnung des Meßinstrumentes mit Zielzeichen/Reflektoren in festem Abstand über und unter dem Instrument direkt auf einem Stativ auf dem Nansenschlitten wurde übernommen. Die Winkel- und Streckenmessungen wurden mit elektronischen Tachymetern (Wild

TC 2000) durchgeführt. Die Messungsergebnisse wurden i.d.R. registriert (Registriereinheit Wild GRE 3), aber zusätzlich von den Beobachtern aufgeschrieben.

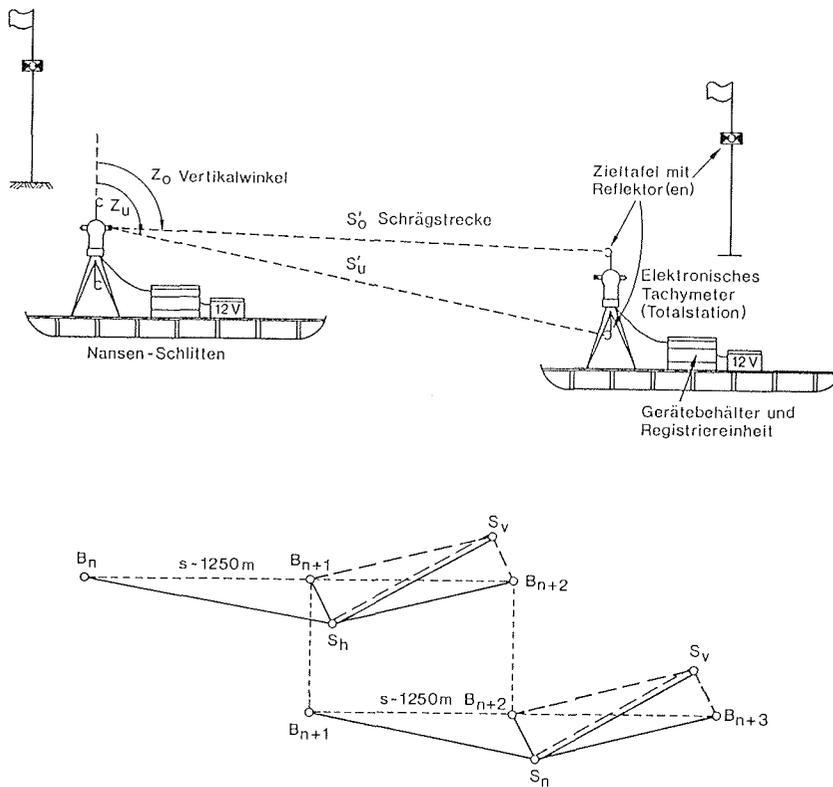


Abb. 18 : Meßverfahren des motorisierten trigonometrischen Nivellements
 Fig. 18 : Method of the motorized trigonometric levelling

In der Zeit vom 10.01.90 bis 16.02.90 wurden mit dem Meßverfahren Höhenprofile von 615 km Gesamtlänge erfaßt. Die Zielweiten konnten bei der sehr ebenen Oberfläche des Schelfeises eingehalten werden. Verkürzungen wurden nur bei schwierigen Sichtverhältnissen (Schneefall, Nebel) vorgenommen. Da mit erheblichen Änderungen der Refraktionsverhältnisse in den späten Nachmittagsstunden zu rechnen ist, wurden die Messungen möglichst nicht über 21 Uhr UTC (entsprechend 17-18 Uhr Ortszeit) ausgedehnt. Diese Maßnahme hat sich nach einer vorläufigen Auswertung günstig ausgewirkt. Es wurden Refraktionskoeffizienten aus den gegenseitigen Zielungen ermittelt, die nur in wenigen Fällen den Wert von 1.0 überschreiten. Die stabilen Refraktionsverhältnisse sind aber auch darauf zurückzuführen, daß es nur wenige Meßzeiten während der Filchner-Kampagne mit Strahlungswetter gab.

Die erhoffte Steigerung des Arbeitsfortschrittes wurde erreicht. Die mittlere Geschwindigkeit - inklusive aller Fahrtunterbrechungen während der Arbeitszeiten - betrug 5,2 km/h. Mit einem eingearbeitetem Team und vorhandener Trassierung sind bei gleichen Oberflächenbedingungen auch deutlich höhere Fortschritte zu erreichen. Erst nach der vollständigen Auswertung der GPS- und Höhenmessungen können Vergleiche der Höhen in den unterschiedlichen Systemen (Ellipsoid und Meereshöhe ("Geoid")) angestellt werden.

Punkt	Datum der Messung	Zeitintervall [d]	Strainparameter			Bemerkung
			t ₁ [gon]	e ₁ [10 ⁻³ /a]	e ₂ [10 ⁻³ /a]	
4	13.01.90 07.02.90	25	188	+ 1,1	+ 0,6	Strainfeld an Bohrlokation
1	14.01.90 08.02.90	25	187	+1,5	+0,5	Strainfeld an Bohrlokation
5	14.01.90 08.02.90	25	8	+ 1,3	+ 0,6	Strainfeld an Bohrlokation
6	14.01.90 08.02.90	25	187	+ 1,3	+ 0,5	Strainfeld an Bohrlokation
9	15.01.90 09.02.90	25	177	+ 1,0	+ 0,4	Strainfeld an Bohrlokation
136	20.01.90 06.02.90	17	32	+ 1,6	+ 0,0	Straindreieck 2 Zentralpunkte
131	09.02.86 22.01.90	1443	56	+ 1,7	+ 0,6	Straindreieck 2 Zentralpunkte
231	05.02.86 25.01.90	1450	36	+ 3,5	- 1,8	Straindreieck 2 Zentralpunkte
330	02.02.86 27.01.90	1455	41	+ 3,8	- 2,2	Straindreieck 2 Zentralpunkte
Site 5	09.01.89 15.02.90	401	71	+ 2,4	- 2,8	BAS-Punkt Dreieck 1 Zentralpunkt
Site 6	11.01.89 15.02.90	399	153	+ 0,4	- 0,8	BAS-Punkt Dreieck 1 Zentralpunkt
140	12.02.- 16.02.90	4	168	+ 0,3	+ 0,0	Filchner-Station
415	27.12.89 26.02.90	61	61	+ 0,8	- 0,2	Ekström-Schelfeis

Tab. 6: Aus Wiederholungsmessungen abgeleitete vorläufige Strainparameter
 Tab. 6: Preliminary strain-values evaluated from repeated measurements

3.6.3 Kernbohrung

3.6.3.1 Bohrtechnik, Bohrverlauf und gewonnenes Probenmaterial (H. Oerter, K.-H. Bässler, C. Drücker, W. Stadler)

Die Hauptaufgabe der Kernbohrung war das Erreichen und weitgehende Durchteufen des bislang als "salines" Eis bezeichneten Eiskörpers unterhalb des das Schelfeis aufbauenden meteorischen Eises. Wie aus den später dargestellten Ergebnissen ersichtlich, liegt es nahe, den bislang als Arbeitsbegriff verwendeten Begriff "salines" Eis durch "marines Eis" zu ersetzen. Für die Auswahl des Bohrsatzpunktes gab es folgende Vorgaben:

- es muß eine Stelle sein, an der sich das Schelfeis aus meteorischen und marinem Eis aufbaut,
- die Grenzschicht zwischen beiden Eisarten soll möglichst hoch liegen,
- das überdeckende meteorische Eis soll eine möglichst homogene Struktur aufweisen,
- und wegen der parallel durchzuführenden Heißwasserbohrungen darf die gesamte Eismächtigkeit 250 m nicht überschreiten.

Aufgrund früherer und während der Anfahrt von der Filchner-Station neu durchgeführter EMR-Messungen (Abschn. 3.6.6) wurde die Lokation bei 76°58'52" S, 52°16'04" W (Abb. 16) ausgewählt. Die Gesamtmächtigkeit wurde in einer feldmäßigen, vorläufigen Auswertung auf 233 m bestimmt, wovon 155 m auf meteorisches Eis und 78 m auf marines Eis entfallen sollten (N. Blindow, pers. Mitt.). Als Bohrziel wurde daraufhin max. 220 m vorgegeben, um auf jeden Fall genügend weit vor Erreichen der Wassersäule zu stoppen.

Bohrtechnik und Bohrverlauf

Die Bohrausrüstung basiert auf der Ausrüstung, die während ANT V/4 bei den Bohrungen B10 und B11 im Ritscher Hochland und bei B12 auf dem Ekströmschelfeis verwendet wurde (Bässler et al. 1990). Das bei B11 verloren gegangene Kabel war durch ein neues, 420 m langes, keflarbewährtes Kabel mit neuer Bohrerabhängung ersetzt worden. Zur gleichmäßigen Kabelaufspulung wurde die bisherige Winde durch eine LeBus-Trommel mit vorgeschaltetem LeBus-Kompensator ersetzt. Um das Abreißen des Kerns zu gewährleisten, waren neue Kernfänger nach dem Vorbild von Koci (pers. Mitt.) in die Bohrkronen (Abb. 19) eingebaut worden. Bei der Neuanfertigung der Bohreinheit in der AWI-Werkstatt wurde das Hüllrohr aus VA-Stahl gefertigt, die übrigen Teile blieben weitgehend aus Aluminium.

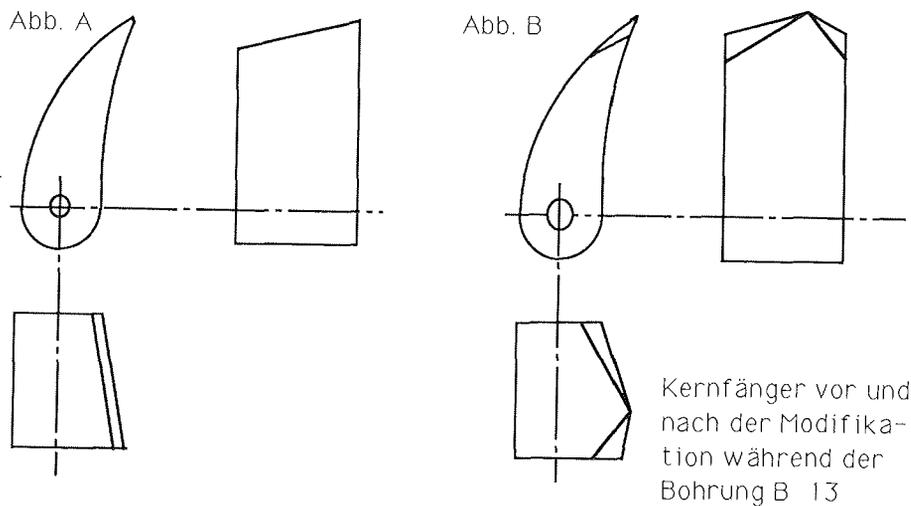
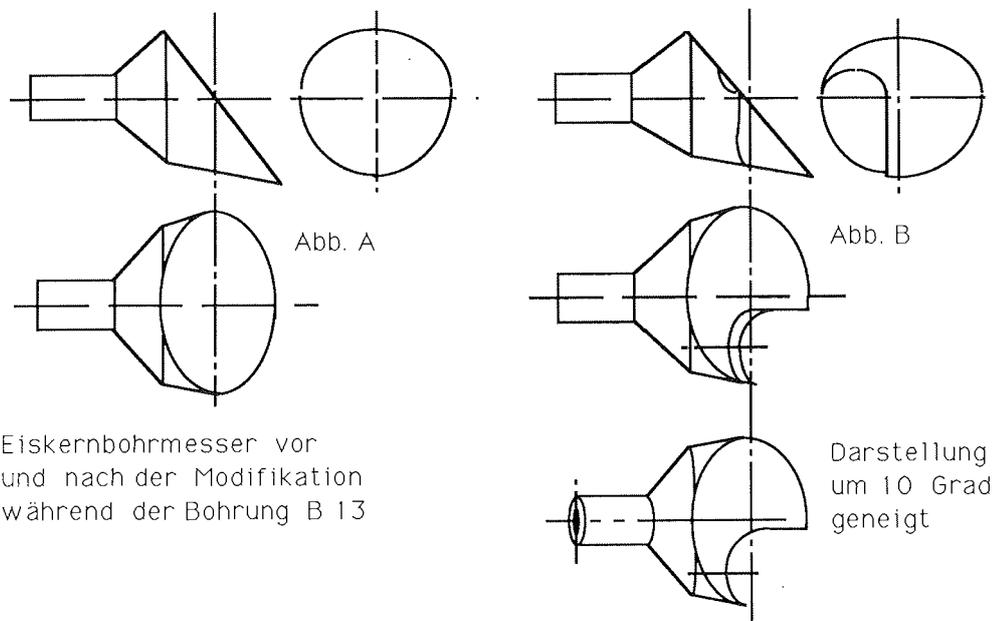


Abb. 19 : Kernfänger a) nach Koci (pers.Mit.) und b) in der während der Bohrarbeiten modifizierten Form.

Fig. 19 : Core catchers a) design after Koci (pers. communication) and b) shape modified during drilling operation.

Die Bohrung wurde mit Rundmessern, mit einem Schnittwinkel von 60° (Abb. 20) begonnen. Nach einigen Modifikationen an der Bohrkronen zur Erhöhung des Freischnitts der Messer konnte der gesamte Firnbereich zufriedenstellend durchteuft werden. Nach Überschreiten des Firn-Eis-Übergangs in einer einer Tiefe von 47-49 m war der Bohrfortschritt bis zu einer Tiefe von 82,5 m sehr unregelmäßig. Daran anschließend konnte jedoch problemlos mit derselben Bohrkronenkonfiguration bis 119 m gebohrt werden. Anschließend folgte bis 140 m ein Abschnitt, in dem die Wirksamkeit der 60° -Rundmesser vielfach versagte und stellenweise sehr mäßige Kernqualität bis zu komplettem Bruch zutage gefördert wurde. Diese Schwierigkeiten konnten auch durch den Einsatz verschieden geneigter Rundmesser nicht überwunden werden. Ein Durchbruch zu wiederum guter Kernqualität wurde erst erreicht, als drei 45° -Rundmesser in die in Abb. 20 dargestellte Form umgefeilt worden waren. Mit diesem Messertyp wurde dann relativ problemlos, auch im marinen Eis bis zur Endtiefe von 215,75 m weitergeschnitten. Nach dem Erreichen des marinen Eises bei 152,8 m ergaben sich sehr glattwandige Kerne, an denen die Kernfänger kein zuverlässiges Abreißen des Bohrkern mehr gewährleisteten. Sie wurden deshalb nach Abb. 19 umgestaltet. Die Griffigkeit war dadurch zwar erhöht,

eine nachteilige Folge war jetzt, daß der Kern nach dem Bohren von den Kernfängern 2-3 mm im Durchmesser abgedreht wurde. Während das Schneidproblem durch die umgeformten Messer gelöst wurde, konnten die Kernfänger unter den gegebenen Bedingungen nicht zur vollen Zufriedenheit gestaltet werden.



Eiskernbohrmesser vor und nach der Modifikation während der Bohrung B 13

Abb. 20: Rundmesser, die bei den Arbeiten an der Bohrung B13 Verwendung fanden
a) im Originalzustand und
b) in der während der Bohrarbeiten abgeänderten Form. Die eingefeilte Hohlkehle bewirkt einen flacheren Schnittwinkel am vertikal stehenden Kern und somit ein sanfteres Schneiden.

Fig. 20: Round cutters used for drilling ice core B13
a) shape at the beginning
b) modified shape. The hollow ground shape of the cutters causes a more gentle cutting angle against the vertical ice core.

Die Anlage des Bohrzeltes wurde gegenüber den früheren Bohrungen (Bässler et al., 1990) um einen 2,5-3,5 m tiefen, abgedeckten Schacht neben dem Bohrzelt erweitert, der mit diesem über eine Durchreiche verbunden war. Dieser Schacht diente als vorübergehendes Kernlager und Arbeitsraum für die Leitfähigkeitsmessungen am Bohrkern, die möglichst tiefe (≤ 10 °C), konstante Temperatur erforderten (Abschn. 6.3.2.2).

Probenmaterial

Als Probenmaterial stehen der Kern B13 mit einer gekernten Länge von 214,75 m und einem Durchmesser zwischen 68 und 72 mm zur Verfügung. Im Bereich 137,7-142,7 konnte kein kompakter Kern gewonnen werden; das verbliebene Material wurde bereits in 5-10 cm aliquote Teile abgefüllt. Bis zu einer Tiefe von 152,8 m wurde meteorisches Eis erbohrt, die restlichen 62,95 m stammen aus marinem Eis. Der benachbarte Kern B14 mit einer gekernten Länge von 53,3 m weist bei einem Durchmesser von 72-73 mm durchweg gute Qualität auf.

Da an dem Kernmaterial bereits elektrische Leitfähigkeiten gemessen wurden, sind parallel zur Kernachse ca. 5 mm Material abgehobelt worden.

Die Kerne wurden in PE-Folie eingeschweißt, in mit Styroporformteilen ausgelegte Kisten verpackt, im Schneeschacht an der Bohrstelle bis zum Abtransport per Flugzeug oder Schlitten zwischengelagert und seit Eintreffen an der Filchner-Station in einem Freezer mit -20 °C Solltemperatur gelagert und transportiert.

Zusätzlich zu den Eiskernen, wurde im Bereich des marinen Eises, das Bohrmehl, durchschnittlich von jeder zweiten Hieve, abgefüllt.

Das besondere Interesse dieser Bohrung galt dem bis dahin auf dem Filchner-Ronne-Schelfeis noch nicht erbohrten marinen Eis. In einer Tiefe von 152,8 m trat eine deutlich erkennbare Schichtgrenze auf zwischen dem opaken, mit vielen Luftblasen durchsetzten meteorischen Eis und einem Eis, das glasklar und ohne Luft-einschlüsse war. Besonders beim Betrachten der für die DC-Leitfähigkeitsmessungen mit dem Mikrotommesser bearbeiteten Fläche hatte man den Eindruck, in oder durch einen geschliffenen Glaskörper zu sehen. Auffällig waren kleine dunkle Einschlüsse, die in regelmäßigen Abständen von ca. 3-6 cm in einer Ebene angeordnet waren. Dazwischen konnte man schlierenförmige, transparente Einschlüsse erahnen. Die Häufigkeit der Partikeleinschlüsse nahm ab 159 m ab, auch die vorzugsweise Anordnung in einer Ebene war nicht mehr so eindeutig auszumachen. Partikeleinschlüsse blieben jedoch über die gesamte erbohrte Kerntiefe sichtbar. Die aufgetretenen Bruchstellen wiesen häufig eine muschelartige Bruchstruktur auf.

Drei kleine Eisproben (beim Bohren abgesplitterte Bruchstücke) wurden später an Bord von Polarstern eingedampft und die festen Rückstände mikroskopisch untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß es sich fast ausschließlich um mineralische Substanzen in Ton- und Schlufffraktionen handelte; es konnten aber auch Bruchstücke von Diatomeen, Radiolarien und eines Kalkplättchens aus der Haut eines Holothurien (Seegurke) nachgewiesen werden (M. Weber und P. Emschermann, pers. Mitt.). Danach sind die Einschlüsse und das sie umgebende Eis sicherlich mariner Herkunft. Die Einschlüsse müßten aus Benthosmaterial, das von der Strömung mitgeführt wird, stammen.

An dem Kernmaterial sind am AWI vorwiegend Untersuchungen zur Struktur und zu physikalischen Eigenschaften des Eises vorgesehen, des weiteren chemische Untersuchungen durch das Institut für Umweltphysik Heidelberg, und Isotopenuntersuchungen durch die Münchener Arbeitsgruppe (Bayerische Akademie der Wis-

senschaften und Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München). Für diese weiterführenden Laborprogramme ist eine finanzielle Unterstützung bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft beantragt. Außerdem muß nun auch noch besonderes Augenmerk auf die Untersuchung der Partikeleinschlüsse gelegt werden.

Zitierte Literatur

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

3.6.3.2 In-situ-Messungen

3.6.3.2.1 Dichte, Temperatur und elektrolytische Leitfähigkeit (H. Oerter, K.-H. Bässler)

Dichte

In Abb. 21 sind die Ergebnisse der feldmäßigen Dichtebestimmung (Wägung, zylindrisches Volumen) am Kern B13 dargestellt. Hieraus erkennt man, daß die Dichte der dichtesten Lagerung (550 kg/m^3) in einer Tiefe von ca. 11 m erreicht wird. Der Firn-Eis-Übergang ($810\text{-}830 \text{ kg/m}^3$) liegt in einer Tiefe von 47-49 m. Ab ca. 80 m wurde die Dichte annähernd konstant zu 900 kg/m^3 bestimmt. Das blasenfreie marine Eis weist Dichtewerte um 915 kg/m^3 auf. Auffallend ist die weitgehend lineare Dichtezunahme zwischen 10 m und 55 m Bohrtiefe. Am Bohrkern B14 wurden ebenfalls Dichtewerte bestimmt. Die Meßergebnisse von B13 und B14 zeigen zufriedenstellende Übereinstimmung.

Elektrolytische Leitfähigkeit

Ab 18 m Bohrtiefe wurde aus dem gefördertem Bohrmehl jeweils eine Probe von ca. 100 g gezogen, an der die elektrolytische Leitfähigkeit gemessen wurde. Das Leitfähigkeitsprofil (Abb. 21) läßt einen leicht abnehmenden Trend bis 152,8 m erkennen, wo dann der Übergang zum marinen Eis sprunghaft hervortritt. Die Werte der elektrolytischen Leitfähigkeit nehmen nach einigen hohen Spitzen und starken Schwankungen nach unten hin wieder ab. Bei der Interpretation dieser Meßwerte muß berücksichtigt werden, daß es sich um Mischproben über in der Regel ca. 60 cm lange Stücke handelt. Mögliche höhere Werte in einzelnen dünnen Lagen könnten nur durch höher aufgelöste Labormessungen erfaßt werden.

Temperatur

Nach Abschluß der Bohrarbeiten wurde im Bohrloch über 2 Tage ein Temperaturlog (Abb. 21c) gefahren. Als Meßfühler wurden dabei 2 Thermistoren verwendet, die ohne engen Wandkontakt im Bohrloch hingen. Die 10-m-Temperatur (Äquivalent für das Jahresmittel der Lufttemperatur) ergibt sich demnach zu $-22,8 \text{ °C}$. Das Temperaturprofil läßt keinen Unterschied zwischen meteorischem und marinem Eis erkennen.

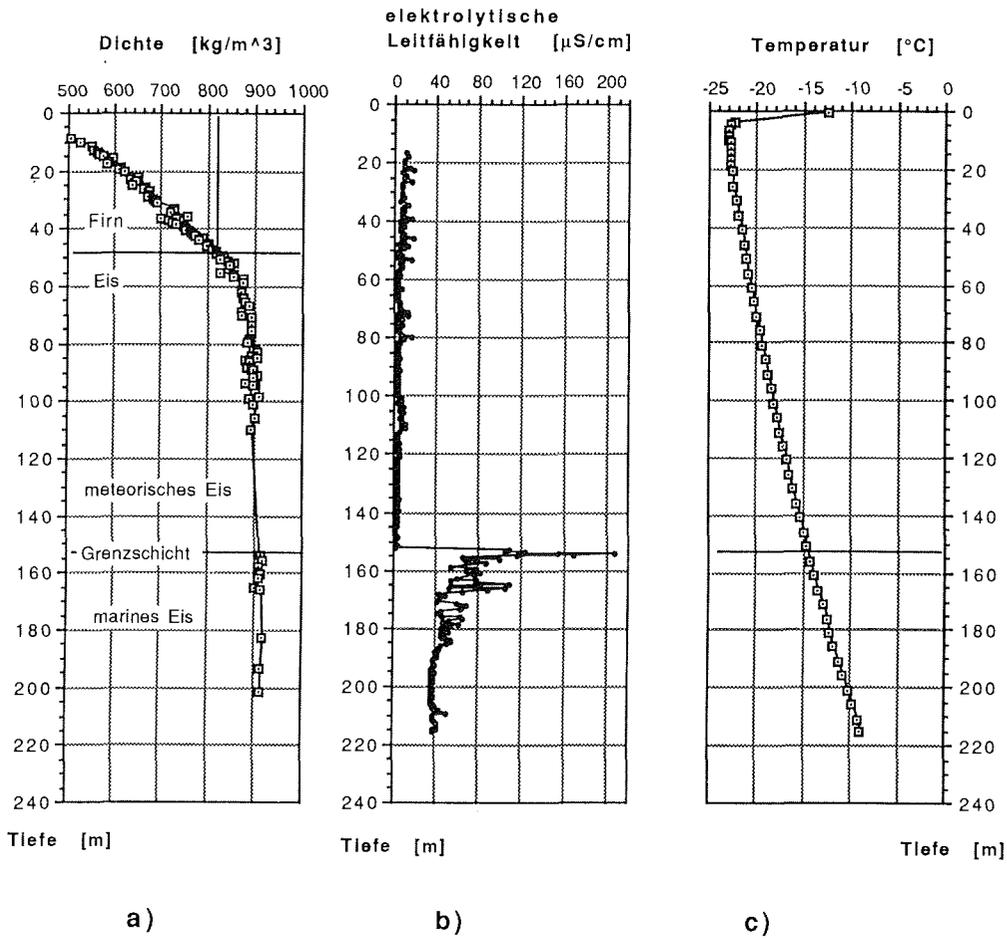


Abb. 21: Kernbohrung B13, Filchner-Ronne-Schelfeis, 1990:
 a) Dichteprofil nach Feldmessungen
 b) elektrolytische Leitfähigkeit, gemessen am Bohrmehl
 c) Temperaturlog nach Abschluß der Bohrung am 08./09.02.90

Fig.21: Ice core drilling B13, Filchner-Ronne Ice Shelf, 1990:
 a) density profile (field measurement)
 b) electrolytical conductivity, measured at drill chips samples
 c) temperature profile in the borehole (08./09.02.90)

3.6.3.2.2 Festkörperleitfähigkeit am Bohrkern (A. Minikin, J. Determann)

Die kontinuierliche Aufnahme der Festkörperleitfähigkeit an Eiskernen (ECM, electrical conductivity measurement) liefert vergleichsweise schnell eine Information über die Änderung der chemischen Zusammensetzung des Eises. Die Messung ist bis auf die Präparation einer ebenen Oberfläche auf dem Eiskern zerstörungsfrei und wird üblicherweise gleich im Feld durchgeführt, um erstens eine bei Transport und Lagerung des Kernmaterials mögliche, thermisch bedingte Beeinflussung der Leitfähigkeit zu vermeiden und zweitens, um bereits während der Bohrung einen Anhaltspunkt für das Erreichen bestimmter Schichten zu erhalten.

Das Verfahren zur Aufnahme eines kontinuierlichen Leitfähigkeitssignals an Bohrkernproben, etwas ungenau meist als Gleichstrom- oder DC-Leitfähigkeit, mitunter auch als Raumladungssignal bezeichnet, wurde von Hammer (1980) eingeführt. Dabei werden zwei Elektroden, an denen eine Hochspannung von typisch 1000 V anliegt, mit konstanter Geschwindigkeit auf einer frisch gehobelten Fläche des Eiskerns in Längsrichtung bewegt und der Stromfluß aufgezeichnet. Der Strom wird durch bewegliche H⁺-Fehlstellen im Kristallgitter des Eises getragen und ist deshalb aufgrund von Polarisierungseffekten an den Elektroden nicht stationär ("Pseudo"-Gleichstrommessung). Der Einfluß chemischer Verunreinigungen auf die Leitfähigkeit ist theoretisch bis heute noch nicht vollständig erklärt, Messungen an Eiskernen aus der Antarktis, Grönland und aus kalten Alpengletschern zeigen jedoch im Bereich hoher Leitfähigkeiten eine gute Korrelation der so gemessenen Leitfähigkeit im festen Eis mit dem Säuregehalt (pH-Wert) des aufgeschmolzenen Eises. Weiterhin konnte experimentell gezeigt werden, daß im Bereich hoher Mineralstaub- oder Seesalzkonzentrationen das Leitfähigkeitssignal fast vollständig verschwindet.

Die im Bohrcamp verwendete Meßapparatur wurde im Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg 1988 gebaut und besteht im wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- a) einer Kernbank mit einem Wagen, der motorangetrieben die Elektroden (Kohlebürsten) über den Kern führt sowie mittels eines Mikrotom-Messers das Abhobeln der Kerne ermöglicht,
- b) einem Kompressor zur Luftdruckversorgung der Einspannvorrichtung für die Eiskerne;
- c) einem Hochspannungsnetzteil und d) einer Datenspeicherungseinheit (HP Data Logger und HP 85-Rechner).

Unter Feldbedingungen hat sich die bisher nur im Tiefkühllabor eingesetzte Apparatur insgesamt gesehen bewährt; insbesondere war erfreulich, daß die sofortige Datenübertragung von dem kälteerprobten HP 85 auf einen leistungsfähigeren IBM-kompatiblen Laptop-PC auch bei niedrigen Temperaturen bis zu -20 °C funktionierte, so daß auf der Rückreise mit "Polarstern" gleich mit der Datenauswertung begonnen werden konnte. Die Messungen selbst wurden in einem 3 m tiefen Schacht ausgeführt, um die Umgebungstemperatur unter maximal -5 °C, meist unter -10 °C zu halten. Gemessen wurden alle Kernstücke der Bohrungen B13 und

B14, soweit deren Qualität dies zuließ. Die aufgezeichneten Rohdaten weisen eine Tiefenauflösung von 3 bis 4 Werten pro cm auf.

In Abb. 22 sind als Beispiele die Profile der Leitfähigkeitsrohdaten für vier verschiedene Tiefenintervalle wiedergegeben. In dem Firnteil des Kerns (siehe Tiefenintervall 10-15 m) ist eine vergleichsweise regelmäßige Abfolge von Maxima und Minima beobachtbar, was aufgrund der nur im Sommer erfolgenden Deposition biogenen, Schwefelsäurehaltigen Aerosols zu erwarten ist; zusätzlich ist wahrscheinlich die Deposition von HNO_3 im Frühjahr für den saisonalen Gang von Bedeutung (Wagenbach et. al., 1988). Die Sommer-Winter-Variation im Leitfähigkeitssignal bzw. Säuregehalt wird entsprechend der Ausdünnung der Jahresschichten mit zunehmender Tiefe in den Rohdaten weniger eindeutig. Die durchschnittliche Mächtigkeit einer Jahresschicht kann jedoch für das Tiefenintervall 10-15 m mit rund 40 cm gut abgeschätzt werden, was auf eine für die Lokation plausible Akkumulationsrate von etwa 20 cm Wasseräquivalent pro Jahr führt.

Das Auftreten einiger herausragender Spitzen im Leitfähigkeitssignal (siehe z.B. im Tiefenintervall 145-150 m) deutet das Vorhandensein eventuell vulkanogener Säurehorizonte an, was nach Bestätigung durch eine detailliertere chemische Analyse und nach zeitlicher Zuordnung insbesondere im unteren Bereich des Kerns zu einer genauen Datierung beitragen könnte.

Der Übergang vom meteorischen Eis zum marinen Eis in einer Tiefe von ca. 152.7 m (siehe Tiefenintervall 151-156 m) zeigt sich in der Leitfähigkeit durch eine abrupte Abnahme des Signals um mehr als eine Größenordnung. Die Signalthöhe bleibt dann im gesamten Bereich des marinen Eises auf einem sehr niedrigen Level. Daß dies durch eine korrespondierende Erniedrigung des Säuregehalts zu erklären ist, ist unwahrscheinlich. Eher ist eine Beeinflussung der Leitfähigkeit durch eine erhöhte Seesalzkonzentration zu erwarten, was auch schon in Firnkernen vom Filchner-Ronne- und Ekströmschelfeis beobachtet wurde. Der Effekt ist dem zu Grunde liegenden physikalischen Leitfähigkeitsmechanismus zuzuschreiben und bislang nicht vollständig geklärt. Unter diesem Vorbehalt läßt sich zu den Eigenschaften des marinen Eises derzeit nur aussagen, daß das Leitfähigkeitssignal hier für eine weitgehende Homogenität des Eises spricht (vergleiche Tiefenintervall 192-197 m).

Fazit: Die während dieser Feldkampagne gewonnenen und über die gesamte Kernlänge praktisch kontinuierlich vorliegenden Leitfähigkeitsdaten bilden eine geeignete Grundlage, um jetzt gezielt Probenmaterial aus dem Eiskern für eine hochaufgelöste chemische Analyse der ionischen Komponenten auszuwählen. Diese Untersuchungen sind am Institut für Umwelphysik der Universität Heidelberg im Rahmen des DFG-Schwerpunkts "Antarktischforschung" mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft geplant (DFG-Förderung Wa-709/1).

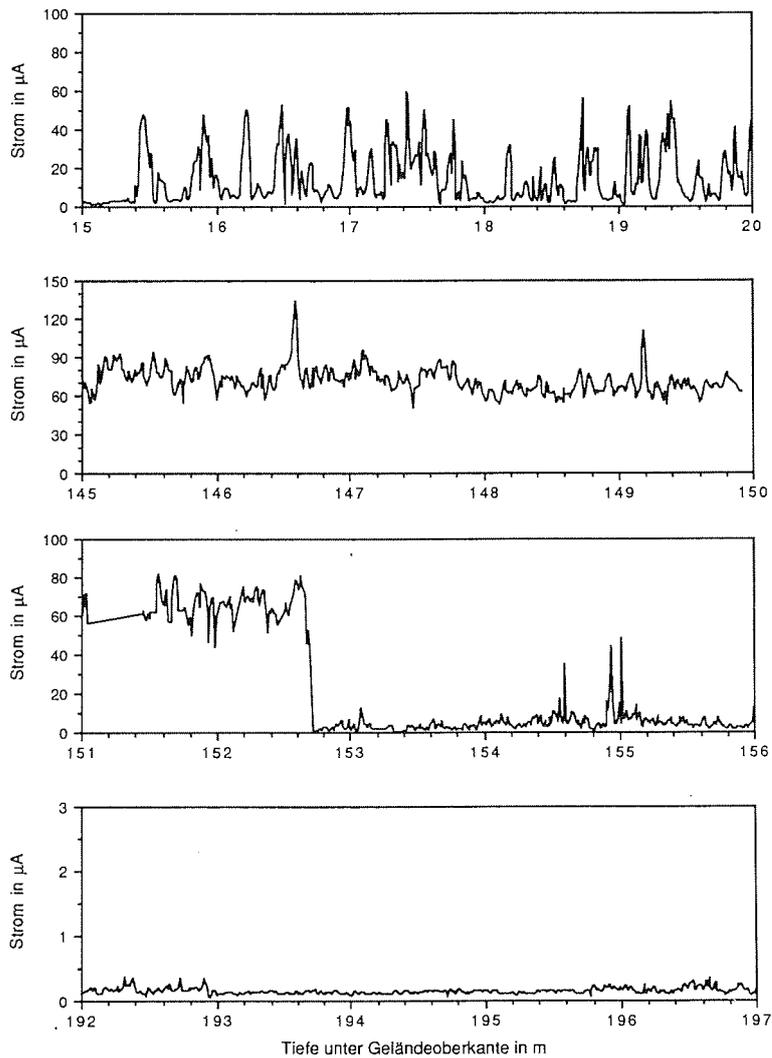


Abb. 22: Leitfähigkeitsprofile für vier verschiedene Tiefenintervalle des Bohrkerns B13. Erläuterung siehe Text.

Fig. 22: Conductivity profiles for four different depth intervals of the ice core B13.

Zitierte Literatur:

Hammer, C. U., Acidity of polar ice cores in relation to absolute dating, past volcanism and radioechoes. *Journal of Glaciology*, 25, 359-372, 1980.

Wagenbach, D., U. Görlich, K. Moser and K. O. Münnich, Coastal Antarctic aerosol: the seasonal pattern of its chemical composition and radionuclide content. *Tellus*, 40B, 426-436, 1988.

3.6.4 Untersuchungen des Filchner-Ronne-Schelfeises mit Hilfe von Heißwasserbohrungen (K. Grosfeld, L. Hempel)

Während der Filchner-IIIa-Kampagne konnten nahe der Kernbohrlokation insgesamt sechs Schmelzbohrungen, davon fünf Durchbohrungen, abgeteuft werden. Das Ziel dieser Arbeiten war, den Temperaturverlauf im Schelfeis und die Abschmelzrate zu bestimmen. Mit den Durchbohrungen war das Meer unter dem Schelfeis für Temperaturmessungen, Probennahmen und erste Strömungsmessungen zugänglich.

Detaillierte EMR-Messungen zur Untersuchung der inneren Struktur und der Mächtigkeitsverhältnisse des meteorischen und marinen Eises ergänzten das Bohrmeßprogramm (s. Abschn. 3.6.6).

3.6.4.1 Die Heißwasserbohranlage

Die Heißwasserbohranlage besteht aus einer separaten Schneeschmelze und einem Bohrkreislauf. Für die Schneeschmelze steht ein Wasserreservoir (3 m³) zur Verfügung, das während der Bohrung mit Schnee aufgefüllt und mit einer Pumpe und einem Wärmeerzeuger kontinuierlich beheizt wird. Für den Bohrkreislauf wird das Wasser aus dem Reservoir über eine Hochdruckpumpe und einen weiteren Wärmeerzeuger auf den Bohrschlitten und den Bohrkopf gebracht, wo es mit ca. 90 bar und 80-100 °C austritt. Es wurde mit einer 60-mm-Edelstahlbohrlanze gebohrt und in einem Fall der Durchmesser des Bohrlochs mit einer 110-mm-Aufweitbirne vergrößert. Für eine 60 mm-Durchbohrung des auf 239 ±2 m geloteten Schelfeises wurden ca. 6 m³ Wasser in 7-8 Stunden Bohrzeit benötigt. Hieraus ergibt sich eine mittlere Bohrgeschwindigkeit von 30-35 m/h.

In Abb. 23 sind der Wasserverbrauch und der Bohrfortschritt in Abhängigkeit von der Bohrzeit für eine Bohrung dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, daß in verschiedenen Tiefenbereichen ein unterschiedlicher Bohrfortschritt zu erzielen ist. Dies ist von der Dichte, wie beim Übergang von Firn zu Eis (Abb. 3.7a) in ca. 50 m Tiefe ersichtlich, sowie von der Temperatur und der inneren Struktur des Eises abhängig.

Die während des Bohrvorganges kontinuierlich aufgezeichnete Zugkraft der Bohrlanze dokumentiert unterschiedliche Zonen, in denen die Bohrlanze häufig stockt und auf der Bohrlochsohle aufsetzt und solche, in denen sie mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bohrt.

3.6.4.2 Messungen und erste Ergebnisse

Zu Beginn der Feldkampagne (13.01.-17.01.90) konnten zwei Bohrungen im Abstand von 7 m abgeteuft werden, in die fünf Temperaturmeßketten mit insgesamt 64 PT100-Meßwiderständen zur Messung des Temperatur-Tiefen-Profiles des Schelfeises bis in das Meer hinein eingebracht wurden. Die Verteilung der Temperaturmeßfühler ist so konzipiert, daß in der Umgebung der Grenzschicht vom meteorischen zum marinen Eis und an der Eisunterseite mit einem dichteren Abstand gemessen

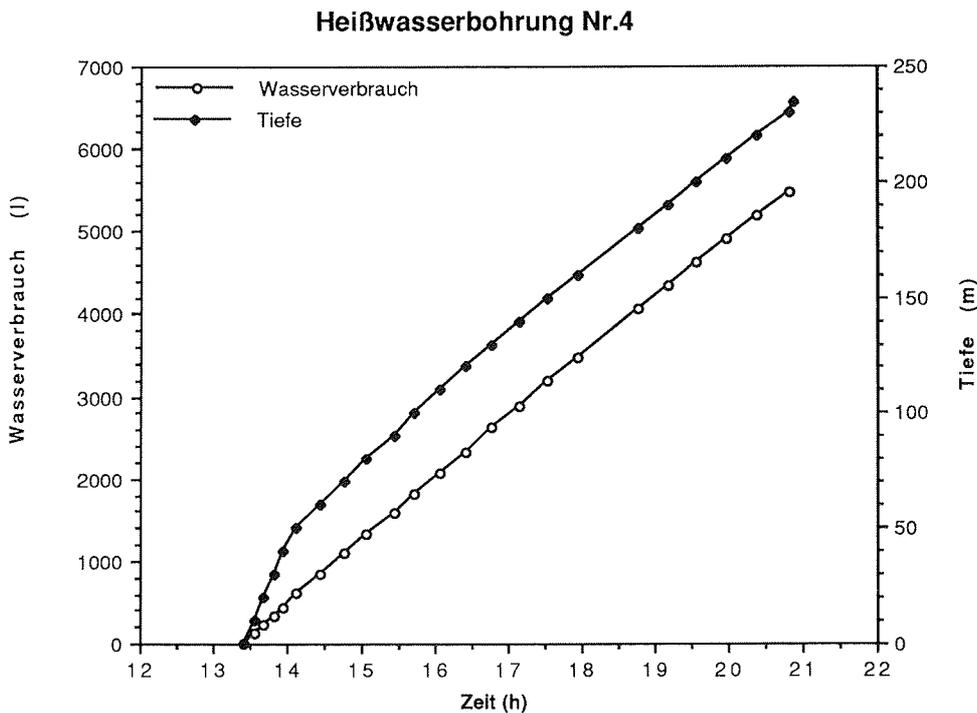


Abb. 23 : Wasserverbrauch und Bohrfortschritt in Abhängigkeit von der Bohrzeit
 Fig. 23 : Water consumption and drilling progress as a function of drilling time

werden kann. Die Tiefenlage der Grenzschicht und die Gesamtmächtigkeit des Schelfeises wurden mit Hilfe des hochauflösenden Boden-EMR-Verfahrens in einer Vorerkundung bestimmt (Abschn. 3.6.6). Die Temperaturelemente wurden zweimal täglich abgelesen, so daß der Einfrierprozeß der Bohrlöcher registriert werden konnte. Nach ca. 18 Tagen war im Rahmen der Ablesegenauigkeit von 0,1 K ein stabiles Temperaturprofil erreicht. Ausgenommen ist hiervon der Bereich zwischen 30 und 40 m, in dem große Mengen von Schmelzwasser weiträumig in den permeablen Schnee eingedrungen sind.

In der zweiten Phase (19.01.-27.01.90) wurden drei Bohrungen abgeteuft, in die unterschiedliche Meßleitungen bis 30 m ins Meer unter das Schelfeis eingebracht wurden. An diesen Leitungen wurden Time-Domain-Reflektometrie-Messungen durchgeführt. Dabei wird ein HF-Impuls auf das Kabel gegeben, der aufgrund der unterschiedlichen dielektrischen Eigenschaften von Eis und Meerwasser an dieser Grenzschicht im Kabel reflektiert wird. Bei hinreichend großem Meßzeitraum können aus den Veränderungen der Laufzeitdifferenzen dieser Reflexionssignale Schmelzraten berechnet werden.

Durch die Heißwasserbohrtechnik ist ein Zugang zum Meer unterhalb des Schelfeises gegeben. Durch ein auf einen Durchmesser von 110 mm aufgeweitetes Bohrloch wurden Wasserproben im Bohrloch und unter dem Schelfeis entnommen. Der Wasserspiegel im Bohrloch, der nach dem Durchbohren auf Meeresniveau absinkt, wurde auf $35,35 \pm 0,05$ m unter der Eisoberfläche gelotet. Ersetzt man das Süßwasser im Bohrloch durch Meerwasser der Dichte $1027,9 \text{ kg/m}^3$, so berechnet sich die Höhe der Eisoberfläche über dem Meeresniveau (Freibordhöhe) auf 40,9 m. Diese Messungen können durch das trigonometrische Nivellement kontrolliert werden (vgl. Abschnitt 3.6.2). Die Berechnung der Freibordhöhe aus der Eismächtigkeit liefert nach der von Thyssen (1988) abgeleiteten Gleichgewichtsbeziehung für das Filchner-Ronne-Schelfeis einen Wert von $40,4 \pm 0,6$ m, der sehr gut mit dem oben bestimmten Wert übereinstimmt.

Zu einer ersten Untersuchung der Meeresströmung unterhalb des Schelfeises wurden ein Strömungsmesser und eine Kompaßsonde auf 11 m Tiefe unter das Schelfeis gefiert. Für eine Kontrollmessung wurden die Sonden hochgeholt, wobei sie in ca. 100 m Tiefe stecken blieben und nicht mehr geborgen werden konnten.

Alle Bohrstellen sind für eine längere Zeit markiert. Die Meßketten haben an der Eisoberfläche einen Vorlauf von 2-10 m und sind mit Balisen langzeitmarkiert. Sie stehen somit für Nachmessungen in späteren Jahren zur Verfügung (zur Lage siehe Abb. 17).

Zitierte Literatur:

Thyssen, F., 1988. Special aspects of the central part of the Filchner-Ronne-Ice-Shelf, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 11, 173-179.

3.6.5 Feldglaziologische Arbeiten (J. Kipfstuhl, H. Oerter)

3.6.5.1 Arbeiten auf dem Schelfeis

Die feldglaziologischen Arbeiten verfolgten als Hauptziel die Probennahme für die Bestimmung von Akkumulationsverteilung, Isotopengehalt, spurenstoffglaziologischen Parametern und der 10-m-Firntemperatur im Einzugsbereich der Tiefbohrung. Sie wurden ergänzt durch Meßpunkte auf Berkner Island, Foundation Ice Stream und Möllereisstrom sowie auf dem Filchnerschelfeis. Des weiteren wurde bereits bei der Anreise südlich der Georg-von-Neumayer-Station ebenfalls ein Meßpunkt angelegt.

In Schneeschächten wurden bis in 2 m Tiefe die Stratigraphie aufgenommen, die Dichte bestimmt und die Temperatur in 10-cm-Tiefenintervallen gemessen. Außerdem wurden Schneeeproben für isotopische und spurenstoffchemische Analysen entnommen und Flachbohrungen bis in 10 m Tiefe niedergebracht. An den Traversenpunkten 131, 230, 231, 330 und 335 wurden frühere Arbeiten ergänzt (Graf et al., 1988). Die Punkte 136, 235, 236 und 336 wurden erstmals beprobt, wobei an Punkt 336 nur eine Flachbohrung durchgeführt wurde.

Die Schneeprofilaufnahmen zeigen die übliche quasiperiodische Wechsellagerung von grobkörnig-lockerem, mehr oder weniger stark metamorphosem Material mit feinkörnig-festen Schichten. Meist, Punkt 330 ausgenommen, sind die Jahresgrenzen nicht mit Sicherheit zu erkennen. Zur Akkumulationsbestimmung müssen deshalb die Isotopenanalysen abgewartet werden. Eislinsen wurden am Bohrcamp und an den Punkten 136 und 235 beobachtet.

Die mittlere Firndichte variiert mit Werten zwischen 369 und 394 kg/m³ nur wenig. Ihre Werte sind zusammen mit den 10-m-Firntemperaturen, die in guter Näherung die mittleren Jahrestemperaturen des jeweiligen Punktes repräsentieren, in Tab. 7 angegeben.

Mit Unterstützung der Polarflugzeuge POLAR 2 und POLAR 4 konnte vor Beginn und nach Beendigung der Skidoo-Traversal ein zusätzliches Programm abgearbeitet werden. Von den beiden Berkner Gipfeln "Süd" und "Nord" abgesehen konnten an den einzelnen Punkten aus Zeitgründen nur Flachbohrungen durchgeführt und die 10-m-Temperatur gemessen werden. Aufgrund der kurzen Meßzeit von nur 5 bis 30 min dürften die wahren 10-m-Temperaturen noch etwa 1 bis 2 K unter den in Tab. 7 angegebenen Werte liegen.

Punkt	Schachttiefe [m]	mittlere Dichte [kg/m ³]	10-m-Temperatur [°C]
Bohrcamp	1,99	389	-23,5
131	2,07	383	-23,3
136	2,00	394	-23,8
230	1,86	367	-23,8
231	2,02	378	-24,4
235	2,01	379	-24,3
236	2,04	373	-24,7
330	2,03	378	-24,5
335	1,46	369	-25,2
336	-	-	-26,1
Berkner Süd	1,99	359	-24,6
Berkner Nord	1,95	394	-22,5
HWF	-	-	-24,4
Site 5	-	-	-28,6
Site 6	-	-	-28,7
GvN-Süd	1,51	418	-

Tab. 7 : Oberflächennahe Firndichten bestimmt in Schneeschächten und 10-m-Firntemperatur (Lage der Meßpunkte Abb. 16)

Tab. 7 : Mean near-surface density of firn measured in snow pits, and firn temperature at a depth of 10 m (location of measuring points cf. fig. 16)

Ergänzend bleibt zu bemerken, daß zwischen den Traversenpunkten 231 und 330 eine deutliche Undulation der Oberfläche mit Wellenlängen von einigen 100 m und Amplituden von etwa 1 bis 2 m beobachtet wurde.

Zitierte Literatur:

Graf, W., Moser, H., Oerter, H., Reinwarth, O., Stichler, W., 1988: Accumulation and ice-core studies on Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 11, 23-31

3.6.5.2 Ergänzende feldglaziologischen Arbeiten

Unterwassereis (Eisplättchen von bis zu Handtellergröße und 2-3 mm Dicke) entsteht sehr wahrscheinlich als Folge von Wechselwirkungen zwischen dem Schelfeis und dem Ozean in der freien Wassersäule unter einem Schelfeis. Es wurde bereits wiederholt unter dem Festeis auf dem östlichen Schelf in Schichten bis zu mehreren Metern Mächtigkeit beobachtet. Hier ist es vor allem im Zusammenhang mit der Entstehung der salinen Eisschicht unter dem Ronne-Schelfeis interessant.

Auf der Anreise wurde in der Atka Bucht, im Drescher Inlet und an der Anlegestelle der Polarstern vor der Filchner-Station Eisplättchenproben für Isotopenanalysen gesammelt. In der Atka Bucht erreichte die Unterwassereisschicht unter dem festen Meereis Mächtigkeiten bis 3 m, im Drescher Inlet bis wenigstens 2 m - die Gesamtmächtigkeit ließ sich dort nicht feststellen. Das Meereis wies jeweils Dicken um 2 m auf und zeigte an der Eisunterseite deutlich erkennbar ins Eis eingefrorene Eisplättchen. Im Bereich der Schelfeiskante nahe der Filchner-Station wurden die Eisplättchen unmittelbar von der Wasseroberfläche gefischt.

Neueis ("frazil ice"), das Ende Februar in der Atka Bucht an der Wasseroberfläche gesammelt und eingedampft wurde, enthielt neben biogenem auch mineralisches Material, insbesondere Quarzkörnchen mit einem Durchmesser von 5 - 15 mm. In der Wassersäule vor dem Ekström-Schelfeis befindet sich demnach mineralisches Material ähnlicher Korngröße wie das, das in der salinen Eisschicht unter dem Ronne-Schelfeis eingeschlossen ist. Möglicherweise wirken in der Wassersäule schwimmende Eiskristalle als Filter für das im Wasser schwimmende Material, möglicherweise stellt dieses aber auch die Kristallisationskerne für die Eiskristalle dar und wird deshalb eingeschlossen.

3.6.6 Hochauflösende EMR-Messungen im Bereich der Bohrungen und im zentralen Teil des Filchner-Ronne-Schelfeises
(N. Blindow, L. Hempel, K. Grosfeld)

Im Rahmen der Filchner-IIIa-Kampagne wurden auf einer Traverse und im Bereich der Bohrungen etwa 1200 Profilkilometer mit dem hochauflösenden elektromagnetischen Reflexionsverfahren (EMR) gemessen. Diese Untersuchungen sind Teil und Erweiterung des vom Institut für Geophysik der WWU Münster durchgeführten Flug- und Boden-Meßprogramms, welches in den Kampagnen 1983/84 und 1985/86 den Nachweis einer basalen Schicht im zentralen Teil des Filchner-Ronne-Schelfeises erbrachte. Mit den hochauflösenden EMR-Messungen lassen sich innere Strukturen im Schelfeis abbilden und mit den weiträumig ausgeführten Flug-EMR-Messungen korrelieren (s. Abschn. 3.6.8). Aus den Flugmeßprogrammen sind die Mächtigkeitsverhältnisse des meteorischen und salinen Eises im Untersuchungsgebiet im wesentlichen bekannt.

Die Lage der Boden-EMR-Profile ist in Abb. 24 dargestellt, spezielle Messungen auf Rastern o.ä. sind hierin nicht enthalten. Bedingt durch Wetterverhältnisse und logistische Gegebenheiten konnten leider einige der geplanten Profile in südwestlicher Richtung nicht ausgeführt werden.

Die Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen für elektromagnetische Wellen im jeweiligen Meßgebiet wurde auf der Traverse sowie im Bereich der Bohrungen durch 9 common midpoint (CMP) Messungen ermittelt. Zusätzlich wurden die elektromagnetischen Eigenschaften des Schnees im oberflächennahen Bereich mit Zeitbereichs-Reflektometrie (time domain reflectometry: TDR) untersucht.

3.6.6.1 Messungen im Bereich der Bohrungen

Erstes Ziel der EMR-Messungen war die Erkundung einer geeigneten Bohrlokation, an der Mächtigkeitsverhältnisse und innere Strukturen von salinem und meteorischem Eis den Anforderungen der geplanten Kern- und Heißwasserbohrungen entsprachen. Diese Messungen wurden später durch ein detailliertes Programm im Bereich der Bohrungen ergänzt. Die EMR-Profile im Bereich der Bohrlokationen zeigen wesentliche Strukturmerkmale des Eises, die sich auch im später erbohrten Kernmaterial belegen lassen. Der Profilausschnitt Abb. 25 soll dies verdeutlichen: Auf eine elektromagnetisch homogene Firnschichtung im Bereich von 0 bis 50 m Tiefenlage folgt strukturell unauffälliges Eis, welches ab ca. 80 m Tiefe durch ein gestörtes Schichtpaket abgelöst wird. Darunter sind weitere homogene Schichten erkennbar. Bei etwa 153 m Tiefe zeigt eine deutliche Reflexion den Übergang zum salinen Eis an, welches sich durch höhere Absorption elektromagnetischer Wellen sowie das weitgehende Fehlen innerer Strukturen auszeichnet. Lediglich direkt unterhalb des Übergangs sind bis in etwa 10 m Tiefe unzusammenhängende Reflexionen und Diffraktionen elektromagnetischer Wellen erkennbar. In diesem Bereich sind auch am Bohrkern Einschlüsse und Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit festgestellt worden. Bei etwa 240 m folgt in der Nähe der Bohrungen schließlich die Reflexion von der Eisunterseite.

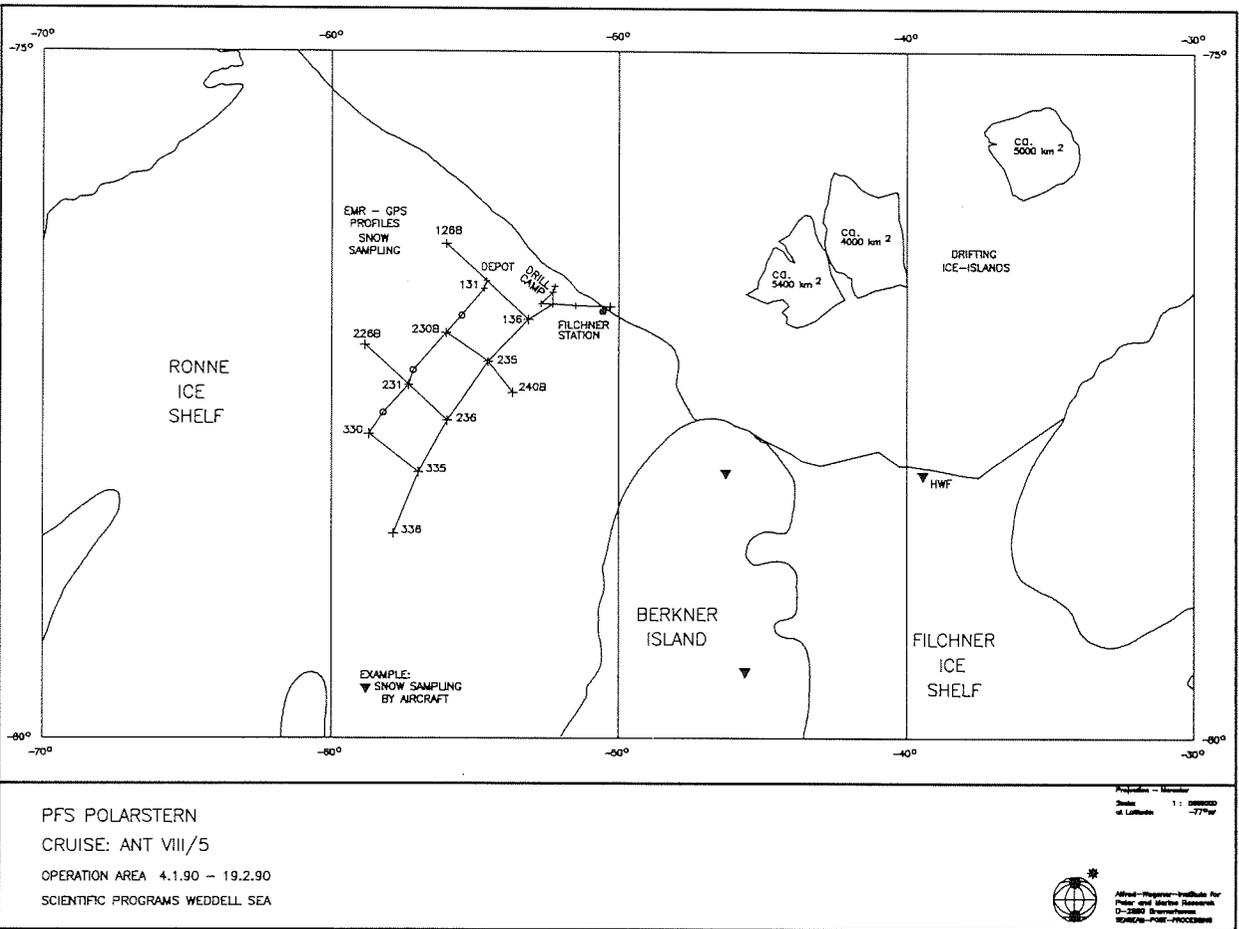


Abb. 24 : Routenplan der Traversen während Filchner-Illa 1989/90
 Fig. 24 : Route map of the traverse groups during 1989/90 field season on the Filchner/Ronne Ice Shelves

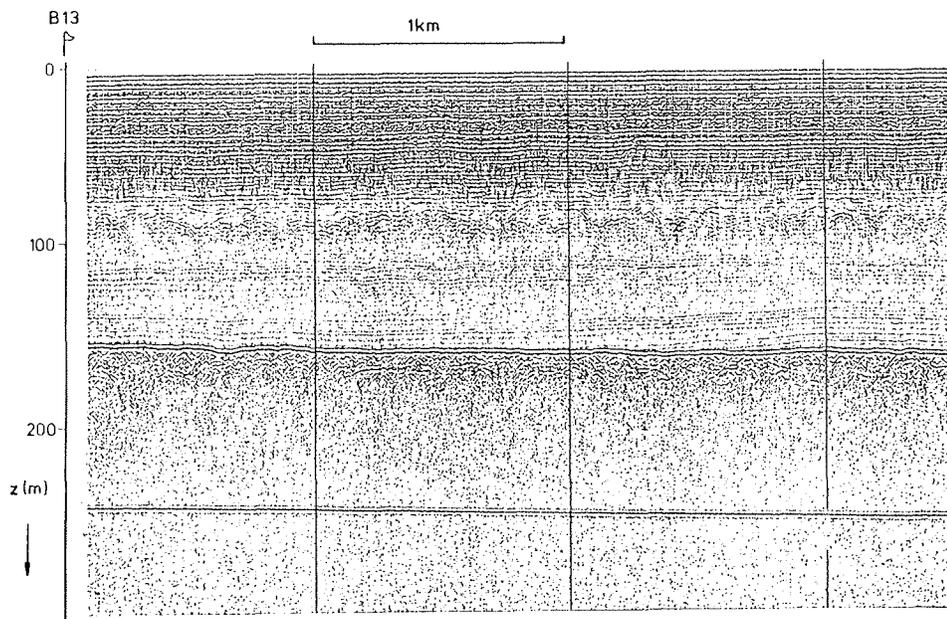


Abb. 25 : EMR-Profil von der Bohrlokation B13 in Richtung Süden; Reflektoren bei 155 bzw. 240 m zeigen den Übergang meteorisch/marin bzw. die Eisunterseite

Fig. 25 : EMR profile from the drill site B13 towards south; Reflections at 155 and 240 m depict the transition meteoric/marine and the ice shelf bottom, respectively

In der Umgebung der Kern- und Heißwasserbohrungen wurden ein Raster von 1*1 km² mit einem Profilabstand von 100 m sowie Profile entlang der geodätischen Strain-Figur hochauflösend gemessen. Zur präzisen Bestimmung der Geschwindigkeits-Tiefen-Funktion im Bereich der Bohrungen dienen drei CMP-Messungen mit 45facher Überdeckung und Auslagen bis 450 m. Eine CMP-Sektion ist in Abb. 28 gezeigt. Ein vertikales elektromagnetisches Profil in der Kernbohrung ergänzt diese Untersuchungen.

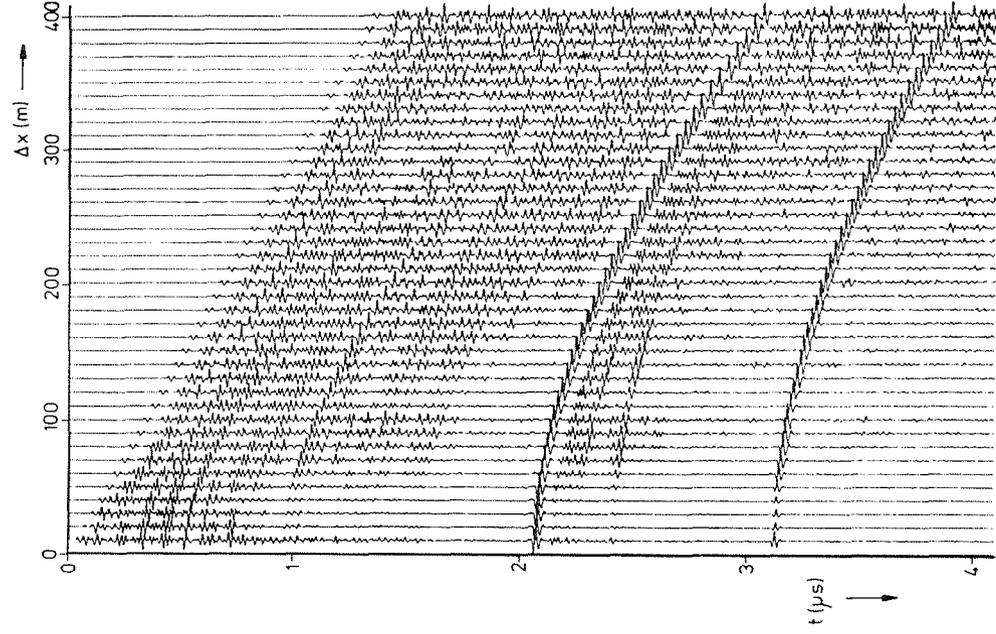


Abb. 26 : CMP-Messung 50 km W Filchner-Station
 Starke Reflektionshyperbeln vom Übergang vom meteorischen zum
 marinen Eis und von der Eisunterseite
 Fig. 26 : CMP measurement 50 km w of Filchner Station
 Strong reflection hyperbolae indicate transition from meteoric to marine
 ice and bottom of the ice shelf

3.6.6.2 Messungen während der Traverse

Die EMR-Messungen auf der Traverse bilden auf Profilen parallel und senkrecht zu den Fließlinien innere Strukturen in Firn und Eis räumlich ab. Außerdem dienen sie als ground-truth-Daten für die Flug-EMR-Messungen, die im gleichen Zeitraum stattfanden (Abschn. 3.6.8).

Einige wesentliche, erste Ergebnisse der Traversen-Profile sind:

- a) Der Reflexionskoeffizient von der Eisunterseite im Bereich des salinen Eises verringert sich drastisch etwa 10 km nordöstlich von Punkt 136, so daß südlich davon keine Reflexionen von der Eisunterseite mehr registriert werden konnten. Gleichartige Beobachtungen wurden auch bei den bisherigen Flugmessungen gemacht. Diese Erscheinung ist u.U. durch eine stark absorbierende basale Zone des salinen Eises (Anfrieren?) zu erklären, die weiter nördlich abgeschmolzen ist.
- b) Insbesondere im südwestlichen Teil der Traverse finden sich im salinen Eis Schichtstrukturen über 30 m.
- c) Der Übergang zum Eis des Institute Ice Stream ist auf zwei Profilen in nordwestlicher Richtung durch auffallende strukturelle Unterschiede belegt.
- d) Zwischen den beiden Haupttrassen der Traverse hat die Mächtigkeit des meteorischen Eises ein Minimum. Dieses verläuft etwa parallel zu einer Fließlinie, die von der Nordspitze des Henry Ice Rise ausgeht. Beiderseits dieses Minimums finden sich am Übergang vom meteorischen zum salinen Eis Häufungen von Diffraktionen.
- e) Im südlichsten Teil des Meßgebiets erkennt man etwa 20 bis 30 m unter der Oberfläche Diffraktionsstrukturen, die als Reste eines Spaltengebiets nordwestlich von Henry Ice Rise anzusehen sind. Diese inhomogenen Strukturen lassen sich im weiteren Profilverlauf bis zur Bohrlokation verfolgen. Sie bilden dort im Bereich ab etwa 80 m Tiefe eine auch im Verlauf der Kernbohrung auffällige Zone.
- f) Nach Osten hin nimmt die Mächtigkeit des meteorischen Eises zu. Hier beobachtet man bis in 250 m Tiefe leicht gefaltete Schichten, die teilweise an der Grenze zum salinen Eis auskeilen. Dies deutet darauf hin, daß der Übergang meteorisch/salin vor der Bildung des salinen Eises Abschmelzvorgängen ausgesetzt war. Da die Reflexionen im tieferen Bereich des meteorischen Eises nicht mehr durch Dichte-Unterschiede erklärt werden können, liegen hier u.U. Reste des Inlandeises mit Leitfähigkeitskontrasten im HF-Bereich (vulkanischer Staub?) vor.

3.6.7 Studie zur indirekten Bestimmung des Schmelzrate an der Unterseite des Ronne-Schelfeises (J. Determann, K. Großfeld und B. Ritter)

Das Schmelzen an der Unterseite von Schelfeisen spielt eine wichtige Rolle im Massenhaushalt der Antarktis. Außerdem beeinflusst es die Form von Gleichgewichtsprofilen der Eismächtigkeiten. Besonders im Kantenbereich des Ronne-Schelfeises treten hohe Schmelzraten auf, deren Beträge bisher nur grob abgeschätzt wurden.

Aus einem Feldexperiment in der Umgebung der diesjährigen Bohrlokation läßt sich die jährliche Schmelzrate M indirekt mit hoher Genauigkeit ableiten. Grundlage dafür ist die Kontinuitätsgleichung für den Massenfluß unter der Annahme eines stationären Schelfeises, das heißt, daß zumindest kurzfristig die Geometrie des Schelfeises erhalten bleibt. Für die Schmelzrate M gilt dann:

$$M = -H \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - u \frac{\partial H}{\partial x} - v \frac{\partial H}{\partial y} + A$$

Die zu berechnenden Terme enthalten Meßgrößen, die mit verschiedenen Verfahren zu gewinnen sind. Der Erfolg des Experiments beruht daher auf der Kooperation der Institute, die diese Methoden beherrschen.

- Eismächtigkeit H (Schmelzbohrung, EMR; IGMS)
- Fließgeschwindigkeit des Eises u, v (GPS; IFV)
- Verzerrungsraten (strain) $du/dx, dv/dy$ (Lagemessungen; IFV)
- laterale Eisdickenänderungen $dH/dx, dH/dy$ (EMR; IGMS)
- Oberflächenakkumulation A (Feldglaziologie; AWI)

Für alle Verfahren gilt, daß sie innerhalb der diesjährigen Meßkampagne von ca. fünf Wochen Daten hinreichender Genauigkeit lieferten, um die Schmelzrate mit einer Fehlerschranke von 10-20 % anzugeben. Zum gegenwärtigen Auswertestand ist davon auszugehen, daß die Schmelzrate in einer Größenordnung von 2 m pro Jahr liegt. Ergibt die in Abschn. 7.4. beschriebene direkte Messung eine sehr genaue Schmelzrate, könnte die oben gemachte Einschränkung für ein stationäres Schelfeis verifiziert, bzw. in Frage gestellt werden. Damit ließen sich Aussagen über den gegenwärtigen Gleichgewichtszustand des Ronne Schelfeises machen.

3.6.8 Flugprogramm auf dem Filchner/Ronne-Schelfeis und Berkner Island (F. Thyssen)

Die wissenschaftliche Fragestellung, die mit dem Flugprogramm bearbeitet werden sollte, war dreifach. Zum ersten sollte aus der Umgebung der Bohrung hinaus entlang vorläufiger Fließlinien die Schichtgrenze des meteorologisch/marinen Eises bis in den Bereich der Bildungsgebiete nördlich von Henry Ice Rise kartiert werden. Zum dritten war eine genauere Untersuchung von Oberflächenhöhe und Eismächtigkeit für Berkner Island vorgesehen. Insbesondere die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften für elektromagnetische Wellen an der Grenzoberfläche Eis/Fels im Bereich des Nord- und Südgipfels von Berkner Island waren zu vermessen. Um ergänzende Hinweise auf unterschiedliche Felsformation an der Eis/ Fels-Grenze

zu bekommen, wurden aeromagnetische Messungen über Berkner Island eingesetzt.

Die Ausrüstung der POLAR 2 für dieses Programm waren Baro- und Radar-Höhenmesser, EMR-Ausrüstung Münster und ein Magnetometer Geometrix G-811/813. Zu Beginn des Meßprogramms brach im ersten Testflug die Antennenanlage nach Vereisung. Durch die hervorragende Zusammenarbeit von Piloten und Mechanikern der Firma HAPAG Lloyd war es möglich, eine Ersatzanlage im Felde zu entwerfen, zu bauen und zu testen. Mit dieser Antennen-Anlage konnte das gesamte Meßprogramm abgewickelt werden. Durch den niedrigeren Luftwiderstand der Ersatzanlage konnte die Reichweite der POLAR 2 im Meßflug erhöht und das gesamte Programm in weniger Flugzeit ausgeführt werden.

Die Abb. 27 gibt eine Übersicht der Meßprofile. Fast alle Meßprofile begannen über dem eisfreien Meer, um die Meeresoberfläche als Bezugshöhe für die Höhenmessungen der Eisoberfläche zu nutzen. Soweit möglich, wurden an den südlichen

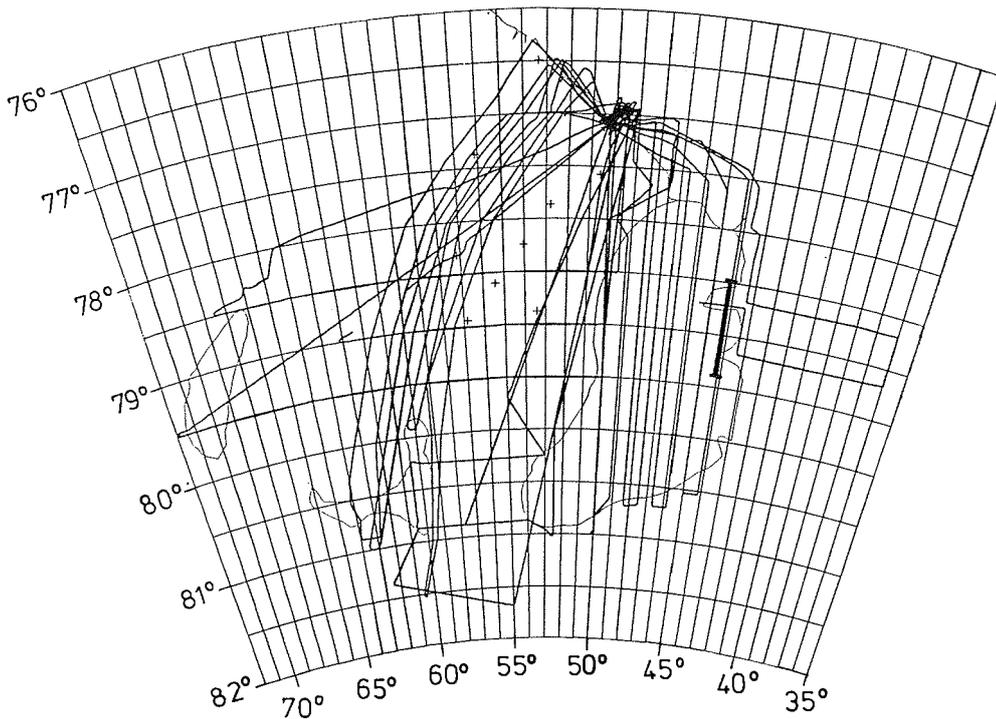


Abb. 27 : Flugprofile
Fig. 27 : Flight routes

Wendepunkten der Flugprofile genügend große Abschnitte über Schelfeis mit guter elektromagnetischer Reflexion an der Unterseite (Mirror Condition) eingebunden.

Hier kann die Höhe über bekannte Isostasie-Beziehungen indirekt kontrolliert werden. Oberflächenhöhe und Mächtigkeit des meteorischen Eises geben eine Meßgröße über Vorkommen und Mächtigkeit des marinen Eises. Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen früherer Arbeiten kann gefolgert werden, daß das marine Eis in der nördlichen Umgebung von Henry Ice Rise gebildet wird. Die Feinstruktur dieses Bildungsvorgangs sowie der Transport des Eises zur Küste und insbesondere durch das Gebiet der Bohrung soll mit diesen Meßergebnissen untersucht werden. Hier sind insbesondere die von N. Blindow während der gleichen Expedition ausgeführten hochauflösenden elektromagnetischen Bodenmessungen von großer Bedeutung für die Auswertung des Flugprogrammes (Abschn. 3.6.6). Die Bearbeitung der Höhen und Mächtigkeiten ist angelaufen.

Eine Erhöhung der Genauigkeit der Höhen von Berkner Island sollte neben der Untersuchung des Felsuntergrundes Ziel des Berkneriteiles des Programmes sein. Abb. 28 gibt eine Übersicht über einen Meßabschnitt auf der Ostseite von Berkner Island.

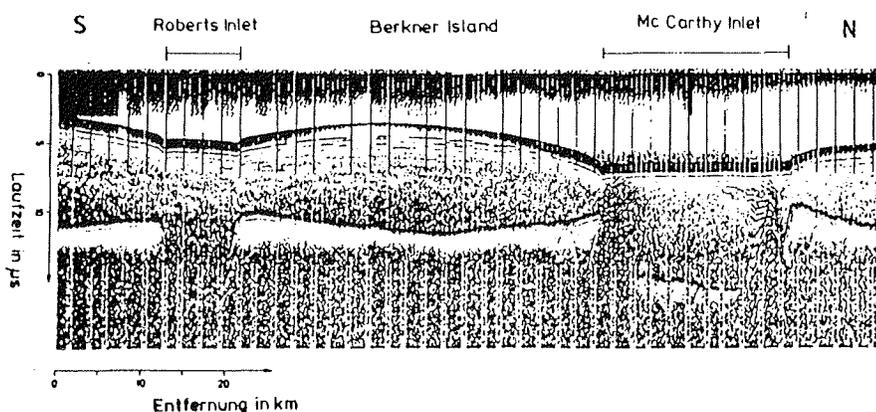


Abb. 28 : Beispiel eines Profilabschnittes über Berkner Island
 Fig. 28 : Example of a registration profile above Barkner Island

Der Profilabschnitt ist in Abb. 27 als stark ausgezogene Linie gekennzeichnet. Das McCarthy Inlet ist wegen seiner deutlichen Schultern (G. Spaeth, pers. Mitt.) als tektonische Struktur anzusprechen. Das Roberts Inlet läßt sich als ein vom Eis ausgeräumtes U-Tal deuten. Die Analyse der Reflexionseigenschaften an der Grenze Eis/Fels wird in Kürze begonnen.

3.7 Meteorologie

3.7.1 Antarktische Mesozyklonen im Weddellmeer (G. Heinemann)

3.7.1.1. Ziele

Im Rahmen der Antarktiskampagne ANTVIII/5 im antarktischen Sommer 1989/90 wurde das Feldexperiment AMES (Antarktische Mesozyklonenstudie) durchgeführt. Dieses Experiment sollte als Pilotstudie

- a) die ersten direkten Messungen in mesoskaligen Wirbeln in der Nähe der Antarktischen Küste liefern,
- b) Erkenntnisse über die Grenzschichtstrukturen des Kaltluftabflusses über dem Weddellmeer erbringen, die in Zusammenhang mit der Bildung dieser Zyklonen stehen und
- c) einen Datensatz von digitalen Satellitendaten (AVHRR und TOVS) sowohl zur Dokumentation von mesoskaligen Wirbeln als auch zur Verbesserung von Retrievalprogrammen in Verbindung mit parallel zu Satellitenüberflügen durchgeführten Radiosondierungen erstellen.

Die ersten beiden Meßprogramme wurden mit der meteorologischen Grundausrüstung und einer neu installierten Fallsondenanlage des Polarflugzeugs POLAR 4 durchgeführt, für das dritte Programm erfolgte an Bord des FS "Polarstern" die Aufzeichnung von Überflügen der NOAA10- und NOAA11-Satelliten mit der HRPT-Empfangsanlage des AWI. Aus diesen Daten können mit Hilfe von Retrievalprogrammen (ITPP, 3I) Informationen über Strukturen des atmosphärischen Temperaturfeldes gewonnen werden.

3.7.1.2. Datenmaterial

Messungen auf dem FS "Polarstern"

Trotz einiger Schwierigkeiten beim Betrieb der HRPT-Empfangsanlage und Störungen durch Schiffsaufbauten konnten 54 komplette Satellitenüberflüge sowie TOVS-Daten von 200 Überflügen im Zeitraum vom 22.12.89-24.02.90 aufgezeichnet werden. Zusammen mit den Radiosondierungen der Bordwetterwarte erfolgten zwischen dem 18.12.89 und dem 25.02.90 131 erfolgreiche Radiosondenaufstiege (Vaisala-RS80-Sonden), davon 65 Aufstiege parallel zu Satellitenüberflügen. Darüberhinaus stehen die routinemäßigen Messungen der meteorologischen Sensoren des FS "Polarstern" zur Verfügung.

Messungen auf dem Filchner/Ronne-Schelfeis (08.01.-14.02.90)

Parallel zu Satellitenüberflügen konnten 13 erfolgreiche Radiosondierungen über dem Schelfeis durchgeführt werden (AIR-Sonden). Zwischen der Filchner-Station und der Schelfeiskante wurden verschiedene automatische Wetterstationen aufge-

baut. Direkt an der Schelfeiskante und in 10 km Entfernung arbeiteten über 5 Wochen mit Thermohygrographen und Windschreibern (Thies) ausgerüstete Stationen, in der Nähe der Filchner-Station wurden Lufttemperaturen (Grant-Thermistoren, ventiliert), Feuchten (Humicaps, ventiliert) und Windgeschwindigkeiten (Casellas) in 0,5 m und 2 m sowie die Windrichtung in 2,5 m Höhe (Thies-Windfahne) erfaßt. Die Besonderheit dieser an der Universität Bonn entwickelten automatischen Station ist die Ventilation der Temperatur- und Feuchtemeßfühler. Die Energieversorgung für die Datenaufzeichnung und die Ventilationsmotoren wurde durch Solarzellen zufriedenstellend gewährleistet. Darüberhinaus konnte mit Hilfe von Mitarbeitern der Fa. Aerodata eine "autonome meteorologische Meßstation" der Universität Hannover errichtet werden, die permanent 500 m südöstlich der Filchner-Station Druck-, Temperatur- und Windmessungen durchführt und diese Daten über das ARGOS-System nach Deutschland überträgt. Auf dem Dach der Filchner-Station wurde eine kleine meteorologische Meßstation des AWI installiert, die insbesondere für die Beratung beim Flugbetrieb von Nutzen war. Die Sensoren dieser Station wurden beim Verlassen der Filchner-Station abmontiert und im Funkcontainer deponiert.

Flugzeugmessungen

Die Erfassung von Strukturen der Grenzschicht und von Mesozyklonen erfolgte durch insgesamt 8 Meßflüge mit etwa 45 Flugstunden (davon ein Flug gemeinsam mit dem Meßprogramm der Universität Köln). Für diese Messungen und für das Strahlungsmeßprogramm der Universität Köln stand im Zeitraum 18.01.-13.02.90 die POLAR 4 zur Verfügung. Als primäre atmosphärische Meßgrößen wurden die Lufttemperatur (PT100), die relative Feuchte (Humicap), der statische Druck und der Staudruck registriert. Aus den Druckmessungen und den Daten des Trägheitsnavigationssystem (INS) wurde der zweidimensionale Windvektor berechnet. Darüberhinaus erfolgten Messungen der über den Halbraum gemittelten Strahlungsflußdichten von solarer und terrestrischer Strahlung (Eppley Pyrano- und Pyrgeometer) sowie der radiometrischen Oberflächentemperatur (KT4). Bei Mesozyklonenflügen wurde die Dropsondenanlage (Vaisala) eingesetzt, wobei die Bestimmung des Windprofils aus Omegadaten nicht erfolgreich war, eventuell aber über eine Nachprozessierung der Meßdaten noch möglich sein wird. Eine Übersicht über die durchgeführten Meßflüge gibt Tab. 8.

3.7.1.3. Erste Ergebnisse

Bodennahe Messungen

Als Beispiel für die Messungen der meteorologischen Stationen auf dem Filchner/Ronne-Schelfeis zeigt Abb. 29 10-min-Werte der Bonner automatischen Station in der Nähe der Filchner-Station für den Zeitraum 13.02.90, 0:00 UTC bis 14.02.90, 11:00 UTC. Am 13.02.90 ist der Durchzug einer Kaltfront zu erkennen (durch Pfeile gekennzeichnet), die zu einer raschen Abkühlung von über 10 K und zu einem Absinken der relativen Luftfeuchte um ca. 15 % führt. Der Wind dreht innerhalb von 10 min um mehr als 90 Grad und bleibt in den nachfolgenden Stunden bei westlichen Richtungen. Mit der Winddrehung ist ein abrupter Rückgang der Windgeschwindig-

Datum	Programm	Dauer (h)	Bemerkungen
19.1.	Mesozyklone	7,0	Dissipierende Mesozyklone bei Halley
22.1.	Grenzschicht	3,3	Bewölkte Grenzschicht, 2D-Schnitt
24.1.	Grenzschicht	4,3	Instationäre Grenzschicht bei Frontendurchzug, Schmetterlingsmuster
26.1.	Grenzschicht	5,2	Wolkenfreie Grenzschicht über Schelfeis, Wolkenbildung über Polynia, Schmetterlingsmuster
27.1.	Grenzschicht	5,3	Wolkenfreie Grenzschicht mit Low-level- Jet, 2D-Schnitt und race-tracks parallel zur Eiskante
31.1.	Grenzschicht	4,5	Windschwache Grenzschicht mit ausgeprägtem Polynia-Stratus, 2D-Schnitt
4.2.	Mesozyklone	4,3	Schwach ausgeprägte Mesozyklone über meereisbedecktem Weddellmeer
8.2.	Mesozyklone	9,2	Gut ausgeprägte Mesozyklone nördlich des Riiser-Larsen-Schelfeises
13.2.	Sondenvergleich	2,0	Vergleich von Dropsonden und Flugzeugsondierungen mit einer Radiosondierung

Tab. 8: Meßflüge mit der POLAR 4, Januar/Februar 1990 für die Programme Grenzschicht und Mesozyklonen

Tab.8: Measuring flights with POLAR 4 during January/February 1990 for the programmes boundary layer and mesocyclones

keit von 8 auf 4 m/s verbunden, während der Bodendruck nach dem Frontdurchgang rasch ansteigt. Mit der Annäherung des zu der Front gehörenden Zyklonen-zentrums sinkt der Druck in der Nacht zum 14.02.90 und es werden Windgeschwindigkeiten von fast 9 m/s erreicht. In diesem Zeitraum konnte an der Filchner-Station die einzige bedeutende Schneedriftsituation während der Meßkampagne beobachtet werden.

Grenzschichtmessungen

Flugzeugmessungen zur Erfassung der Grenzschichtstruktur erfolgten im näheren Bereich der Filchner-Station. Bei abeisiger Strömung wurde die Modifikation der stabilen Grenzschicht beim Übergang auf die Polynia und das Meereis des Weddellmeeres untersucht. Dazu wurden Flugmuster in mehreren Meßhöhen und Vertikalprofile über Meßstrecken bis zu 150 km geflogen. Abb. 30 zeigt Temperaturmessungen in den Höhen 100, 200, 300 und 400 m vom 26.1.90 über horizontale Flugprofile von ca. 70 km Länge senkrecht zur Schelfeiskante. In den unteren beiden Höhen erkennt man deutlich den Anstieg der Temperatur vom Schelfeis zur Polynia, während in den beiden oberen Niveaus die Temperaturen nur wenig modifiziert werden. Im 100 m-Niveau findet der thermische Übergang zur Polynia kontinuierlich statt, dagegen zeigt sich in 200 m ein Temperatursprung an der Schelfeiskante mit nachfolgenden konvektiven Schwankungen über der Polynia. Interessanterweise beginnt die Luftmassentransformation schon deutlich vor der Schelf-

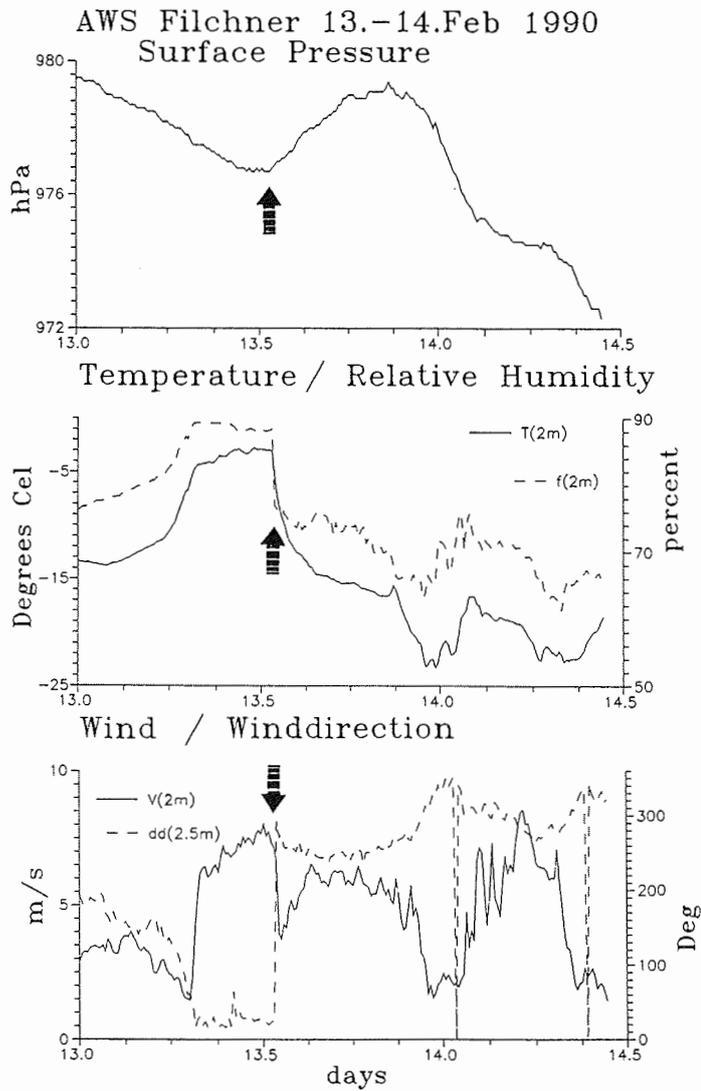


Abb. 29: Messungen der automatischen Wetterstation der Universität Bonn nahe der Filchner-Station vom 13.02.90, 0:00 UTC bis 14.02.90, 11:00 UTC (der Zeitpunkt des Frontdurchgangs am 13.02.90 ist mit einem Pfeil gekennzeichnet)

Fig. 29: Measurements by the automatic weather station of the University of Bonn near the Filchner Station for the period February 13th 1990, 0:00 UTC to February 14th 1990, 11:00 UTC (the passage of the front is marked by an arrow)

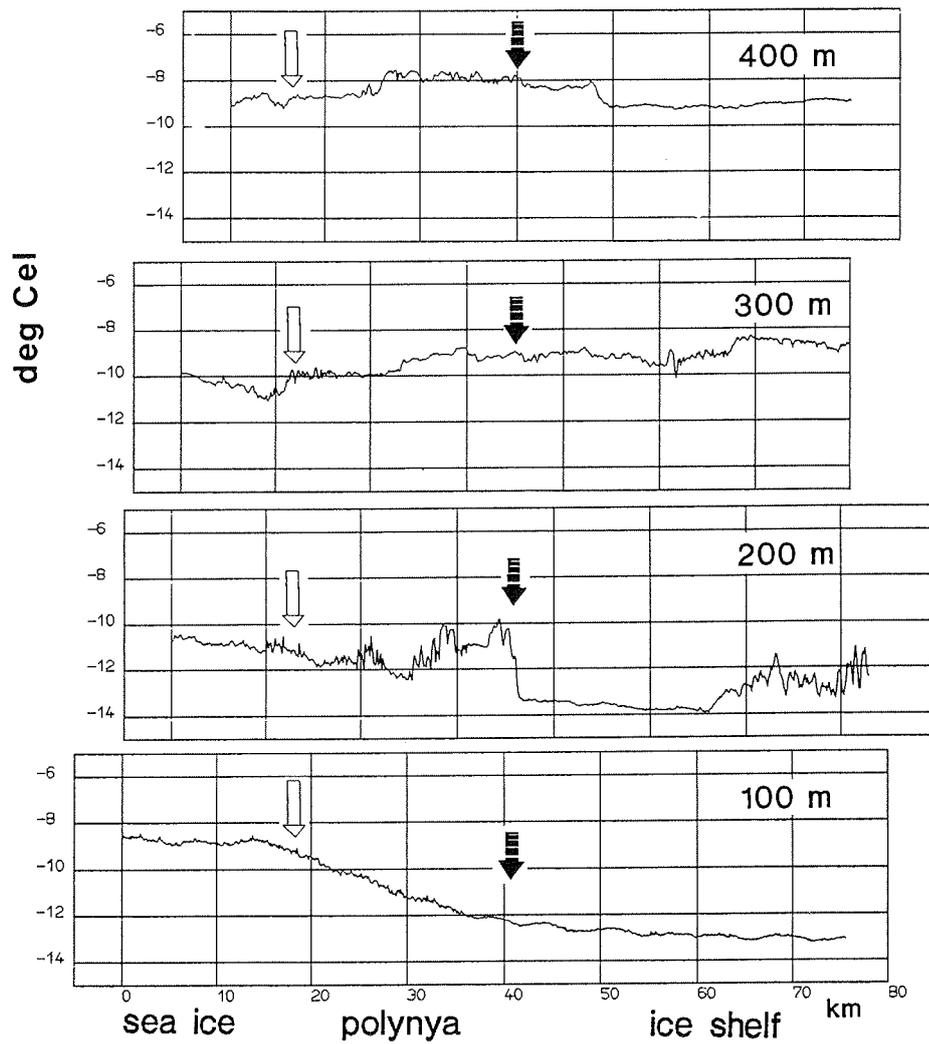


Abb. 30: Temperaturen aus Flugzeugmessungen in 4 Niveaus über Schelfeis, Polynya und Meereis am 26.01.90 (die Schelfeiskante ist mit einem schwarzen Pfeil gekennzeichnet, die Meereiskante mit einem offenen Pfeil)

Fig. 30: Temperatures from aircraft measurements in 4 levels over ice shelf, polynya, and sea ice on January 26th 1990 (the ice shelf front is marked by a full arrow, the sea front by an open arrow)

eiskante, d.h. über dem Schelfeis. Damit wird ein Sachverhalt bestätigt, der auch schon bei einem Grenzschichtexperiment mit Fesselsonden während der Filchnerkampagne 1983/84 festgestellt worden war, wobei die Flugzeugmessungen die Möglichkeit der höheren horizontalen Auflösung in diesem Übergangsbereich geben.

Mesozyklonenmessungen

Die Meßstrategie der Mesozyklonenflüge bestand darin, in Koordination mit den Satellitenbildinformationen auf dem FS "Polarstern" beim Anflug und Überflug in 3000 m durch Dropsonden vertikale Strukturen zu erfassen und Informationen über den Bodendruck zu erhalten, um dann horizontale Strukturen mit einem Flugprofil in geringer Höhe durch das Zyklonenzentrum zu vermessen. Am 08.02.90 gelang der Durchflug durch eine gut ausgebildete Mesozyklone mit einer horizontalen Skala von ca. 200 km bei 72°S/20°W, in der ausgeprägte Jet-Strukturen festgestellt werden konnten. Abb. 31 zeigt einen Ausschnitt des Flugprofils in 100 m Höhe nahe des Zyklonenzentrums (eine genaue räumliche Zuordnung der Flugzeugmessungen kann erst nach endgültiger Navigation des Flugzeug-INS und der AVHRR-Satellitendaten erfolgen). Der Ausschnitt umfaßt 100 Flugsekunden (Auflösung 10 Hz) oder eine horizontale Strecke von ca. 7 km. Bei einer relativen Flugzeit von 13310 s ist ein abruptes Ansteigen der Windgeschwindigkeit von 8 auf 15 m/s festzustellen, gleichzeitig dreht der Wind um mehr als 30 Grad. In der Temperatur ist nur ein Sprung von 0,5 K zu beobachten, aber es zeigt sich eine kontinuierliche Abkühlung im weiteren Verlauf des Flugprofils. Eine Abschätzung der Windscherung ergibt Werte von ca. 0,04 1/s und liegt damit deutlich über den für frontale Strukturen bisher bekannten Werten.

3.7.2 Bestimmung der Strahlungsbilanz in polaren Gebieten (R. Sefzig)

Eine großräumige operationelle Bestimmung der Strahlungsbilanz am Boden über längere Zeiträume kann nur anhand von Satellitendaten durchgeführt werden. Dabei muß die am Boden einfallende solare Strahlung aus einem gemessenen Reflektionsvermögen des gesamten Systems abgeleitet werden. Die "Inversion" von Strahldichtedaten erfordert zusätzliche Informationen über die optischen Eigenschaften der Atmosphäre, insbesondere der Bewölkung und über das vertikale Temperatur- und Wasserdampfprofil.

Das Schwergewicht dieser Feldkampagne lag in den flugzeugtragenden Messungen der Strahlungsbilanzkomponenten (Globalstrahlung K_{\downarrow} , reflektierte kurzwellige Strahlung K_{\uparrow} , emittierte Wärmestrahlung L_{\uparrow} und Gegenstrahlung L_{\downarrow}) über verschiedene Szenen. Von besonderem Interesse ist der Einfluß der unterschiedlichen Bewölkungstypen auf den Strahlungshaushalt. Die gemessenen Strahlungseinflüsse sollen mit denen aus Satellitendaten abgeleiteten Strahlungsfüssen verglichen werden.

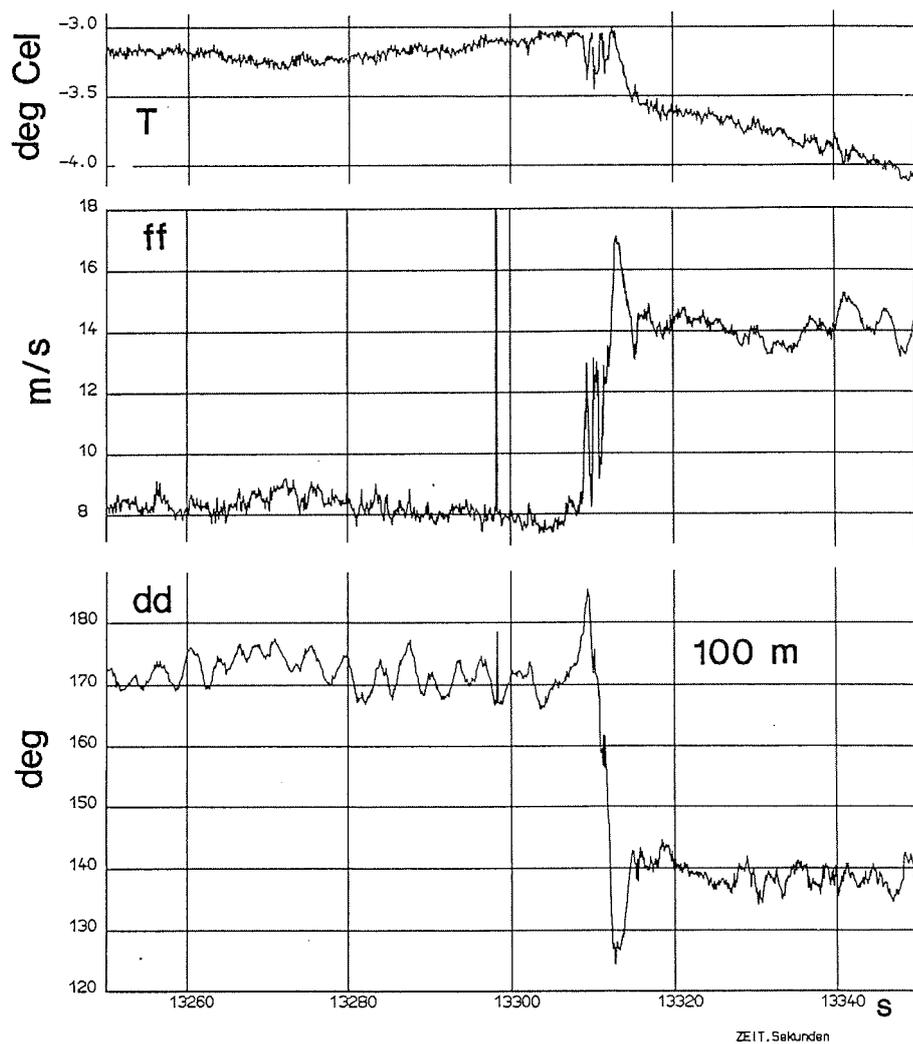


Abb. 31 : Messungen der Temperatur, der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung in 100 m Höhe beim Durchflug durch die Mesozyklone am 08.02.90 (die dargestellte Strecke entspricht ca. 7 km)

Fig. 31 : Aircraft measurements of temperature, windspeed and winddirection in a height of 100 m for a flight leg through a mesocyclone on February 8th 1990 (the time scale of the x-axis corresponds to approximately 7 km)

3.7.2.1 Flugzeugmessungen

Das eingesetzte Flugzeug war die POLAR 4. Die wissenschaftliche Bestückung umfaßt meteorologische Daten (Druck, Lufttemperatur, Feuchte, Wind), Navigation und Orientierung sowie Sensoren für kurzwellige (Pyranometer) und langwellige Strahlung (Pyrgeometer) sowie die Oberflächenstrahlungstemperatur (KT4).

Alle Messflüge fanden gleichzeitig mit NOAA10/11-Überflügen statt. Die Flugmuster überdeckten eine Fläche von ca 50 x 50 km². Die Flughöhe (100-3000 m) richtete sich nach Wolkenuntergrenze sowie Wolkenobergrenze und ist ein Kompromiß zwischen guter räumlicher Überdeckung und geringem optischen Weg bis zum Grund. Bei Meßflügen mit tiefer Bewölkung (Stratocumulus) wurde je ein Flugmuster unter und über den Wolken geflogen, wobei die einzelnen Wege einer "Matratze" vertikal übereinanderlagen, um direkte Vergleiche der gemessenen Strahlungsflüsse zu erlauben. Während der Messungen wurde die umgebende Szene auf Photos dokumentiert, aus denen Bewölkungsart, -grad und Untergrundbeschaffenheit hervorgehen. Insgesamt wurden 5 Strahlungsmeßflüge und ein kombinierter Strahlung/Grenzschicht-Flug durchgeführt (Tab. 9). Die angegebenen Koordinaten bezeichnen jeweils die äußeren Eckpunkte des Fluggebietes.

Abb. 32 zeigt vorläufige Ergebnisse des Fluges am 30.01.90. Dargestellt sind die Zeitreihen der Globalstrahlung $K\downarrow$, der reflektierten kurzwelligen Strahlung $K\uparrow$, der Gegenstrahlung $L\downarrow$ sowie der emittierten Wärmestrahlung $L\uparrow$. Die Strahlungsflüsse sind noch nicht auf die Flugzeugorientierung im Raum korrigiert. Die Daten wurden während eines Fluges in 300 ft Höhe über z.T. mit Meereissschollen bedeckter Polynia bei wolkenlosem Himmel (Event 3-4, 8-11, 16-19) und 7/8 Stratocumulusbewölkung (Event 4-8, 11-16, 19-25) aufgezeichnet. Unter der Stratocumulusbewölkung sinkt die Strahlungsbilanz $Q = K\downarrow - K\uparrow + L\downarrow - L\uparrow$ auf Werte von +150 W/m² bis +30 W/m² je nach Meereisbedeckung gegenüber einer Bilanz von $Q = +250$ W/m² bis +320 W/m² über wolkenloser Polynia (20:00-21:00 UTC). Dies ist im wesentlichen auf einen geringeren Anteil der Globalstrahlung und die wechselnde Albedo Wasser/Eis unter den tiefen Wolken zurückzuführen. Eine erste Auswertung des Fluges am 10.02. über Schelfeis ergibt eine Strahlungsbilanz von $Q = -70$ W/m² (20:00-21:00 UTC). Die negative Bilanz ist auf die hohe Albedo des Schelfeises (85-94 %) gegenüber dem offenen Wasser (8-9 %) und dem daraus resultierenden geringen Energiegewinn im kurzwelligen Bereich zurückzuführen. Eine genaue Analyse der gemessenen Strahlungsflüsse steht noch aus.

3.7.2.2 Satellitendaten

Das Gebiet des Weddellmeeres wird von den polarumlaufenden Satelliten NOAA10 und NOAA11 zeitlich und räumlich gut überdeckt (Umlaufperiode: 102 min), so daß keine Einschränkungen für die Meßflüge diesbezüglich vorhanden waren. An Bord des FS "Polarstern" wurden mit der HRPT-Empfangsstation (High Resolution Picture Transmission) des Alfred-Wegener-Instituts die 10-bit-Daten des

Advanced Very High Resolution Radiometers (AVHRR) und des TIROS Operational Vertical Sounders (TOVS) der NOAA-Satelliten aufgezeichnet.

Datum	Zeit (UTC)	Flugmuster/ Gebiet	Flughöhe (ft)	Bewölkung/ Untergrund	Satelliten- daten (UTC)
18.1.90	22:30 -01:17	Matratze (5 Profile) 76,3°S/50,3°W 76,8°S/48,5°W 77,5°S/49,4°W 73,4°S/51,5°W	500, 6500	Stratocumulus/ Schelfeis, Polynia, Meereis	NOAA11 20:40 NOAA11 22:20 NOAA10 23:08 NOAA11 00:00
24.1.90	17:46 -22:13	Schmetterling 76,8°S/47,3°W 77,1°S/46,4°W 77,4°S/49,0°W 77,2°S/49,7°W	300, 4400	Stratocumulus, Alto-cumulus/ Schelfeis, Polynia, Meereis	NOAA11 17:45 NOAA11 19:36 NOAA11 21:15 NOAA11 22:55
		Grenzschicht/ Strahlung			
28.1.90	19:14 -23:08	Matratze (5 Profile) 77,0°S/47,8°W 77,2°S/46,5°W 77,5°S/47,7°W 77,3°S/49,0°W	300, 4500	Stratocumulus/ Schelfeis, Polynia mit z,T, Meereis	NOAA11 22:13
30.1.90	19:34 -23:03	Matratze (5 Profile) 76,4°S/50,1°W 76,6°S/48,7°W 76,9°S/49,7°W 76,7°S/51,0°W	300, 3500	keine Bewöl- kung, Strato- cumulus/ Schelfeis, Polynia	NOAA11 18:32 NOAA11 20:12 NOAA10 21:57 NOAA10 23:37
1.2.90	17:44	Matratze -20:34 NOAA11 19:51 76,9°S/48,5°W 77,1°S/47,0°W 77,4°S/47,7°W 77,3°S/49,2°W	500, (5 Profile)	Cirrus/ 1100 Polynia	NOAA11 18:10 Schelfeis,
10.2.90	18:47 -22:26	U-Muster 78,5°S/55,0°W 78,1°S/53,4°W 78,1°S/53,1°W 78,5°S/54,5°W	1000, 9000	keine Bewöl- kung, Alto- cumulus/ Schelfeis	NOAA11 18:14 NOAA11 19:55

Tab. 9 : Strahlungsmessungen mit POLAR 4 und aufgezeichnete Satellitendaten während ANT VIII/5.

Tab. 9 : Radiation measurements during flights of POLAR 4 and schedule of received satellite data during leg ANT VIII/5

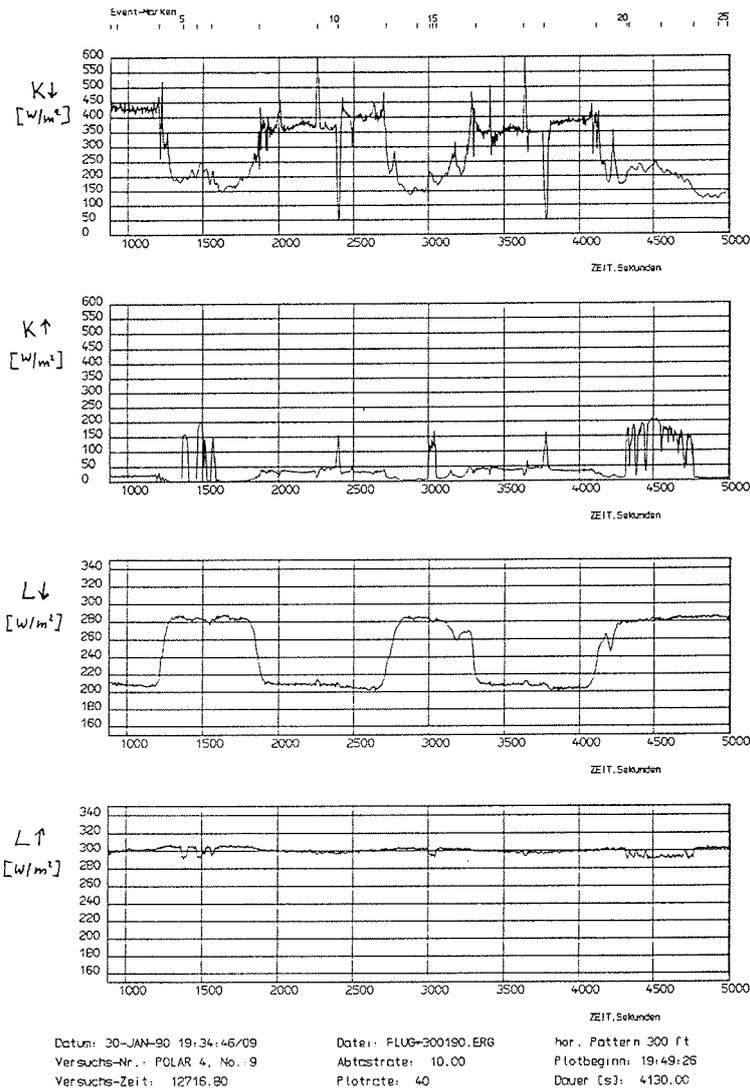


Abb. 32: Zeitreihen der gemessenen Strahlungseinflüsse (30.01.90):
 K↓: Globalstrahlung, K↑: reflektierte kurzwellige Strahlung,
 L↓: Gegenstrahlung, L↑: emittierte Wärmestrahlung
 Fig. 32 : Preliminary results of time series of radiative fluxes (flight Jan 30th, 1990)
 K↓: solar downward, K↑: solar upward,
 L↓: thermal downward, L↑: thermal upward flux

Die AVHRR-Daten umfassen 4 Spektralbereiche (0,55-0,68 μm , 0,725-1,1 μm , 3,55-3,93 μm , 10,5-11,5 μm) des solaren und terrestrischen Spektrums. Die volle räumliche Auflösung beträgt im Subsatellitenpunkt ca. 1,1 km, senkrecht zur Flugrichtung werden 2048 Pixel aufgezeichnet. Aus diesen Daten sollen die solaren und terrestrischen wellenlängenintegrierten Strahlungsflüsse ermittelt werden. Dabei gehen Szenenidentifikation (Untergrund, Wolken), Atmosphärensichtung und Strahlungstransportrechnungen ein. Insgesamt wurden 54 NOAA10/11 Überflüge aufgezeichnet, davon 17 vor, während und nach Strahlungsmeßflügen (Tab. 9). Eine weitergehende Bearbeitung der Satellitendaten konnte an Bord noch nicht durchgeführt werden.

Neben den AVHRR-Daten wurden zwischen dem 22.12.89 und dem 24.2.90 täglich, zeitlich über den Tag verteilt, TOVS-Datensätze aufgezeichnet (insgesamt 200). Diese Daten dienen der Analyse der atmosphärischen Schichtung (Temperatur, Feuchte) im Gebiet des Weddellmeeres während eines Südsommers. Die entsprechenden Inversionsverfahren der Temperatur- und Feuchtesondierung sollen auf polare Verhältnisse angepaßt werden. Um Vergleichswerte für die TOVS-Retrievals zu bekommen, wurden zusätzlich zu den Radiosondenaufstiegen der Bordwetterwarte um 12:00 UTC, täglich weitere 1-2 Radiosondenaufstiege parallel zu NOAA-Überflügen durchgeführt.

3.8 Expedition in die Kottasberge - Heimefrontfjella - Kirwanveggen, Neuschwabenland

3.8.1 Programm

Mit der Expedition in die Kottasberge-Heimefrontfjella wurde die geowissenschaftliche Erforschung dieses Berglandes fortgesetzt. Während der Schwerpunkt der vorangegangenen Landunternehmen auf geologische Fragestellungen ausgerichtet war (Ber. Polarforsch. 33/87: 134-166, 58/88: 165-195), stand diesmal die 1985/86 begonnene geophysikalische Erkundung des Gebietes im Vordergrund. Mit anteilmäßig geringerem Aufwand wurden die geologischen Arbeiten durch die flächenhafte Kartierung des zentralen Bereiches der Heimefrontfjella fortgeführt. Auf dem Gebiet der Glaziologie-Meteorologie wurden Eigenschaften der Schneeoberfläche und die Schneeakkumulation gemessen und beprobt. Die Kooperation mit dem "Swedish Antarctic Research Programme (SWEDARP)" fand seine Fortsetzung durch die Teilnahme einer schwedischen Zweimanngruppe, die in steter Verbindung mit der Expedition ein selbständiges glaziologisches Programm verfolgte. Schließlich konnten auf einer Field-Party eine Traverse zum SW-Kirwanveggen und die dortigen geologischen Verhältnisse für zukünftige weiterführende Arbeiten erkundet werden.

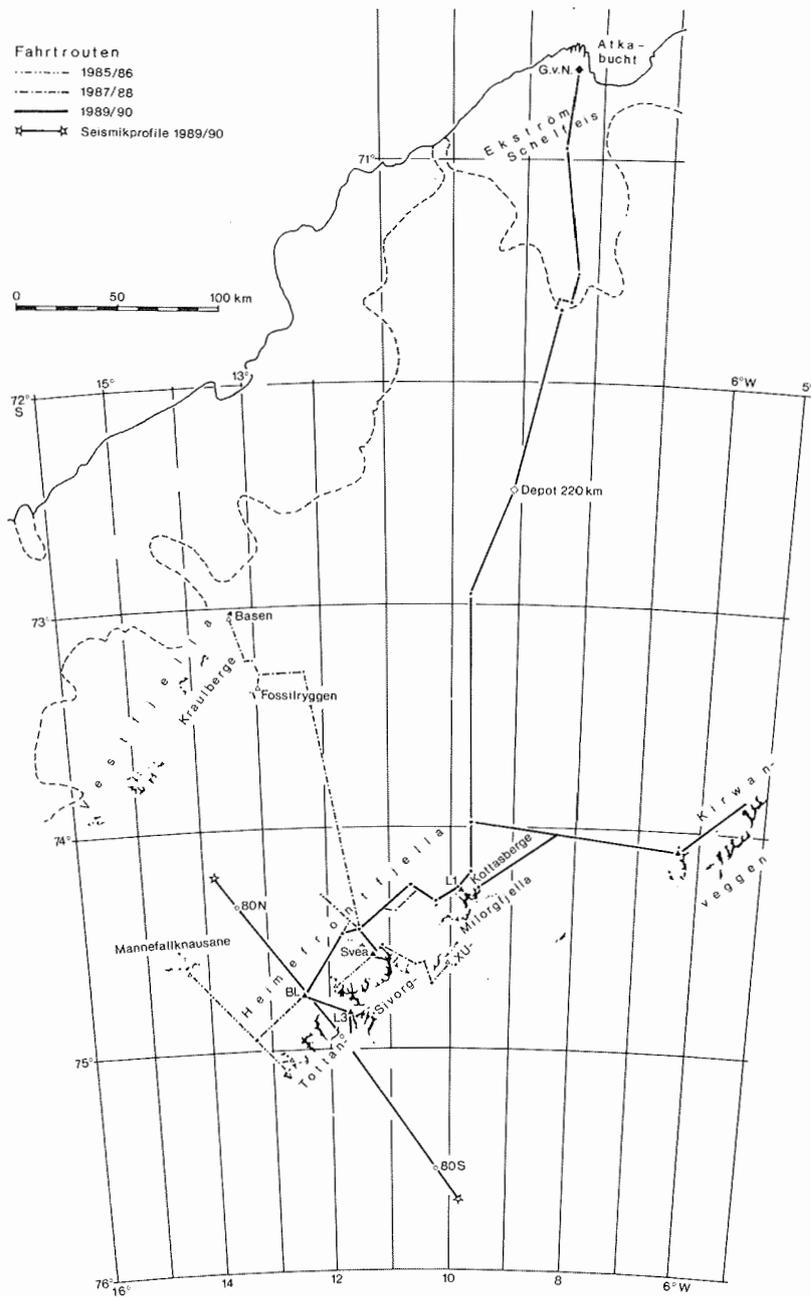


Abb. 33: Lageskizze der Fahrtrouten und der Seismikprofile im Gebiet Heimefrontfjella - Kirwanveggen. BL = Basislager, L1 = Lager 1 (Windy Corner), L3 = Lager 3 (Deep Freeze).

Fig. 33: Sketch map of the tracks in the area of Heimefrontfjella - Kirwanveggen and the location of the seismic-profiles. BL: Base Camp, L1: Camp 1 (Windy Corner), L3: Camp 3 (Deep Freeze).

Mit einer Teilnehmerzahl von 21 Mann und dem geleisteten Material- und Arbeitseinsatz war die Expedition die bisher größte und aufwendigste Unternehmung, die im Gebiet operierte.

3.8.2 Expeditionsverlauf (G. Patzelt)

Nach nur 3 Tagen Vorbereitungsarbeit hat die Expedition mit vier Schlittenzügen und ca. 100 Tonnen Material am 29.12. um Mitternacht die Georg-von-Neumayer-Station in Richtung Kottasberge verlassen. Sie folgte der seit 1985 durch Bambusstangen markierten Trasse (Abb. 33), erreichte am 01.01.90 das bereits im Vorjahr aufgestockte Treibstoffdepot bei km 220, am 04.01. das Lager 1 (Windy Corner) am Fuß der Kottasberge und plangemäß am 06.01. 2:00 Uhr das Basislager am Ausgang des Kibergdalen.

Auf der Anreise wurde die Spaltenzone im Bereich der Grounding-Line zwischen km 120 und km 136 durch eine Trassenverlegung erstmals spaltenfrei umfahren. Die alle 500 m gesteckten Bambusstangen auf der ganzen ca. 570 km langen Trasse wurden erneuert und an den alten Stangen der Schneeauftrag gemessen, womit ein erster Programmpunkt erfüllt war.

Nach einem arbeitsamen Rasttag im Basislager fuhren am 09.01. zwei Schlittenzüge mit vier Mann zurück zum Faßdepot bei km 220, um den dort gelagerten Treibstoff nachzuholen, was eine Woche in Anspruch nahm.

Die Feldarbeiten der einzelnen Gruppen begannen am 08.01., als Abreisetag vom Basislager wurde der 20.02. vereinbart. Somit standen 43 Geländearbeitstage zur Verfügung. Davon konnten 41 Tage genutzt werden, denn nur an 2 Tagen war wegen Schneedrift die Arbeit im Freien nicht möglich. Die ungewöhnlich guten Wetterbedingungen waren mit ein Grund dafür, daß alle Programme erfüllt und insgesamt etwa 90 % der vorgesehenen Arbeiten durchgeführt werden konnten.

Während die beiden Geophysikgruppen vom ersten bis zum letzten Tage an den seismischen Profilen arbeiteten und dabei auch physische Leistungsgrenzen auskosteten, hatte die Geologengruppe die ersten drei Wochen im Lager 3 (Deep Freeze) ihr Standquartier, von wo aus in Tagesexkursionen das Kartierungsgebiet begangen wurde. Nach Abschluß der Arbeiten dort, erfolgte am 03./04.02. die Verlegung des geologischen Ausgangslagers zur schwedischen Station "Svea" im Schraffenbergbotnen.

Zwischen 08. und 14.02. erkundete eine Zweimanngruppe mit zwei Skidoogespannen von Svea aus über Lager 1 eine für Lastschlittenzüge befahrbare Trasse in den Bereich des südwestlichen Kirwanveggen. Von km 390 der Trasse G.v.N. - Kottasberge abzweigend erreicht man auf Kompaßkurs 112° nach ca. 105 km problemlos und spaltenfrei den Nunatak "Petrel Peak" des Kirwanveggen (74° 04`S, 6°20`W). Der Fußbereich des Escarpments ist wegen ausgedehnter Blaueisfelder mit Lastschlitten kaum, mit Skidoos nur schwer

befahrbar. Das Felsgelände ist aber weniger schroff und leichter zu begehen als in den Kottasbergen.

Zum Höhepunkt der Geländearbeiten war die Expeditionsmannschaft in fünf Gruppen auf Entfernungen bis zu 370 km aufgeteilt. Die Koordination der verschiedenen Aktivitäten war nur dank der guten Zusammenarbeit und Disziplin aller Beteiligten möglich. Der regelmäßige, selten gänzlich gestörte Funkkontakt der Gruppen untereinander und mit der Fahrtleitung auf Polarstern erleichterte die Arbeit wesentlich. Entscheidend für den erfolgreichen Abschluß der Unternehmung war die für Notfälle vorgesehene Hilfeleistung durch die Polarflugzeuge. Sie mußte zweimal in Anspruch genommen werden: Am 17.01. hat POLAR 4 G. Späth, der sich einen Beinbruch zugezogen hatte, ausgeflogen, so daß er auf Polarstern entsprechend gipsversorgt werden konnte. Am 07.02. wurden Fahrzeuersatzteile und Ersatzgeräte für Sprenglochbohrungen sowie J. Witt zur Verstärkung der Mannschaft eingeflogen, wodurch die reflexionsseismischen Messungen zeitgerecht zu Ende geführt werden konnten.

Am 20.02. erfolgte der Aufbruch vom Basislager, am 22.02 wurde mit dem nicht verbrauchten Treibstoff im Lager 1 (Windy Corner) ein Depot eingerichtet und anschließend die Rückreise angetreten. Auch eine größere Fahrzeugreparatur beim Depot 220 km konnte nicht mehr verhindern, daß die Expedition zum vor der Abreise vereinbarten Termin, am 27.02. um 20 Uhr die Georg-von-Neumayer-Station pünktlich erreichte.

3.8.3 Geologische Kartierungen in der Heimefrontfjella (J. Jacobs, S. Kreutzer, U. Schnellbach, P. Schulze, G. Spaeth, G. Zarske)

Das bearbeitete Gebiet der Sivorgfjella und der N'Tottanfjella stellt den Zentralteil der Heimefrontfjella dar. Dieses wird aus präkambrischen, polyphas deformierten, metamorphen Gesteinen in Amphibolit- bis Granulitfazies aufgebaut, welche diskordant von nicht-metamorphen, permokarbonen Sedimenten überlagert werden. Das älteste nachweisbare metamorphe und orogene Ereignis wurde mittlerweile mit ca. 1,1 Milliarden Jahren datiert (ARNDT et al. 1990). Vor allem im Bereich einer breiten Scherzone am NW-Rand des Gebirges wurden die Gesteine während einer jüngeren tektonischen Beanspruchung mit NW-gerichtetem Transportvektor unter den Bedingungen der oberen Grünschieferfazies rektograd überprägt. K/Ar-Abkühlalter an Glimmer lassen auf ein Alter dieser Verformung von ungefähr 500 Millionen Jahren schließen (JACOBS, in Vorb.). Bruchtektonik und differentielle Hebung von Teilbereichen machen den jüngsten Teil der geologischen Entwicklung der Heimefrontfjella aus.

3.8.3.1 Zielsetzung

Im Rahmen der geologischen Geländearbeiten war die möglichst vollständige Erfassung des vielfältigen metamorphen Gesteinsbestandes in der zentralen Heime-

frontfjella (Sivorgfjella und Teile der N'Tottanfjella), sowie dessen kartographische Darstellung im Maßstab 1:10.000 geplant (Abb. 34). Die so erstellten Karten sollen die Grundlage einer Kartenpublikation im kleinen Maßstab (1:25.000 oder 1:50.000) sein. Dieses Kartenwerk ist als Basis für die weitergehende Analyse der tektono-metamorphen Entwicklung dieses Gebirgsabschnittes von grundlegender Bedeutung. Es wird die bessere Einordnung insbesondere vorhandener und zu-künftiger geochronologischer, petrologischer sowie strukturgeologischer Daten aus Detailuntersuchungen in einem Gesamtrahmen erleichtern und somit einen grundlegenden Beitrag zur Lösung folgender Fragestellungen leisten:

- Welche gebirgsbildenden Mechanismen waren während der verschiedenen Deformationsabschnitte in der Heimefrontfjella wirksam; ist die Entwicklung mit anderen jungpräkambrischen Orogenen vergleichbar?
- Welche Auswirkungen hatte die Ross-Orogenese in diesem Bereich?
- Wie läßt sich die Heimefrontfjella in eine Gondwana-Rekonstruktion einordnen?
- Welche Auswirkungen hatte der Zerfall Gondwanas im untersuchten Bereich?
- Welche geotektonische Bedeutung hat die Heimefrontfjella im Rahmen des ICP-Krustentransects W2?
- Welche Bezüge lassen sich zwischen der Oberflächengeologie und geophysikalischen, insbesondere seismischen Daten herstellen?

3.8.3.2 Methodik

Die Kartierung wurde auf Basis vorläufiger Schichtenlinienpläne durchgeführt, welche das Institut für angewandte Geodäsie, Frankfurt, (IfAG) anhand der Daten von 1985/86 durchgeführten Bildflügen im Maßstab 1:25.000 zur Verfügung stellte. In diese Schichtenlinienpläne wurde aus ebenfalls durch das IfAG erstellten Orthofotoplänen die Umrissse der eisfreien Flächen (Festgesteinsaufschlüsse, Moränen, Schuttfelder) übertragen. Die so verarbeitete Kartengrundlage wurde fotografisch auf den Arbeitsmaßstab 1:10.000 vergrößert.

Neben der Kartierung petrographischer Grenzen entlang mehr oder minder geradliniger Profile, wie sie durch die Begehbarkeit der meisten Aufschlüsse vorgegeben sind, wurde besonderer Wert auf die Erfassung des meso- und makrostrukturellen Inventars gelegt. Das erwies sich für eine korrekte Kartierung der Verläufe von Gesteinsgrenzen in den vielfach durch steilachsige Verfaltung gekennzeichneten Aufschlußbereichen als unerläßlich. Inter- und Extrapolationen aus eingemessenen Raumlagen von Gesteinskontakten und deren Verschnitt mit der Morphologie über mehrere hundert Meter sind in vielen Fällen mit Fehlern behaftet, müssen aber für einige unzugängliche Bereiche in Kauf genommen werden.

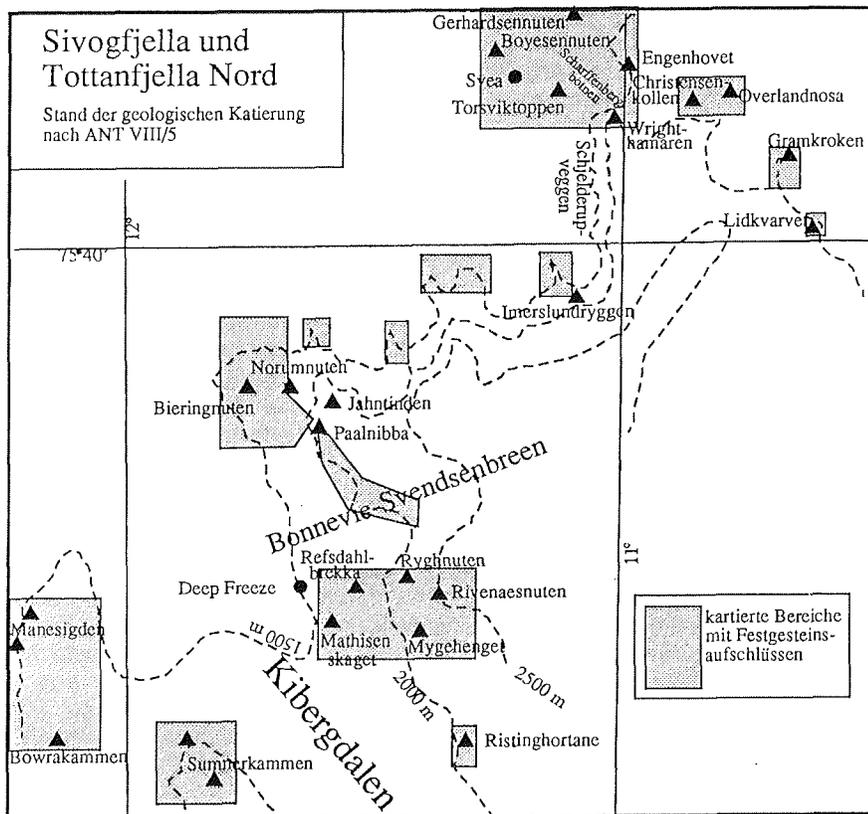


Abb. 34 : Lage des kartierten Bereiches, geographische Namen und mit Abschluß dieser Kampagne kartierte Bereiche

Fig. 34 : Regional position of the mapped area, geographic names and areas which are mapped after this field season

3.8.3.3 Verlauf der Arbeiten

Für die Geländearbeit standen uns vom 09.01.90 bis zum 19.02.90 insgesamt 42 Tage zur Verfügung. Als Ausgangspunkt für die Kartierung S-Sivogfjellas im Januar wurde das Lager "Deep Freeze" gewählt. Anfang Februar verlegten wir das Lager zur schwedischen Sommerstation "Svea" in N-Sivogfjella (Abb. 33). Anstelle der ursprünglichen Planung, mit drei Zweiergruppen zu operieren, konnten aus folgenden Gründen überwiegend nur zwei Kartiergruppen eingesetzt werden: ein Geologe mußte für die ersten zehn Tage als Teilnehmer einer Treibstoff-Versorgungsfahrt zum 220 km-Depot von der Arbeitsgruppe abgezogen werden; ein weiteres Mitglied fiel bereits am 4. Arbeitstag nach einem Unfall für den Rest der Feld-

kampagne aus; schließlich unternahm ein Geologe in der Zeit vom 08.02.90 bis zum 14.02.90 zusammen mit dem Expeditionsleiter eine Erkundungsfahrt nach Kirwanveggen. Der resultierende Arbeitszeitverlust wurde jedoch durch die insgesamt sehr guten Wetterbedingungen teilweise ausgeglichen. Lediglich 3 1/2 Tage gingen durch Drift und/oder white out verloren. 2 1/2 Tage benötigten wir für die Verlegung der Arbeitsgruppe vom Lager "Deep Freeze" nach "Svea". Einige geplante Detailuntersuchungen (Probennahme und Datenerhebung für Petrologie, Strukturgeologie, Geochronologie) mußten wir zugunsten der reinen Kartierarbeiten im Umfang reduzieren.

Im Januar wurden die nördlichen Teile von Tottanfjella (Manesigden, Sumnerkammen, Bowrakammen) und der südliche Bereich von Sivorgfjella (von Ristinghortane über Paalnibba bis zum Bieringnuten) kartiert. Von "Svea" kartierten wir den zentralen und nördlichen Teile von Sivorgfjella (von Norumnuten im S bis nach Lidkvarvet im äußersten NE). Bei der Kartierung konnten wir uns auf die Vorarbeiten der ersten deutschen Expedition in die Heimfrontfjella 1985/86 (Arndt et al. 1987; Spaeth und Fielitz 1987) sowie auf einige Detailkartierungen, hauptsächlich im Scharffenbergbotnen (Jacobs & Kreutzer 1989, unveröff.) stützen. Für die z.T. erheblichen Anfahrtswege von bis zu 35 km standen uns drei Skidoos zur Verfügung. Dank der bergführerischen Unterstützung durch den Expeditionsleiter, G. Patzelt, konnten wir auch Regionen erreichen, deren Begehung von uns zunächst als zu risikoreich angesehen wurde. Das gilt insbesondere für die Gipfelbereiche von Paalnibba, Ryghnuten und Lidkvarvet. Die Kartierung einiger anderer Gebiete wie Jahntinden, Jensenhovden und der Aufschlüsse im zentralen Eisfall von Schjelderupveggen wäre nur mit Helikopterunterstützung möglich gewesen, die uns aber aus logistischen Gründen nicht gewährt werden konnte. Insgesamt konnten wir ca. 80% der aufgeschlossenen Fläche von Sivorgfjella und der N-Tottanfjella kartieren. Für weitergehende Untersuchungen im Labor wurden dabei ca. 2,5 t Probenmaterial entnommen.

3.8.3.4 Erste Resultate

Neue Erkenntnisse ergaben sich für die SE-Bereiche N-Sivorgfjellas (Lidkvarvet, Christensenkollen, Wriighthammaren, Imerlundryggen), die während der vorausgegangenen Expeditionen nicht begangen worden sind. In Zusammenhang mit früheren Ergebnissen wird nun deutlich, daß sich Sivorgfjella aus einer zentralen, NE-streichenden Zone plutonitischer Orthogneise und einer amphibolitfaziellen Hüllserie vulkano-sedimentären Ausgangsgesteins zusammensetzt. SE der zentralen Zone wurde ein ausschließlich SE-vergenter B2-Faltenbau angetroffen, während im NW sowohl SE als auch NW-vergente Falten und Überschiebungen auftreten.

Die von Jacobs und Kreutzer für die Kartierung 88/89 aufgestellte und weiterhin auf der Darstellung von Arndt et. al. (1987) beruhende lithologische Feingliederung wurde in einigen Punkten modifiziert, so daß sich nun 18 Einheiten differenzieren lassen:

Gesteinsgruppe	Unterteilung
- Orthogneise (pluton.)	grobkörnige dunkle Augengneise ("Typ Wrighthamaren"); xenolithreiche Augengneise; helle Augengneise; granodioritische Gneise; granitische Gneise; charnockitische Gneise und porphyrtartige Granat-Hornblende-Symplektitgneise.
- Amphibolite	Amphibolite 1 (konkordant; ehemalige sills, flow und evtl. Paraamphibolite); Amphibolite 2 (deutlich diskordant; ehemalige dykes)
- Basaltgänge	saure und intermediäre Ganggesteine (nicht-metamorph)
- Metavulkanite (gebändert)	überwiegend leukokrat; überwiegend melanokrat
- Paragneise	(Muskowit-)Biotit-Plagioklas-Gneise (\pm Hornblende); Granat-Zweiglimmerschiefer; Quarzite; Marmore; Kalksilikatgesteine
- Mylonite	Differenzierung nach Ausgangsgestein
- permokarbone Sedimente	

Eine weitere Untergliederung wäre in vielen Fällen möglich gewesen, war aber weder dem Kartenmaßstab noch dem Zeitrahmen der Unternehmung angemessen. Detaillierte Beschreibungen einzelner Gesteinstypen finden sich bereits bei Arndt et al. (1987). Eine genauere Darstellung kann erst nach eingehenden petrographischen Untersuchungen des Probenmaterials in den jetzt beteiligten Instituten erfolgen.

Die Abgrenzung und Ansprache einzelner Gesteinseinheiten im Gelände war teilweise mit Schwierigkeiten verbunden. Das gilt insbesondere für die kartographische Darstellung von Wechsellagerungen dominant leukokrater und dominant melanokrater, gebänderter Metavulkanite, die vielfach im Kartenmaßstab nicht mehr zu trennen sind. Die vielerorts, insbesondere am Mygehenget, zu verzeichnende Feldspatmetablastese sowie die Bildung von Quarz-Feldspat-Augen durch die Boudinage von Kleinfalten in Paragneisen führte oftmals zu Abgrenzungsproblemen dieser Gesteine gegen (augenführende) Metavulkanite.

In der vorliegenden Form erlaubt die Kartierung die Analyse des Faltenbaues im Maßstab von einigen Zehnermetern bis zu einigen hundert Metern (Abb. 35) und stellt so das Bindeglied zwischen dem bereits 1985/86 bekanntgewordenen megastrukturellen Bau der Region und Strukturen im Handstückmaßstab dar. Strukturgeologisch wurden die um steile Achsen verfalteten Gebiete in N-Sivorgfjella detailliert untersucht, da uns die bisherige Einstufung als B1-Achsen fragwürdig erscheint. Sheathfolds, die typischerweise bei hohen Strainbeträgen in Scherzonen in der unteren und mittleren Kruste entstehen, wurden in ganz Sivorgfjella an zahlreichen Lokalitäten vorgefunden und strukturgeologisch intensiv bearbeitet und beprobt (Abb. 36).

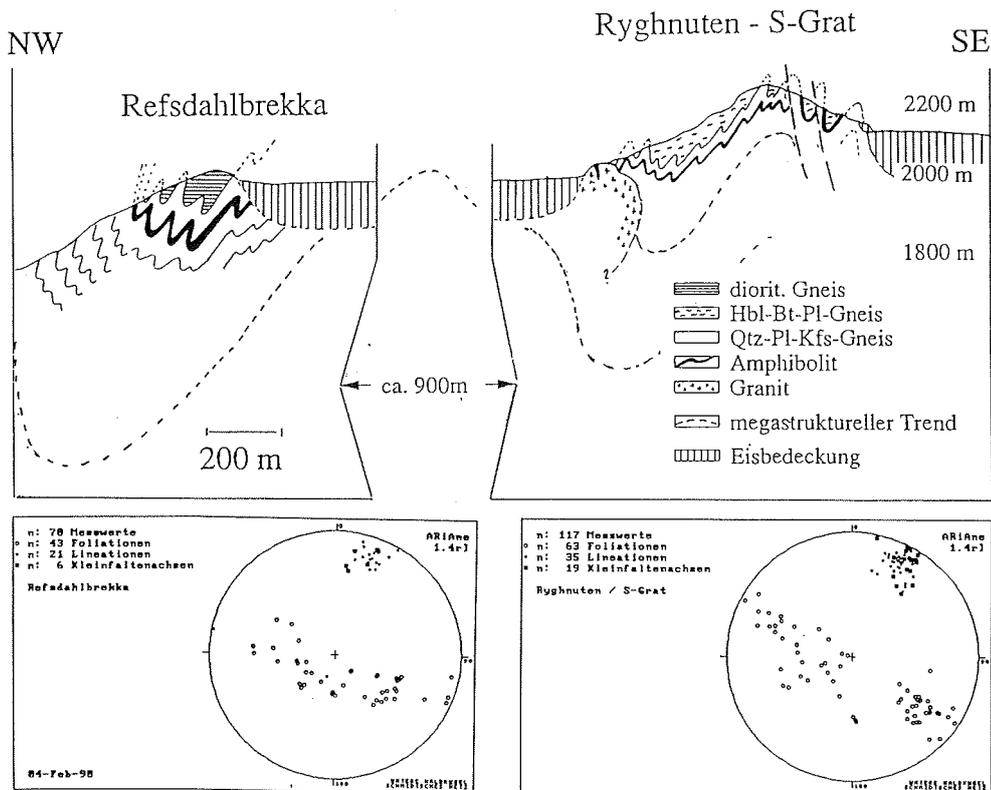


Abb. 35: Strukturelles Profil durch Refsdahlbrekka und Ryghnuten als Beispiel für den strukturellen Bau in S-Sivorgfjella

Fig. 35 : Structural cross section through Refsdahlbrekka and Ryghnuten as an example for the tectonic style in S-Sivorgfjella

In petrologischer Hinsicht ist auf einige Funde von Gesteinen mit fazieskritischen resp. für PT-Abschätzungen aussagekräftigen Mineralassoziationen hinzuweisen (Disthen/Stauroolith in Ristinghortane, Sumnerkammen, Gramkroken; Tremolit-Schiefer in Ristinghortane; mehrere Funde von Kalksilikatgesteinen in Mygehenget

und im Scharffenbergotnen), die im Zusammenhang mit Zonen teilweiser Migmatitisierung auf Metamorphosebedingungen der oberen Amphibolitfazies hindeuten.

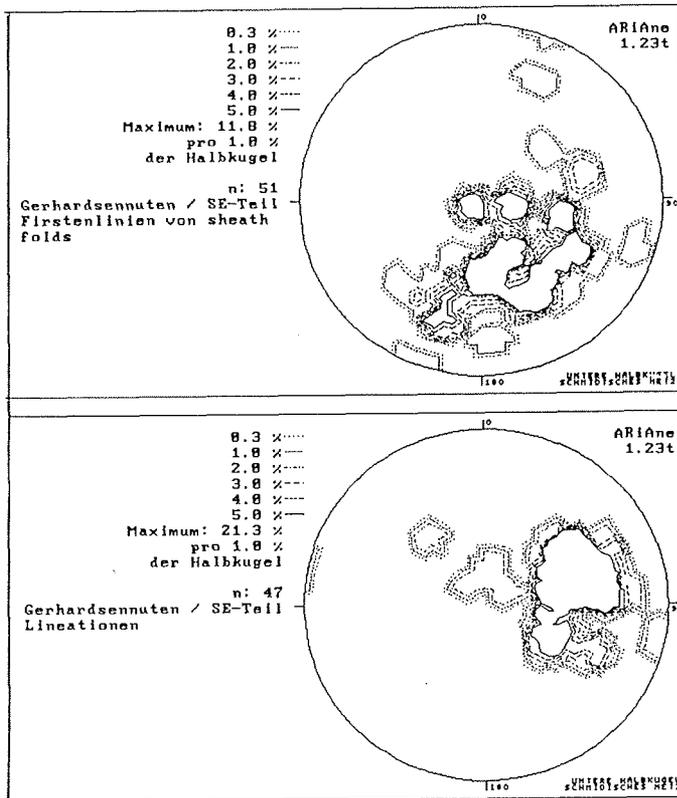


Abb. 36: Lage der Firstenlinien von sheath folds im Bereich Gerhardsennuten im Schmidtschen Netz mit deutlicher Kleinkreisregelung

Fig. 36 : Schmid net showing small-circle pattern of hinge lines of sheath folds at Gerhardsennuten

Nach unseren Beobachtungen scheint sich ein Teil der Augengneise auf Kosten porphyrtiger Charnockite gebildet zu haben. Das beinhaltet, daß möglicherweise auch ein Teil der Orthogneise in Sivorgfjella eine granulitfazielle Vorgeschichte hat.

3.8.3.5 Geplante weiterführende Untersuchungen

Die weiteren in den Heimatinstituten und Labors geplanten Arbeiten umfassen folgende Teilgebiete:

- Petrographie, Petrologie, Spaltspurenalter (Schnellbach & Schulze)
- Petrographie, Strukturgeologie, Sm/Nd-Datierungen von Amphiboliten (Kreutzer & Spaeth)
- Petrologie, Petrographie, K/Ar-Datierungen, Spaltspurenalter, Strukturgeologie (Jacobs & Zarske)

Detailliert sehen die von den einzelnen Arbeitsgruppen angestrebten Arbeitsschwerpunkte folgendermaßen aus:

Die Arbeitsgruppe der Universität Bremen wird sich sowohl mit der Abschätzung der Metamorphosebedingungen (Schulze) als auch mit der Untersuchung der Spaltspurenalter und geochemischen Fragestellungen an Basementgesteinen von Sivorgfjella auseinandersetzen (Schnellbach). Dafür war eine gezielte Probennahme erforderlich. Es wurde besonders auf fazieskritische Minerale und Mineralparagenesen, die eine Druck- und Temperaturabschätzung infolge der Elementverteilung zwischen koexistierenden Mineralphasen liefern, geachtet. So kann mit Hilfe von Mikrosondenmessungen aus der Mg/Fe-Verteilung zwischen Granat- und Biotitkristallen die Metamorphosetemperatur abgeleitet werden. Auch die Elementverteilung zwischen Hornblende und Plagioklas liefert Hinweise auf die PT-Bedingungen. Die so erhaltenen Ergebnisse sollen mit Messungen an Flüssigkeitseinschlüssen verglichen werden. Die Spaltspurenalter, welche bei der Datierung der Proben aus Sivorgfjella gewonnen werden, sollen mit Spaltspurenaltern von Proben von Nordviktoraland und der Shackleton Range verglichen werden, um eine Beziehung zur Hebungsgeschichte in diesen beiden Gebieten des Transantarktischen Gebirges herstellen zu können. Am Material, das wir für amphibolitfaziell überprägte, ehemalige Charnockite halten, sollen Analysen durchgeführt werden, um zu klären, ob es sich tatsächlich um ehemalige Unterkrustengesteine handelt.

Von Aachener Seite her sind weitere strukturgeologische Arbeiten zur Klärung der polyphasen Deformationsgeschichte des kristallinen Basements geplant. Hierfür wurden im Laufe der Geländearbeiten insbesondere Überfaltungserscheinungen, die verknüpft mit Interferenzstrukturen und sheath folds sowohl südöstlich als auch nordwestlich der oben beschriebenen Scherzone zu beobachten sind, und die in NE-Sivorgfjella ausgebildete Schlingentektonik aufgenommen. Die weitere Bearbeitung des gesammelten Proben- und Datenmaterials hat die eindeutige Zuordnung dieser tektonischen Phänomene in die bisher für die Heimefrontfjella postulierten Deformationsereignisse D₁ bzw. D₂ zum Ziel. Darüber hinaus werden von den Untersuchungen Erkenntnisse über die jeweils verantwortlichen Deformationsmechanismen erwartet, die wiederum mit der kinematischen Entwicklung der Scherzone bzw. mit der für das Gebiet von Ristinghortane angenommenen einphasigen Deformationsgeschichte zu vergleichen sind. Für die Bearbeitung dieser Fragestellung sind neben der Auswertung der erhobenen Gefügedaten und den üblichen petrographischen Untersuchungen Mikrogefügestudien sowie die Messung der Quarzstrukturen mittels der Universaldrehtischmethode (Quarz-c-Achsenmessun-

gen) und durch Röntgen- bzw. Neutronentexturgoniometeraufnahmen an ausgewählten, durchwegs orientiert entnommenen Proben (Quarzite und quarzreiche Gneise), geplant.

Für bereits laufende isotopengeochemische Untersuchungen, die bisher an Material basischer Gänge der Heimfrontfjella und der Shackleton Range von früheren Expeditionen durchgeführt wurden und werden, sind in Sivorgfjella-Nord systematisch weitere Gesteinsproben von amphibolitisierten basischen Ganggesteinen genommen worden. Durch diese Untersuchungen sollen mit der Sm/Nd- und der Rb/Sr-Methode radiometrische Alter ermittelt und Informationen zur Petrogenese (z.B. Herkunft der Magmen) dieser Gesteine gesammelt werden, dies alles neben anderem auch für einen Vergleich mit eben solchen Daten von Ganggesteinen der Shackleton Range.

Die Göttinger Arbeitsgruppe befaßt sich seit geraumer Zeit unter Verwendung von Probenmaterial der Expeditionen 1985/86, 1987/88 sowie 1988/89 mit struktureologischen Fragestellungen (Deformations-Rekristallisationsverhalten in Mylonitzonen und Faltenstrukturen, Texturanalyse in Quarziten: U-Tisch-Untersuchungen/Achsenverteilungsanalyse, Röntgentexturmessungen, Neutronentexturanalyse).

Ein wichtiges Ergebnis der bisherigen geochronologischen Untersuchungen ist, daß es Gebiete mit verschiedenen K/Ar-Abkühlungsaltern gibt. Die meisten Abkühlungsalter, die an Muskowit und Biotit bestimmt wurden, betragen ca. 500 Ma (Jacobs, in Vorb.). Die steilachsigt verfalteten Quarzite vom Ustvedhorten weisen hingegen Alter von über 900 Ma auf. Hier hat die pan-afrikanische Deformationsphase nicht mehr 350 °C (Schließungstemperatur von Muskowit) erreicht. Um zu überprüfen, ob dies vielleicht auch für andere Teile dieses Gebirges zutrifft, wurden flächendeckend für die K/Ar-Mineraldatierung Proben genommen. Hierdurch versprechen wir uns eine bessere Vorstellung über die Intensität und räumliche Verbreitung des pan-afrikanischen Metamorphoseereignisses. Im Anschluß an diese Untersuchungen soll eine vergleichende mikrostrukturelle Bearbeitung dieser verschiedenen Terrains erfolgen.

Für die Datierung mit der Spaltspurenmethode an Apatiten (Schließungstemperatur von ca. 100 °C) wurden Orthogneise und Pegmatite in Sivorgfjella, Tottanfjella, in den Kottasbergen sowie in Kirwanveggen beprobt. Erste Datierungen mit dieser Methode an bereits vorhandenem Probenmaterial haben erstaunlich junge Alter von nur 100 Ma ergeben (Jacobs, in Vorb.), obwohl die diskordanten und nicht metamorphen permokarbonen Sedimente darauf hindeuten, daß bereits zu spätpaläozoischer Zeit die Schließungstemperatur von ca. 100 °C unterschritten worden war. Daraus läßt sich ableiten, daß mit dem Gondwanazerfall und der damit verbundenen Entstehung mächtiger Basaltermächtigkeiten, wie man sie z.B. in Vestfjella, in Kirwanveggen, und reliktilich auch in der Heimfrontfjella (XU-Fjella) antrifft, das Basement noch einmal über 100 °C erwärmt wurde. Nach Abschätzung von Erosions- und Hebungsraten und der Annahme, daß die Basalte im Jura extrudierten, muß man für diese Zeit eine Basalmächtigkeit von mehr als 3000 m annehmen. Um diese Hypothese zu untermauern, wurden in S-Sivorgfjella einem 1500 m hohen Profil Proben im Abstand von 100 Höhenmetern entnommen. Dieses Profil wird eine Abschät-

zung der Hebungsgeschwindigkeiten ermöglichen. Von den am höchsten gelegenen Proben (2700 m) ist zu erwarten, daß sie die höchsten Alter aufweisen und u.U. sogar einen Alterssprung zu präpermokarbonen Altern zeigen. Zumindest läßt sich aus diesen Altern die minimale Mächtigkeit mesozoischer Basaltergüsse abschätzen. Lateral wurden einige Proben so genommen, daß die Einbindung an die präpermokarbone Landoberfläche gegeben ist.

Erst nach Abschluß dieser Untersuchungen wird es möglich sein, ein unter all diesen Aspekten konsistentes Modell der orogenen Entwicklung des untersuchten Gebietes zu entwickeln.

Zitierte Literatur:

Arndt, N., Drücker, C., Fielitz, W., Hungeling, A., Lippmann, E., Miller, H., Patzelt, G., Säzle, A., Spaeth, G., Tapfer, M., Walter, C. & Weber, K. (1987) : Die 2. Neuschwabenland-Expedition in die Kottas-Berge. In: D.K. Fütterer (Hrsgb.): Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS "Polarstern" 1985/86 - Ber. zur Polarforschung, 33/87, 134-152

Spaeth, G. & Fielitz, W. (1987) : Structural Investigations in the Precambrian of Western Neuschwabenland, Antarktica. - Polarforschung, 57/(1/2), 71-92

3.8.4 Weitere Untersuchungen zur permokarbonen Vereisung (G. Patzelt, J. Jacobs)

Die das Grundgebirge der Kottasberge diskordant überlagernden jungpaläozoischen Sedimente wurden 1987/88 einer eingehenden Untersuchung unterzogen (Ber. Polarforsch. 58/88:180-183), die inzwischen abgeschlossen ist (Poscher, 1990). Der Nachweis, daß die Sedimente insgesamt kaltzeitlichen und im basalen Bereich glazialen Ursprungs sind, ist damit morphologisch, stratigraphisch und sedimentologisch gut abgesichert. Die permokarbone Zeitstellung dieser Vereisung konnte bestätigt und anhand der Literatur eine gute Übereinstimmung mit ähnlichen, gleichaltrigen Sedimenten im nordöstlichen Südafrika aufgezeigt werden. Damit scheint ein ergänzender Beitrag zur Gondwanaforschung gegeben.

Im Jahre 1988 konnte der hochgelegene Sedimentaufschluß auf Lidkvarvet am Westsporn der Sivorgfjella (74°39', 5'S, 10°38'W, ca. 2250 m) nicht begangen und beprobt werden. Dies wurde am 05.02.90 nachgeholt.

Die sichtbare 6-10 m mächtige Sedimentauflage besteht aus zwei ungeschichteten grobklastischen Diamiktitbänken mit kantigen Komponenten bis zu 1 m Durchmesser, die durch 3-5 m dünnblättrig geschichtetes, graublaues Schluffsediment getrennt sind.

Das ganze Sedimentpaket gleicht in Struktur und Stratigraphie dem des 5 km östlich davon gelegenen Vorkommens am Hauglandkleppen (Poscher, 1990, S. 22) und kann wie dieses als glaziale Ablagerung im Küstenbereich eines stehenden Gewässers angesehen werden. Die bisherige Kenntnis der C/P-Sedimente des Gebietes wird damit geringfügig ergänzt.

Im südwestlichen Abschnitt des Kirwanveggen wurden die am Petrel Peak und Frostbite Bluff aufgeschlossenen Sedimente als "Amelang Plateau Formation" bezeichnet, ihr permokarbonates Alter wahrscheinlich gemacht und die Ähnlichkeit mit den Vorkommen der Heimefrontfjella und Vestfjella festgestellt (Wolmarans & Kent, 1982). Es war naheliegend dort nach Hinweisen auf kaltzeitliche Sedimentation zu suchen, die auch vorgefunden wurden.

Am Frostbite Bluff zeigte der basale Sedimentbereich eine Diamiktittlage mit groben, scharfkantigen Gneiskomponenten, die dem gegenwärtigen an der Oberfläche entstehenden Frostschutt zum Verwechseln ähnlich ist. Damit ist angezeigt, daß das Basementgestein längere Zeit der Frostverwitterung ausgesetzt war, bevor es von Sedimenten überlagert wurde, die nach Struktur und Zusammensetzung glazigenen Ursprung nahelegen. In diesem basalen Sedimenten konnte an einer Stelle auf einer Fläche von ca. 3 m² ein Gletscherschiff freigelegt werden, dessen flächendeckende Schrammen die ehemalige Fließrichtung des Eises um 250° (Kompaß korr. 13°) anzeigt. Im überlagernden sandigen Flußsediment, das an der Rippelschichtung als solches erkennbar ist, war eine Schichtfläche mit ausgeprägten, fossilen Bodenfrostpolygonen aufgeschlossen.

Der Nachweis einer permokarbonen Vereisung und nachfolgender kaltzeitlicher Sedimentation erscheint damit auf eine weitere Belegstelle ausgedehnt und erstreckt sich nach gegenwärtiger Kenntnis am Escarpmentrand zwischen Lidkvarvet und Frostbite Bluff über eine Horizontalentfernung von 150 km.

Zitierte Literatur:

Poscher, G., 1990: Jungpaläozoische, kaltzeitliche Sedimentation in der Beacon Supergroup der Heimefrontfjella, Neuschwabenland (Antarktis). Diss. nat.wiss. Fak. Universität Innsbruck, 137 + XX Seiten.

Wolmarans, L. G. and L. E. Kent, 1982: Geological investigations in Western Dronning Maud Land, Antarctica - a synthesis. South African Journal of Antarctic Research, Suppl. 2.

3.8.5 Tiefenseismische Untersuchungen entlang eines Profils in der Heimefrontfjella

Während der Expedition in die Heimefrontfjella wurde ein umfangreiches geophysikalisches Meßprogramm ausgeführt. Der Schwerpunkt lag auf refraktions- und reflexionsseismischen Messungen. Begleitend wurden Eisdickenbestimmungen mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren sowie gravimetrische und magnetische Messungen vorgenommen. Dies erfolgte teilweise bereits entlang der Trasse in die Heimefrontfjella, wobei u.a. Schwere- und Magnetfeldmessungen der früheren Expeditionen in dieses Gebiet fortgesetzt und ergänzt wurden (vgl. Abb. 33). Das seismische Profil mit einer Gesamtlänge von ca. 200 km liegt senkrecht zum NE-SW verlaufenden Escarpment der Heimefrontfjella und quert dieses im Bereich

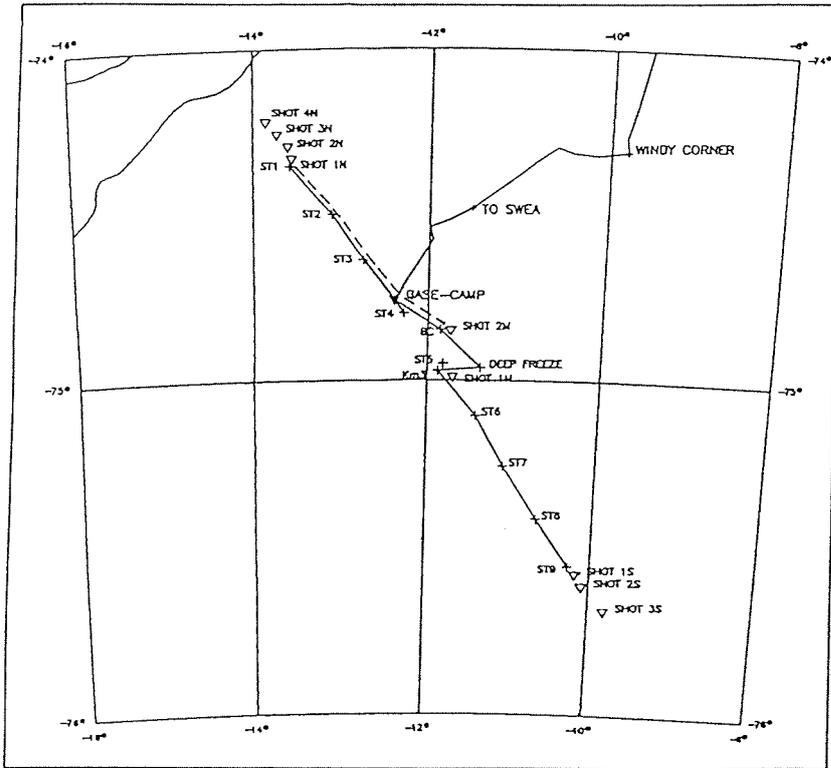


Abb. 37 : Lageplan des Refraktions- und Reflexionsprofils

Refraktionsprofil: ∇ Schußpunkte
 + Beobachtungsstationen
 Mehrfachüberdecktes Reflexionsprofil: - - -

Fig. 37 : Location of the refraction and reflection seismic profiles.

Refraction profile: ∇ shotpoints
 + recording sites
 Multifold-covered reflection profile: - - -

von Kibergdalen. Die Position der Refraktions-schlußpunkte und der ortsfesten refraktionsseismischen Meßapparaturen sowie der Bereich des mit einem Ice-Streamer vermessenen reflexionsseismischen Profils sind in Abb. 37 dargestellt.

Ziel der geophysikalischen Untersuchungen sowie der sich anschließenden Datenbearbeitung und Interpretation ist die Erarbeitung von Ergebnissen zu nachstehenden Fragestellungen:

- Bestimmung der Struktur der Eisunterseite einschließlich Sedimenteinschlüssen und der Eismächtigkeit;
- Gliederung der oberen Erdkruste und der Kruste-Mantel-Grenze;
- Hinweis auf das Vorhandensein einer der Heimefrontfjella vorgelagerten Riftzone.

Bei der Bearbeitung dieser Fragestellungen werden sich insbesondere Reflexions- und Refraktionsseismik ergänzen und in der Interpretation stützen.

3.8.2.1 Reflexionsseismik und EMR-Messungen (M. Degutsch, G. Boldt, C. Hübscher, W. Weniger)

Im Rahmen der Expeditionsdauer und der logistischen Gegebenheiten konnte das reflexionsseismische Profil nicht über den gesamten Bereich der Refraktionsseismik erstreckt werden. Um die geologischen Strukturen in ihrem Verlauf aus dem Gebiet der Heimefrontfjella nach Norden zu verfolgen, wurden die Messungen im Bereich Kibergdalen begonnen. Das mehrfach überdeckte Profil (Abb. 37) hat eine Gesamtlänge von 72,4 km. Die ersten 18 km wurden mit einer 24fachen Überdeckung (Schußpunktabstand 120 m) registriert. Aufgrund technischer Probleme an der Heißwasserschmelzbohranlage zum Abteufen der Schußbohrungen und der damit verbundenen zeitlichen Verzögerungen mußte der Überdeckungsgrad auf 12fach (Schußpunktabstand 240 m) reduziert werden. Ebenfalls wurde die Bohrlochtiefe von 28 m auf 15 m verringert. Die Ladungsmenge betrug 5 kg bzw. 10 kg Sprengstoff (Seismoplast, Fa. Dynamit Nobel). Das Verdämmen der Ladung erfolgte mit Schnee.

Die reflexionsseismischen Messungen wurden mit einer weiterentwickelten Version des bereits während ANT VI/3 (1987/88) erfolgreich auf dem Ekström-Schelfeis eingesetzten Ice-Streamers durchgeführt. Dieser hat eine Gesamtlänge von 5,7 km mit einem Geophonabstand von 60 m. Als Geophone wurden in einer Achse selbstausrichtende Systeme mit einer Eigenresonanzfrequenz von 4,5 Hz (Eigenbau) bzw. 10 Hz (Fa. Mark Products) genutzt.

Die Registrierung und digitale Datenaufzeichnung erfolgte mit einer 96kanaligen DFS V (Fa. Texas Instruments). Das Registrierzeitfenster betrug 24 s bei einer Abtastrate von 2 ms.

Die relative Höhenlage der Schußpunkte zueinander, erforderlich für die notwendigen statischen Korrekturen, wurde mit einem elektronischen Distanzmesser (RED 3, Fa. Sokkisha) eingemessen. Zur Bestimmung der Höhen der Geophonauslage südlich des ersten Schußpunktes wurden zwei Altimeter (Fa. Thommen) eingesetzt. Das Höhenprofil zeigt Abb. 38. Beim Einsatz des Streamers ergaben sich aus der großen Streamerlänge von 5,7 km bei der vorhandenen Topographie keine Schwierigkeiten. In einigen Schüssen sind lediglich einzelne Kanäle durch starke Neigungseinflüsse gestört.

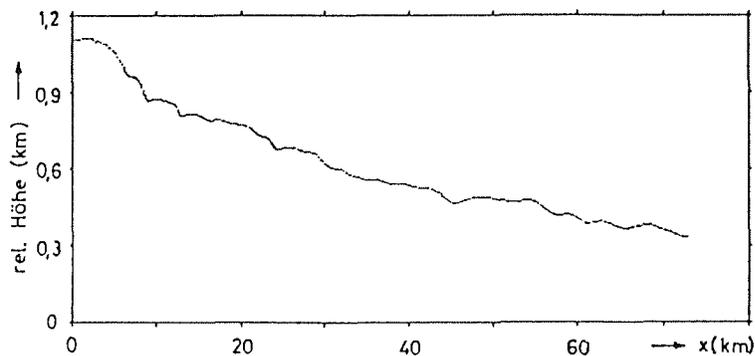


Abb. 38: Gemessene relative Höhen entlang des reflexionsseismischen Profils
 Fig. 38: Distribution of measured relative heights along the reflection seismic profile

Eine Sichtung des gesamten Datenmaterials sowie eine erste Datenaufbereitung erfolgte während der Rückfahrt auf dem FS "Polarstern". Hierfür konnte der Convex-Rechner des AWI mit der DISCO-Software genutzt werden. Abb. 39a zeigt eine Schußregistrierung im Laufzeitbereich bis 4 s. Die Abspielung ist zur Unterdrückung von Oberflächenwellen bandpaßgefiltert (Durchlaßbereich 35-80 Hz) und mit einer AGC (Automatic Gain Control) amplitudengeregelt. Aus den Ersteinsatzzeiten der Tauchwellen in Firn und Eis kann die P-Wellengeschwindigkeit als Funktion der Tiefe berechnet werden, wobei die Abtastrate von 2 ms ggf. die Genauigkeit einschränkt. Durch Auswertung der einzelnen Registrierungen entlang des reflexionsseismischen Profils können auch laterale Geschwindigkeitsvariationen erfaßt werden. In der Registrierung ist bei einer Lotzeit (Zweiweglaufzeit) von ca. 0,7 s die Reflexionshyperbel von der Eisunterseite zu erkennen. Zugehörige Mehrfachreflexionen treten bei einer Laufzeit von ca. 1,44 s, 2,18 s und 2,9 s auf. Unmittelbar unterhalb der primären Reflexion von der Eisunterseite (Lotzeitbereich 0,8-1,0 s) treten weitere Reflexionssignale auf, die der oberen Erdkruste bzw. einer möglichen Sedimentbedeckung zuzuordnen sind. Das Reflexionssignal mit einer Lotzeit von ca. 1,0 s wird als konvertierte Welle gedeutet. Bei Zweiweglaufzeiten größer 4 s sind in den so bearbeiteten Einzelschußregistrierungen korrelierbare Signalphasen nur über wenige benachbarte Spuren zu erkennen.

Zur besseren Korrelation von Signalphasen über das gesamte reflexionsseismische Profil wurde in einem weiteren Bearbeitungsabschnitt für einen Abstand von 420 m zwischen Schußpunkt und Geophon ein Common Offset Gather berechnet. Hiernach variiert die Eismächtigkeit entlang des Profils zwischen ca. 100 m und ca. 1250 m. In der zur Verfügung stehenden Zeit konnte eine weitergehende Bearbeitung der Daten, insbesondere für den größeren Laufzeitbereich, nicht durchgeführt werden.

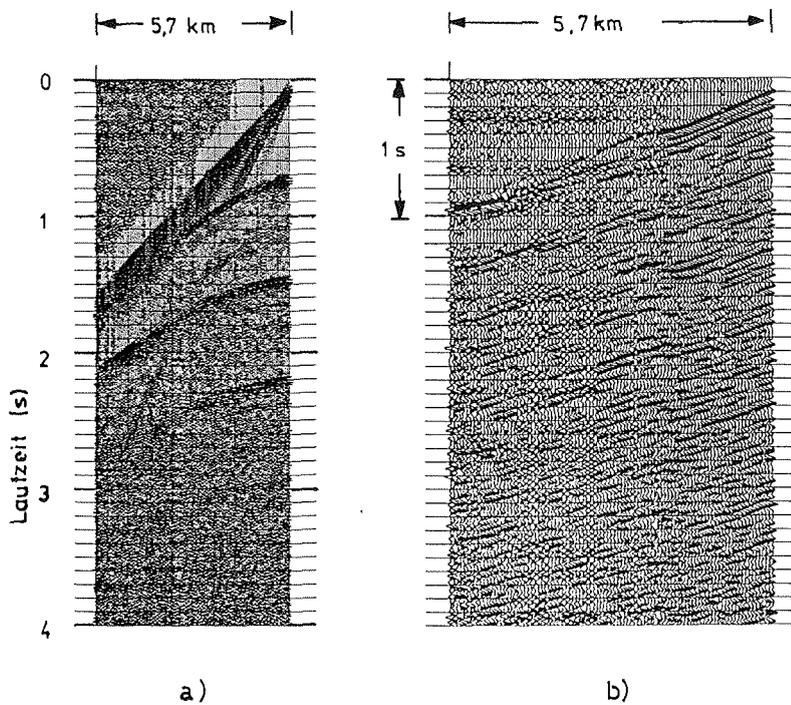


Abb. 39 : Beispiele gefilterter Feldseismogramme mit automatischer Amplitudenregelung
 a) Entfernung Schußpunkt - 1. Geophon 240 m
 b) Entfernung Schußpunkt - 1. Geophon \approx 58 km

Fig. 39 : Examples of filtered seismic field records with automatic gain control
 a) offset shotpoint - 1. geophone 240 m
 b) offset shotpoint - 1. geophone \approx 58 km

Die refraktionsseismischen Schüsse wurden ebenfalls mit dem reflexionsseismischen Meßaufbau registriert. Die Schußpunktentfernungen lagen im Bereich von 40 km bis 120 km. Abb. 39b zeigt einen Ausschnitt aus der Registrierung vom Schußpunkt 2 N. Die Schußpunktentfernung betrug ca. 58 km. Das Seismogramm wurde bandpaßgefiltert (Durchlaßbereich 5-25 Hz) und mit AGC dargestellt. Eine statische Korrektur wurde nicht angebracht.

Außer den seismischen Profilarbeiten wurden entlang der gesamten Trasse von der Georg-von-Neumayer-Station bis in die Heimefrontfjella kontinuierliche Boden-EMR-Messungen durchgeführt. Ferner wurden zwei Profile im Bereich Kibergdalen vermessen.

Die Durchführung obiger Messungen wurden wesentlich durch die zeitweise Mitwirkung von A. Brodscholl, G. Patzelt, M. Pietschmann und J. Witt unterstützt.

3.8.5.2 Refraktionsseismik (A. Eckstaller, A. Brodscholl, H. Mandler, G. Miller, U. Nixdorf, G. Patzelt, M. Pietschmann, H. Rott)

3.8.5.2.1 Einleitung

Erste refraktionsseismische Untersuchungen in den Kottas-Bergen und in der westlichen Heimefrontjella, bzw. Tottanfjella wurden bereits während der 2. Neuschwanbenland-Expedition 1985/86 durchgeführt (ANT IV/3). Die relativ kurzen Profillängen bis ca. 80 km und die damit verbundenen geringen Eindringtiefen ermöglichen jedoch nur eingeschränkte Aussagen über die Struktur der Erdkruste, insbesondere nur für deren oberen Teil. Da diese Profile nördlich des sog. "Heimefrontjella-Escarpments" angelegt waren, können aus diesen Messungen auch keine Rückschlüsse auf die Struktur des tieferen Untergrundes im Bereich dieses Escarpments abgeleitet werden.

Um weitere Informationen über die Krustenstruktur im Bereich der südwestlichen Heimefrontjella zu erhalten, insbesondere auch über die Unterkruste und die Tiefenlage der Grenze Erdkruste-Erdmantel (Moho), sowie über eine eventuell spezielle Struktur im Bereich des Escarpments, wurden während dieser Kampagne refraktionsseismische Messungen entlang eines wesentlich längeren Profiles durchgeführt (Abb. 40). Der maximale Offset zwischen Schußpunkt und Beobachtungsstation betrug dabei ca. 180 km. Das Profil wurde annähernd senkrecht zur Streichrichtung des NE-SW verlaufenden Escarpments angelegt, wobei der Profilverlauf den gesamten Übergang zwischen nördlichem Vorland, Escarpment und dem südlich anschließenden Plateau überdeckte. Im Bereich des Heimefrontjella-Hauptkammes überstreicht das Profil das Gebiet des Kibergdalen, möglicherweise eine Grabenstruktur, durch die die Subeinheiten Sivorgfjella und Tottanfjella voneinander getrennt werden.

3.8.5.2.2 Instrumentierung

An Registrierstationen standen insgesamt 9 PCM-Apparaturen (Serie 5800, Fa. LENNARTZ) zur Verfügung. Mit Ausnahme von 2 Stationen, die nur für maximal 4 seismische Kanäle ausgelegt waren, konnten an allen anderen Stationen bis zu 8 Kanäle genutzt werden. Damit war es möglich, an diesen Stationen auch 3-Komponenten-Geophone einzusetzen, ohne auf die gewünschten Langauslagen verzichten zu müssen. Durch die Erfassung der profilparallelen Komponente der Bodenbewegung sollte eine Verbesserung der Seismogrammqualität, bzw. ein höherer Informationsgewinn erreicht werden. Eingesetzt wurden dabei insgesamt 6 Ketten mit jeweils 6fach gebündelten 3-Komponenten-Geophonen vom Typ GEOSOURCE PE-6 (Eigenfrequenz 4,5 Hz) und ein LIPPMANN 3-K-Topf (Eigenfrequenz 1,0 Hz). Die beiden Vierkanal-Apparaturen waren im Hinblick auf die gewünschten Langauslagen dagegen nur mit Vertikalgeophonen ausgerüstet.

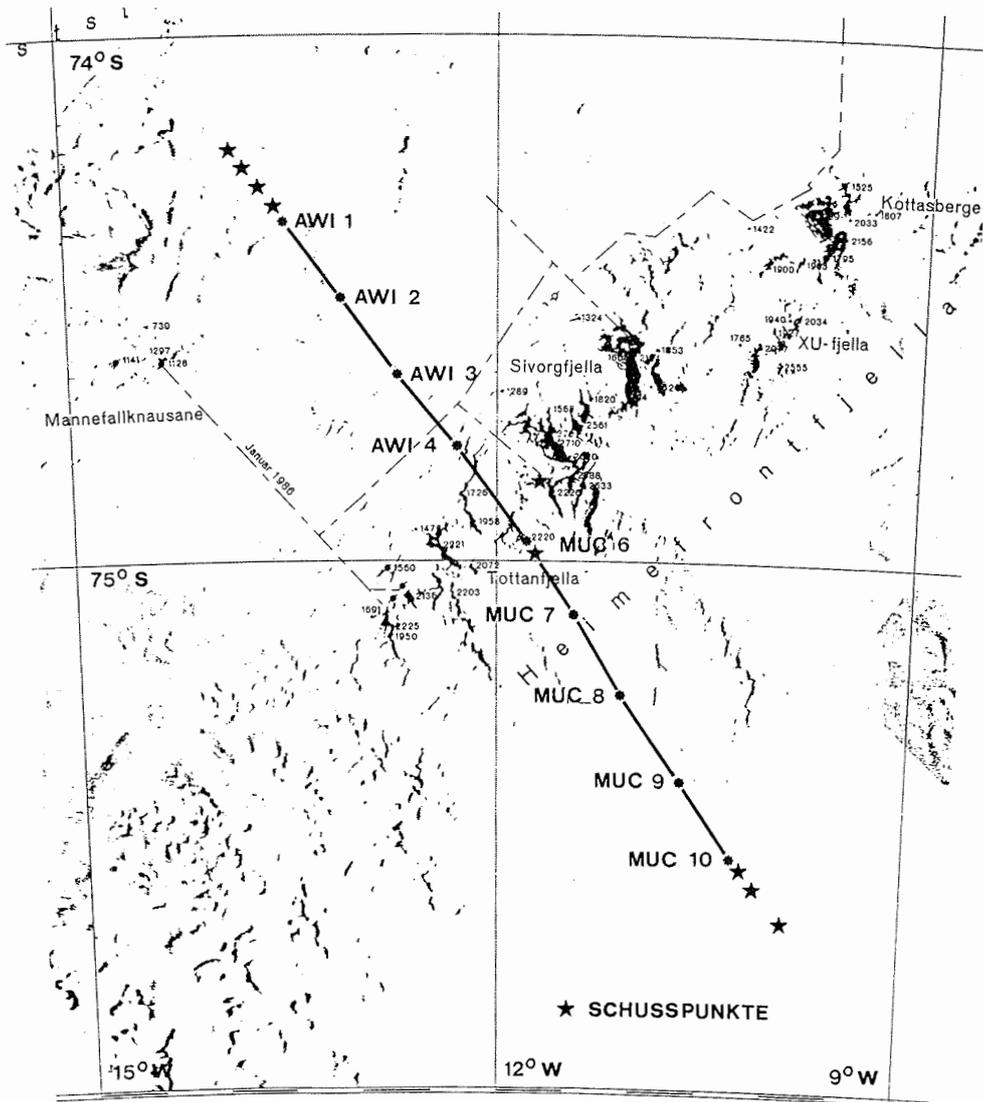


Abb. 40 : Der Verlauf des refraktionsseismischen Profils über den westlichen Teil der Heimefrontfjella.
 (Kartengrundlage: Satellitenbildkarte "Ritscherhochland" SS 28-30, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, 1988)

Fig. 40 : Sketchmap of the refraction profile, crossing the western part of Heimefrontfjella.
 (Basic information: Satellite Image Map "Ritscherhochland", SS 28-30, Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, 1988)

An allen Stationen wurden die Langauslagen in jeweils beide Profilrichtungen ausgebracht. Die Auslagenlängen variierten je nach Station zwischen 620 und 1000 m. Als Aufnehmer wurden hierfür jeweils 2 Ketten mit je 6fach gebündelten Vertikalgeophonen vom Typ GEOSOURCE SM-6 eingesetzt (Eigenfrequenz 4,5 Hz). Die Gesamtauslagenlängen sollten damit groß genug sein, um bei ausreichendem Signal-Noise-Verhältnis und entsprechendem Frequenzgehalt der Signale die lokalen Scheingeschwindigkeiten mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen.

Um auch noch sehr schwache Signale erfassen zu können, wurde an allen Stationen mit der maximal möglichen Vorverstärkung von 2⁴ gearbeitet. Die Grenzfrequenz der Anti-Aliasing Filter betrug 44 Hz und lag damit weit genug oberhalb der dominierenden Signalfrequenz von maximal ca. 20-25 Hz. Im Gegensatz zu früheren Messungen, bei denen die Registrierung noch ereignisgetriggert erfolgen mußte, konnten diesmal durch erweiterte PCM-Software ("switching mode") erstmals feste Einschaltzeiten, bzw. Schußfenster programmiert werden. Damit entfiel das bisher nie ganz auszuschließende Risiko einer Nicht-Triggerung der PCM-Aufzeichnung bei kleinen Signal-Amplituden oder ungünstigem Signal-Noise Verhältnis.

3.8.5.2.3 Zeitbasis

Die bisherigen Erfahrungen zeigten, daß es nicht ganz unproblematisch ist, die internen Uhren der PCM-Apparaturen zu synchronisieren, falls kein geeignetes Zeitzeichen/Signal oder anderes stabiles Zeitnormal zur Verfügung steht. Aufgrund des Profilverlaufes quer über den Gebirgskamm der Heimefrontfjella bot sich jedoch die günstige Gelegenheit, auf dem Gipfel des Sumnerkammen (ca. 2225 m) einen eigenen Zeitzeichen/Sender zu installieren.

Als Zeitreferenz (sog. "Master-Clock") diente dabei eine programmierbare, quarzstabilisierte Schaltuhr (Fa. LENNARTZ), deren codierte Zeitinformation im Sekundentakt (Claustral-Code) jeweils zur vollen Stunde einige Minuten lang gesendet wurde. Die Übertragung des Zeitzeichens erfolgte über 2 UKW-Richtfunkstrecken im 70-cm-Band (YAESU Transceiver FT 790-R11) mit jeweils 10 W Sendeleistung durch entsprechende Endstufenverstärker. Um an allen Stationen eine ausreichende Empfangsqualität zu gewährleisten, wurden leistungsfähige 17-Element-Yagi-Antennen eingesetzt, sowie an den entfernteren Stationen zusätzlich noch Antennenvorverstärker zwischengeschaltet. Der Empfang des Zeitzeichens war an allen Stationen ausgezeichnet, obgleich z. B. für die südlichen Stationen teilweise keine direkte Sichtverbindung mehr bestand. Zur Energieversorgung der Sendestation dienten 2 Solarzellen und ein kleiner Windgenerator (60 W bei 15 m/s). Diese Kombination unabhängiger Energiequellen hat sich bestens bewährt (Abb. 41).

Um die Master-Clock mit UTC-Zeit zu synchronisieren, wurde erstmals ein OMEGA Zeitzeichen-Empfänger (OMEGA-REC und OMEGA-FACE, Fa. BONANOMI) eingesetzt, bzw. es sollte überhaupt erst einmal getestet werden, inwieweit sich OMEGA-Empfänger für weitere Projekte eignen, bei denen keine direkte Funkverbindung mehr vorausgesetzt werden kann. Der Empfang des OMEGA-Signals (Sender Argentinien, 12,9 kHz) war, unabhängig von der Tageszeit, ausgezeichnet. Jedoch



Abb. 41 : Die zentrale Zeitzeichen-Sendestation auf dem Gipfel des Sumnerkammen (ca. 2220 m).

Fig. 41 : The central radiostation for transmitting the coded timesignal on the summit of Sumnerkammen (about 2220 m).

gab es sowohl beim Interface (OMEGA-FACE), als auch bei der Master-Clock kältebedingte Elektronikprobleme, so daß eine Synchronisation mit UTC-Zeit nicht, bzw. nur für kurze Zeit möglich war. Des weiteren zeigte sich, daß die Master-Clock, ebenfalls bedingt durch die tiefen Temperaturen bis ca. $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ und darunter, eine starke Drift aufwies, die auch eine zeitweise noch funktionierende OMEGA-Synchronisation nicht mehr kompensieren konnte. Dazu kamen teilweise auch noch spontane "Sekundensprünge" der Master-Clock. Deshalb war es leider nicht möglich, die internen Uhren aller PCM-Stationen auf eine gemeinsame Zeitbasis zu normieren. Durch die Funk-Synchronisation erfolgte zwar der Sekundenwechsel an allen Stationen nahezu gleichzeitig (Fehler max. ca. $\pm 5\text{ ms}$), die Differenzen zwischen dem Minutenwechsel an der Master-Clock und an den jeweiligen PCM-Uhren erreichten dagegen Werte von bis zu 62 s. Eine eindeutige zeitliche Zuordnung der Aufzeichnungen konnte dadurch erreicht werden, daß das von der Master-

Clock gesendete, codierte Zeitzeichen (das zugleich die Zeitbasis für den Abriss bildete) an allen Stationen zusätzlich auf einem freien seismischen Kanal mit aufgezeichnet wurde. Diese an sich nur redundant vorgesehene Zeitkontrolle ermöglicht damit erst eine zeitlich fehlerfreie Auswertung der Messungen.

3.8.5.2.4 Schußpunkte und Stationskoordinaten

Geplant war ursprünglich ein gegengeschossenes Staffelfprofil mit je vier Schüssen im Abstand von 3, 8, 13 und 18 km Entfernung von den jeweils äußersten beiden Registrierstationen. Bei einem nahezu gleichbleibenden, mittleren Stationsabstand von 20 km sollte damit in den Seismogrammontagen ein gleichmäßiger Spurabstand von ca. 5 km erreicht werden. Zudem sollten durch weitere vier Schüsse in der Mitte des Profils auch die jeweiligen Teilprofile gegengeschossen werden. Aus zeitlichen Gründen, bedingt durch einige Ausfälle bei den Heißwasserbohrgeräten (u.a. Einfrieren der Hochdruckpumpe) sowie die unerwartet langen Fahrzeiten bei Stationsaufbau und den jeweiligen Standortwechseln, konnten nicht alle der geplanten Schüsse abgetan werden. So mußte bei den Schüssen am Süden des Profils der Schuß "Süd-13 km" ausfallen, ebenso wie zwei der geplanten Schüsse

Station	Breite	Länge
AWI-1	74,3479° S	13,4896° W
AWI-2	74,4975° S	13,0885° W
AWI-3	74,6389° S	12,6927° W
AWI-4	74,7860° S	12,2792° W
MUC-6	74,9518° S	11,8125° W
MUC-7	75,1005° S	11,4479° W
MUC-8	75,2516° S	11,0646° W
MUC-9	75,4088° S	10,6615° W
MUC-10	75,5471° S	10,2677° W
SCHUß		
NORD 18 KM	74,2149° S	13,8521° W
NORD 13 KM	74,2523° S	13,7500° W
NORD 8 KM	74,2896° S	13,6479° W
NORD 3 KM	74,3254° S	13,5521° W
SÜD 18 KM	75,6773° S	9,8990° W
SÜD 8 KM	75,6070° S	10,1021° W
SÜD 3 KM	75,5702° S	10,2052° W
DEEP FREEZE	74,8496° S	11,7188° W
MITTE 3 KM	74,9873° S	11,7271° W

Tab. 10 : Koordinaten der Registrier-Stationen und Schußpunkte
 Tab. 10 : Coordinates of the recording stations and shotpoints

in Profilmitte. Von den vorgesehenen 12 Schüssen konnten trotz der zu bewältigenden Probleme immerhin noch 9 Schüsse erfolgreich abgetan werden.

Für die Bestimmung der Schußpunkts- und Stationskoordinaten war ursprünglich ein TRIMBLE GPS-Empfänger vorgesehen, mit dem eine annähernd exakte Lagebestimmung möglich gewesen wäre. Durch einen vor Ort nicht reparierbaren Elektronikdefekt in diesem Gerät mußte für die Positionsbestimmung jedoch auf die wesentlich ungenauere Satelliten-Doppler-Navigationsanlage (MX 2102) des Pistenbully zurückgegriffen werden. Durch Mittelung der erhaltenen Stationskoordinaten aus einer Vielzahl von Satelliten-Durchgängen konnte jedoch der Positionsfehler, zumindest was die Breitenlage anbelangt, zu einem großen Teil reduziert werden. Eine weitere Verbesserung konnte durch Berücksichtigung der zwischen den einzelnen Punkten (mehrmals) gefahrenen SKI-DOO km erreicht werden, sowie des weiteren dadurch, daß die Profiltrasse ziemlich exakt in Flucht gesteckt wurde. Die entsprechend ermittelten Koordinaten der Schußpunkte und Registrier-Stationen sind in Tab. 10 aufgelistet. Der absolute Fehler der so bestimmten Positionen kann realistisch kleiner als ± 1 km angenommen werden. Die relative Lageungenauigkeit zwischen den jeweiligen Stationen, bzw. Schußpunkten ist sicher nicht größer als ± 500 m (dies gilt auch für die Koordinaten der Gravimetrie- und Magnetik-Meßpunkte auf der Trasse über den Kibergdalen). Die Koordinatenbestimmung ist für refraktionsseismische Messungen damit als hinreichend genau anzusehen.

3.8.5.2.5 Bohr- und Schießtechnik

Aufbauend auf die Erfahrungen aus den ersten refraktionsseismischen Messungen in der Heimefrontjella während ANT IV/3 wurden sowohl die Bohr- als auch die Schießtechnik etwas modifiziert. Um bei den Schmelzbohrungen für die Schußlöcher einen größeren Bohrfortschritt zu erreichen, bzw. um des weiteren bei Ausfall einer der Heißwasserbohranlagen eine gewisse Redundanz zu sichern, wurde zusätzlich zu der bereits vorhandenen, kleineren Heißwasser-Hochdruckpumpe vom Typ WAP CS-630 ein weitere Anlage vom Typ WAP 1020-PE mit deutlich größerer Wärmeleistung (100 kW gegenüber ca. 50 kW Wärmeleistung) angeschafft. Der gemeinsame Einsatz dieser beiden Anlagen hat sich dabei bestens bewährt, besonders im Hinblick auf Einsatzbereitschaft und Bohrfortschritt. Ausgehend von einem 400 l Wasservorrat (Temperatur ca. 80 °C) konnte mit der größeren Anlage die Bohrlanze (Durchmesser 60 mm) zügig und vor allem kontinuierlich niedergebracht werden, ohne den Fortgang der Schmelzbohrung durch erneutes Auffüllen des Wasserreservoirs zu unterbrechen. Die kleinere Anlage diente lediglich dazu, durch weiteres Schmelzen von Schnee den Wasserstand im Vorratsbehälter so lange wie möglich hoch genug zu halten, ohne daß die Bohrung angehalten werden mußte (Abb. 42). Ein 60 m tiefes Loch konnte so im allg. innerhalb von ca. 60 Minuten problemlos abgeteuft werden. Vereinzelt, wenn auch sehr zeitraubende Probleme gab es lediglich durch verstopfte Filter, bzw. durch Verunreinigungen blockierte Hochdruckpumpen und Ventile und vor allem durch Einfrieren der Hochdruckpumpe.

Je nach Menge der Gesamtladung wurden im allg. zwischen 4 und 8 Schußlöcher gebohrt. Der Abstand der einzelnen Schußlöcher betrug ca. 50 m, die Schußlinie

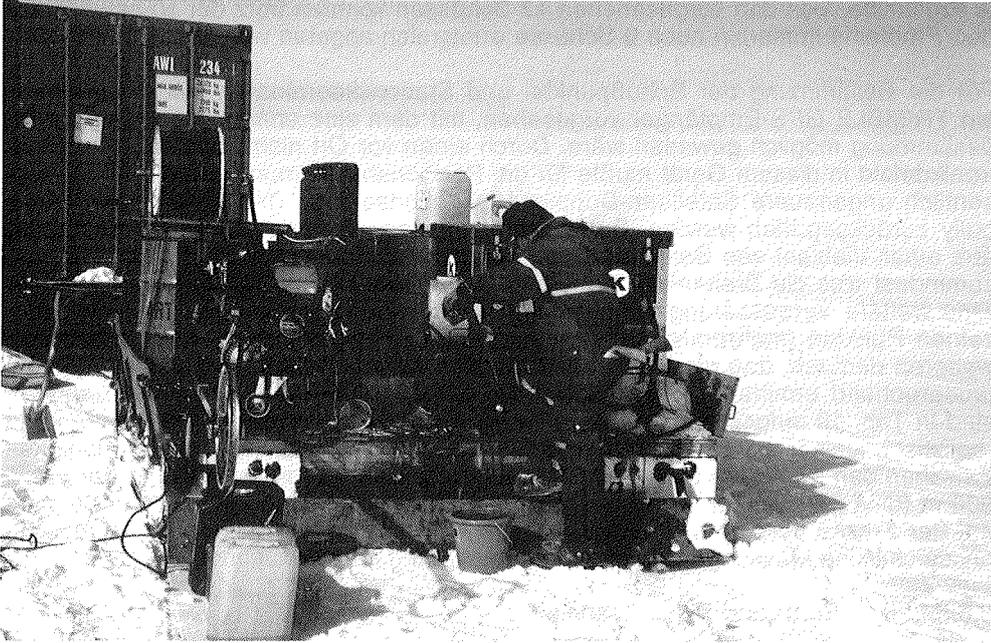


Abb. 42 : Der Bohrschlitten mit der größeren Heißwasser-Hochdruckanlage WAP 1020-PE (links) zum Abteufen der Schußlöcher
 Fig. 42 : The drilling sledge with the greater hot water-high pressure engine WAP 1020-PE (left) for melting shotholes into the ice

verlief senkrecht zur Profilrichtung. Die Bohrtiefe variierte in Abhängigkeit vom erreichten Bohrfortschritt zwischen 60 und 70 m. Geladen wurden die einzelnen Schußlöcher mit 100 bis max. 150 kg SEISMO-GELIT. Die Ladungsmengen sowie die Anzahl der gebohrten Löcher der jeweiligen Schüsse sind in Tab. 11 zusammengefaßt. Um ein völliges Durchzünden der gesamten Ladesäule zu gewährleisten, wurde die erste, bzw. unterste Patronenstange an einer DYNACORD-Sprengschnur in das Loch hinabgelassen. Die weiteren Patronenstangen wurden dann einfach hinterher geworfen. Mit Hilfe der Sprengschnur konnte zudem sehr gut kontrolliert werden, ob alle Patronenstangen auch ganz bis nach unten durchfielen und sich nicht irgendwo verklemmten. Bis auf wenige Ausnahmen befand sich die gesamte Ladesäule unter Wasser. Der Wasserspiegel lag im allg. ca. 30 m unterhalb der Schneeoberfläche. Zur Verdämmung wurde auf die Ladesäule ein Polyäthylenschlauch (beschwert mit einigen Patronen) aufgesetzt und anschließend mit Wasser

Schuß	Anzahl der Schußlöcher	Gesamtladung
NORD 18 KM	6	690 kg
NORD 13 KM	6	600 kg
NORD 8 KM	5	590 kg
NORD 3 KM	5	520 kg
SÜD 18 KM	8	800 kg
SÜD 8 KM	5	600 kg
SÜD 3 KM	5	450 kg
DEEP FREEZE	3	450 kg
MITTE 3 KM	4	600 kg

Tab. 11 : Anzahl der Schußlöcher und Gesamtladung "SEISMOGELIT"
 Tab. 11 : Number of shotholes and total amount of fired 'SEISMOGELIT'

aufgefüllt. Dieses erstmalig angewandte Konzept der Verdämmung hat sich aufgrund seiner einfachen Handhabung und Effizienz bestens bewährt. Echte "Ausbläser" waren nicht zu beobachten, vielmehr drückten die Sprenggase die überlagernde Wassersäule erst einige Sekunden nach der Detonation aus dem Loch.

Der Abriß wurde sowohl analog auf Schreiber, als auch digital auf einer PCM-Apparatur aufgezeichnet. Die Zeitbasis hierfür bildete das vom Sumnerkammen gesendete Zeitzeichen.

3.8.5.2.6 Daten und erste Ergebnisse

Bevor im weiteren Verlauf dieses Abschnittes die ersten, wesentlichen Ergebnisse der refraktionsseismischen Messungen dargestellt und kurz diskutiert werden, sollen vorab noch einige Anmerkungen über Datenerfassung und Datenqualität erfolgen, insbesondere was die hierbei gewonnenen neuen Erfahrungen betrifft. Die eingesetzten PCM-Apparaturen überzeugten durch ausgesprochene Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit, vor allem auch bei sehr tiefen Temperaturen. Lediglich gleich zu Beginn der Messungen fiel eine PCM-Apparatur durch einen Defekt auf der CPU-Platine aus, was vermutlich auf die unter antarktischen Klimabedingungen immer wieder auftretenden elektrostatischen Probleme zurückzuführen ist. Dieser Ausfall konnte jedoch bei den südlichen und mittleren Schüssen durch den Austausch gegen die kompatible CPU-Platine des PCM-Decoders (für Kontroll- und Monitorzwecke) kompensiert werden. Nur bei den Schüssen am nördlichen Profilende mußte dadurch auf diese, am weitesten südlich gelegene Station verzichtet werden. Eine weitere, nicht gerätebedingte Datenlücke bei den nördlichen Schüssen ist auf einen Fehler bei der Neuprogrammierung einer PCM-Apparatur zurückzuführen. Diese Informationslücke kann jedoch durch Streamerdaten der Reflexionsseismik geschlossen werden, die zu diesem Zeitpunkt im Bereich dieser Station (AWI-3) arbeitete und die Refraktionsschüsse ebenfalls registrierte.

Die Qualität der Registrierungen kann im allg. als durchaus gut bis sehr gut bezeichnet werden (Abb. 43 - 46). Im Entfernungsbereich bis ca. 80 km ist die Bodenunruhe gegenüber dem Nutzsignal noch so gering, daß der Ersteinsatz bei allen Schüssen klar und deutlich zu erkennen ist. Auch spätere Einsätze lassen sich in den Seismogrammen noch weitgehend sicher festlegen. Mit zunehmender Schußpunkt-Entfernung ist jedoch eine deutliche Abnahme des Signal-Noise-Verhältnisses zu beobachten, wobei dies vor allem die Registrierungen auf den Langauslagen betrifft, während es für die Aufzeichnungen der zentralen 3-Komponenten-Geophone nur in weit geringerem Maße zutrifft. Die Langauslagen-Seismogramme sind dabei oft durch eine Vielzahl spikeartiger Störimpulse mit beträchtlichen Amplituden kontaminiert. Daneben macht sich häufig auch noch ein ausgeprägtes "Übersprechen" des Zeitzeichen-Kanals, bzw. eine relativ starke Einstreuung des gesendeten Zeitzeichens sehr störend bemerkbar. Ohne weiteres, geeignetes Nachprocessing, z.B. manuelles Editieren der Spuren und nachfolgende Filterung, sind dadurch die Langauslagendaten teilweise gänzlich unbrauchbar.

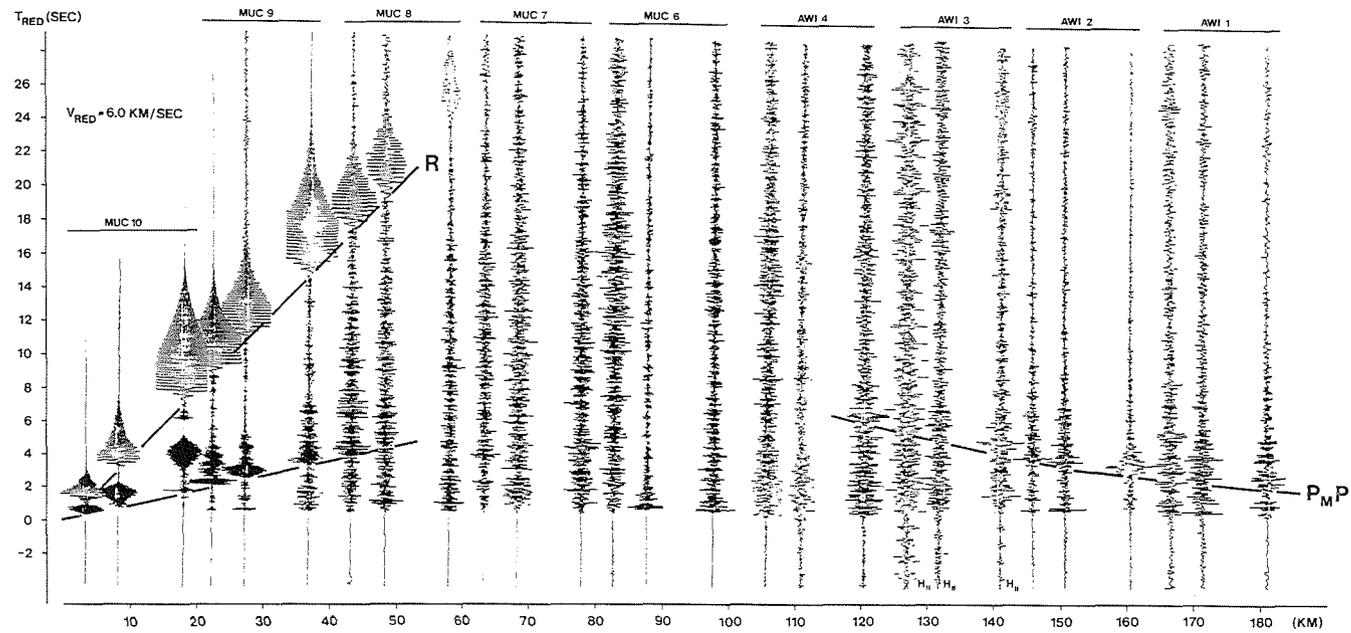
Für den zuletzt genannten Störeffekt können im wesentlichen zwei unterschiedliche Ursachen verantwortlich gemacht werden. Zum einen handelt es sich dabei um ein echtes "Übersprechen" des Zeitzeichen-Kanals auf die anderen Kanäle, da der Signalpegel des Zeitzeichen-Codes um Größenordnungen über dem seismischen Signal lag. Eine entsprechende Reduzierung des Signalpegels sollte diesen Effekt daher weitestgehend unterdrücken.

Der zweite und weitaus störender wirkende Einstreueffekt wird vermutlich dadurch verursacht, daß die ungeschirmten Langauslagen-Kabel als Antennen wirken. Das Zeitzeichen-Signal wird somit direkt eingefangen und in dem komplexen System Geophon-Kabel-PCM-Eingangsteil auf eine nicht näher nachvollziehbare Art und Weise demoduliert. Die häufigen spikeartigen Störimpulse auf den Langauslagen könnten in diesem Zusammenhang ebenfalls auf eine fehlende Abschirmung der Kabel zurückgeführt werden. Eine eindeutige Erklärung für das Auftreten dieser Spikes läßt sich jedoch nur schwer finden. Elektrostatische Effekte, verursacht durch über die Schneeoberfläche driftende Schnee- und Eispartikel, sind ebenso denkbar wie Induktion aufgrund elektromagnetischer Vorgänge innerhalb der Ionosphäre. Aufgrund dieser Erfahrungen wäre es daher sinnvoll, bei zukünftigen Unternehmungen zu testen, ob sich mit abgeschirmten Kabeln eine wesentliche Reduzierung der Störeinflüsse erreichen läßt. Im Falle einer induktiven Einkopplung wäre es auch ausreichend, einfach verdrehte Kabel ("twisted pair") zu verwenden.

Die Abb. 43 - 46 zeigen, mit unterschiedlicher Skalierung der Zeitachse, die kombinierten Seismogramm-Montagen für die Schüsse am südlichen, bzw. nördlichen Profilende (Reduktions-Geschwindigkeit $v_{red} = 6,0$ km/s). Dargestellt sind nur die Registrierungen der Vertikal-Komponente der zentralen 3-K-Ketten. Es wurden noch keine statischen Korrekturen bezüglich der unterschiedlichen Geländehöhe angebracht. Ebenso sind die an den jeweiligen Stationen unterschiedlichen Eismächtigkeiten noch nicht berücksichtigt. Für den südlichen Profilabschnitt kann eine diesbezügliche Korrektur zudem nur in einer ersten Näherung durchgeführt werden, da hier leider keine Radarmessungen der Eisdicke entlang des Profiles vorliegen. Aus früher durchgeführten Befliegungen sollten jedoch zumindest für das Gebiet in

KOTTAS-TRAVERSE 90

SCHÜSSE SÜD



- Abb. 43: Reduzierte Seismogramm-Montage für die Schüsse am südlichen Profilende ($v_{red} = 6,0$ km/s). Auffallend sind hier zunächst die ausgeprägten Rayleigh-Wellen (mit R gekennzeichnet), die im Gegensatz zu den nördlichen Schüssen (vgl. Abb.45) wesentlich größere Amplituden aufweisen. Der dispersive Charakter der Wellenausbreitung läßt sich hier schön erkennen. Direkt im Eis laufende Wellengruppen lassen sich bis zu einer Entfernung von ca. 50 km noch deutlich aus den Seismogrammen herauslesen (nicht näher gekennzeichnete Laufzeitgerade). Ab einer Schußpunktentfernung von ca. 120 km sind relativ ausgeprägte PMP-Phasen zu beobachten, die auf eine MOHO-Tiefe von ca. 50 km südlich der Heimelfrontfjella schließen lassen.
- Fig. 43: Reduced record section for the shots at the southern end of the profile ($v_{red} = 6.0$ km/s). Notice first the great amplitudes of the Rayleigh wave groups (marked with R), which are remarkably higher than those produced by the shots in the northern foreland (see fig.45). The dispersive character of this wave within the ice can be distinctly observed up to 50 km (not marked travel time curve). Beginning with a shot point distance of about 120 km, one can recognize more or less distinct PMP onsets, indicating a MOHO depth of nearly 50 km south of the Heimelfrontfjella.

KOTTAS-TRAVERSE 90 SCHÜSSE SÜD

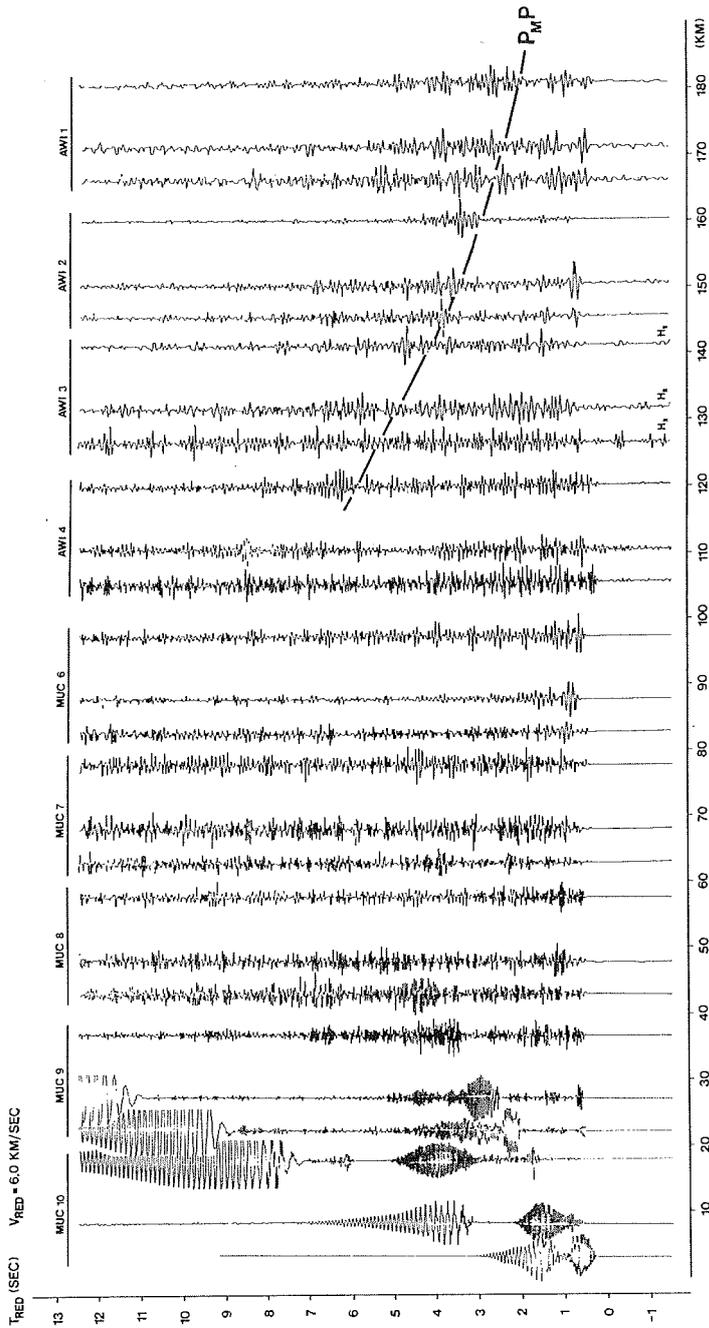


Abb. 44 : Reduzierte Seismogramm-Montage für die Schüsse am südlichen Profildende, mit einer gegenüber Abb. 43 etwas höheren zeitlichen Auflösung. Vergleichen mit Abb. 8 ist im näheren Entfernungsbereich bis ca. 80 km die Seismigrammstruktur deutlich homogener. Es gibt nur wenige, gering ausgeprägte spätere Einsätze, wenn überhaupt, die sich möglichen (unzweifelhaften?) Laufzeitästen zuordnen lassen.

Fig. 44 : Reduced record section for the shots at the southern end of the profile, with a more enhanced time resolution compared to the section in fig. 43. Notice the more homogeneous character in the record section compared to the data of fig. 8. There are only a few later onsets, if any, in the distance range up to 80 km, which can be grouped on some (unambiguous?) travel time branches.

KOTTAS-TRAVERSE 90

SCHÜSSE NORD

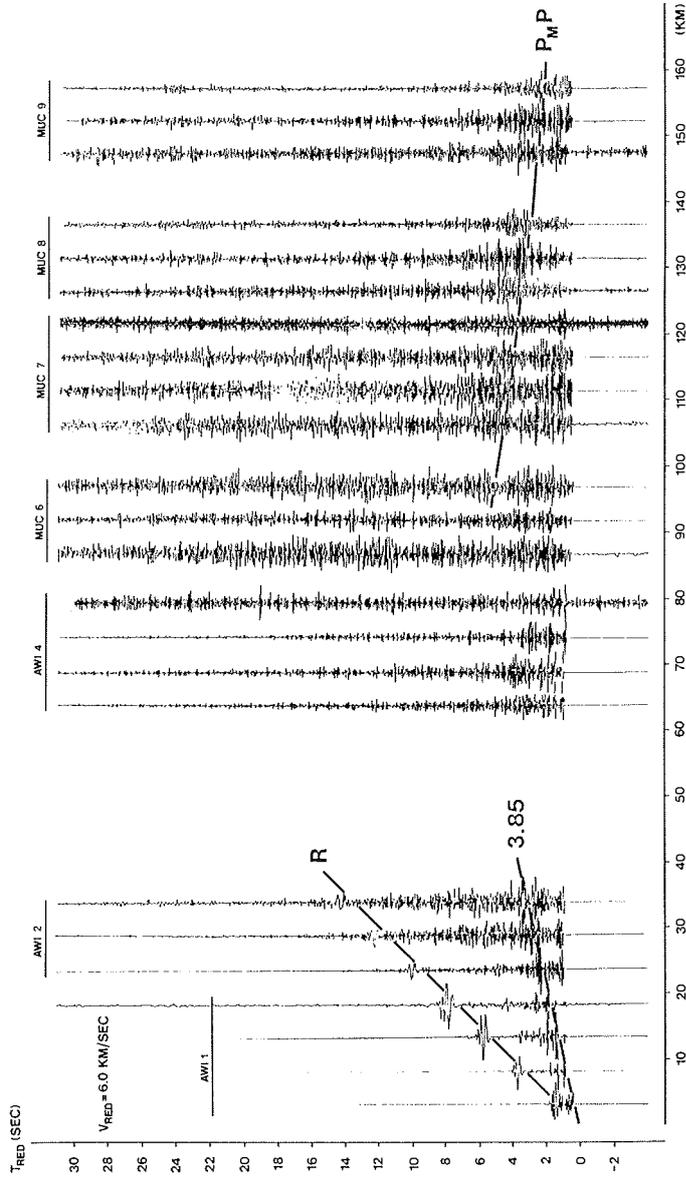


Abb. 45 : Reduzierte Seismogramm-Montage für die Schüsse am nördlichen Profillende ($v_{red} = 6,0$ km/s). Rayleigh-Wellen wurden bei diesen Schüssen in einem weitaus geringeren Maße angeregt als bei den entsprechenden südlichen Schüssen (vgl. Abb. 43). Für die direkt im Eis gelaufenen Wellen, die bis ca. 40 km die größten Amplituden aufweisen, ergibt sich eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 3,85 km/s. PMP-Einsätze sind ab einer Entfernung von ca. 95 km ziemlich deutlich zu identifizieren. Für die MOHO nördlich der Heimefrontfjella läßt sich aus diesen Daten eine Tierentiefe von ca. 42 km ableiten.

Fig. 45 : Reduced record section for the shots at the northern end of the profile ($v_{red} = 6.0$ km/s). The excitation of Rayleigh waves is much more less distinct than for shots on the southern plateau (see fig. 43). Direct travelling waves within the ice, which can be clearly seen up to distances of about 40 km by their great amplitudes, show a propagation velocity of 3.85 km/s. Early PMP-onsets, which can easily be identified beginning at a distance of about 95 km, indicate a MOHO depth of about 42 km in the area north of the Heimefrontfjella.

KOTTAS - TRAVERSE 90

SCHÜSSE NORD

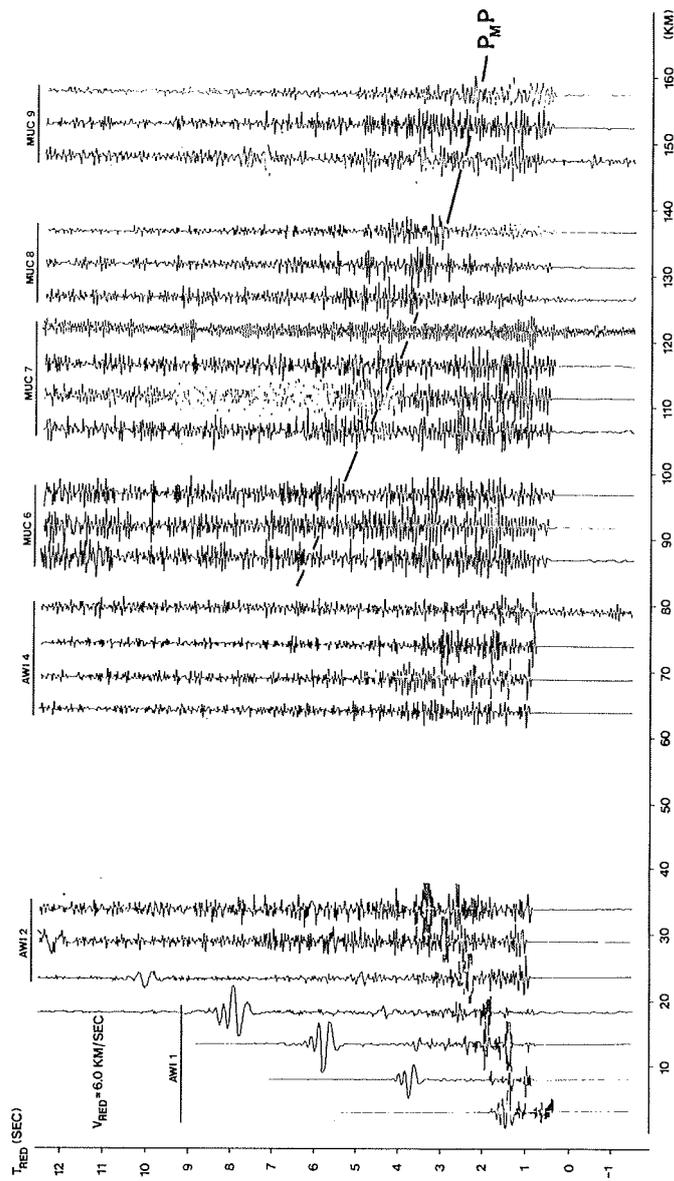


Abb. 46 : Reduzierte Seismogramm-Montagen für die nördlichen Schüsse mit einer gegenüber Abb. 45 etwas höheren zeitlichen Auflösung. Trotz der Datenlücke zwischen 40 und 60 km ist die Seismogrammstruktur als deutlich komplexer zu charakterisieren, verglichen mit den entsprechenden Ergebnissen für die Schüsse am südlichen Profilende.

Fig. 46 : Reduced record section for the northern shots with a more enhanced time resolution compared to the section in fig. 45. In spite of the data gap at the distance range from 40 to 60 km, one must characterize the seismogram structure in the near distance range as more heterogeneous compared to the results of the shots on the southern end of the profile.

Umgebung des südlichen Profils sind einige verlässliche Radar-Eisdicken-Messungen vorliegen. Zusammen mit den gemessenen, lokalen Scheingeschwindigkeiten an den jeweiligen Stationen (Langauslagen) läßt sich jedoch in erster Näherung die Neigung der bedrock-Oberfläche abschätzen und so annähernd ein Bild der subglazialen Topographie ableiten.

Auffallend ist zunächst, wenn auch für die hier zugrunde liegende Problemstellung ohne Belang, die stark unterschiedliche Ausprägung von Oberflächenwellen bei den Schüssen im Süden und im Norden. Bei den südlichen Schüssen sind ausgeprägte, lang andauernde Wellenzüge zu beobachten, die zudem auch noch sehr schön das dispersive Verhalten dieser Rayleigh-Wellen zeigen. Dagegen ist bei den nördlichen Schüssen nur eine sehr geringe Anregung von Oberflächenwellen zu beobachten. Es treten nur relativ kurze Wellengruppen auf, die zudem bereits nach ca. 40 km Entfernung fast völlig abgeklungen sind. Die Ursache dafür liegt in der gänzlich unterschiedlichen Firn-/Eisstruktur, bzw. Geschwindigkeits-Tiefenverteilung in den oberen ca. 200 m. Der Grund dafür ist nicht zuletzt ein aufgrund der Höhendifferenz von ca. 1000 m stark unterschiedlicher Tiefenverlauf von Temperatur und Dichte und damit entsprechend auch der seismischen Geschwindigkeiten.

Ein erstes wichtiges Ergebnis dieser Messungen ist, daß die Ersteinsätze auch bei großen Entfernungen noch ziemlich exakt auf einer horizontalen Laufzeit-Geraden liegen, der eine (mittlere) Scheingeschwindigkeit von 6,0 km/s entspricht. Lediglich im Bereich des Sumnerkammen, sowie etwas südlich und nördlich davon, ist eine geringfügige Verfrühung der Ersteinsätze zu beobachten (Profil-km 85-120-"Schüsse Süd", bzw. Profil-km 70-100-"Schüsse Nord"). Dies kann im wesentlichen auf eine in diesem Bereich geringere Eismächtigkeit, bzw. auf die am Sumnerkammen fehlende Eisbedeckung zurückgeführt werden.

Die auch noch bis ca. 180 km Schußpunktentfernung beobachtete Scheingeschwindigkeit von 6,0 km/s ist für einen präkambrischen Schild, bzw. paläozoische Plattform relativ gering. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, daß hier entweder eine relativ mächtige Oberkruste zu vermuten, bzw., daß nur ein geringer Gradient in der Geschwindigkeits-Tiefenverteilung zu erwarten ist.

Vergleicht man die Montagen für die jeweiligen Schüsse am nördlichen, und südlichen Profils bis zu einem Entfernungsbereich von ca. 80-100 km, so zeigt sich ein gewisser struktureller Unterschied in den jeweiligen Montagen. Trotz der (vorerst) noch offenen Lücke in den Daten der nördlichen Schüsse, die erst mit den Streamerdaten geschlossen werden kann, ist die Montage für diese Schüsse, verglichen mit der der entsprechenden Gegenschüsse (Abb. 44 und 46), doch als etwas komplexer, bzw. strukturierter zu charakterisieren. Eine eindeutige Identifizierung möglicher reflektierter, bzw. refraktierter Einsätze oder Wellengruppen ist ohne die Ergebnisse der Reflexionsseismik auf diesem Profiltail nicht möglich. Die komplexere Struktur in den Seismogrammontagen der nördlichen Schüsse ist jedoch ein erster Hinweis auf einen möglicherweise heterogeneren Krustenaufbau unter diesem Profilschnitt. Demgegenüber scheint die Krustenstruktur südlich der Heimfrontfjella homogener zu sein. Generell sind

spätere, intrakrustale Reflexionen (z.B. Grenze Ober-/Unterkruste ?) in beiden Montagen nur schwach ausgeprägt, was mit den bisherigen Kenntnissen über den Krustenaufbau von alten Schilden und paläozoischen Plattformen im Einklang steht.

Das vorrangige Ziel dieser Kampagne war jedoch die Bestimmung der Krustenmächtigkeit und dieses wurde auch erreicht. In den Montagen, insbesondere in den Abb. 43 und 45, sind Weitwinkelreflexionen von der Basis der Erdkruste, als sog. PMP-Phasen gekennzeichnet, relativ deutlich zu erkennen. Die entsprechenden Äste der Reflexionshyperbeln beginnen bei den nördlichen Schüssen in einer Entfernung von ca. 90 km, und in 120 km bei den südlichen Schüssen. Eine erste Abschätzung der zugehörigen Mohotiefen nach der Extremalinversion von GIESE ergibt für den Profilteil nördlich der Heimefrontfjella eine Krustenmächtigkeit von ca. 42 km, südlich davon sollte die Moho jedoch mit ca. 50 km deutlich tiefer liegen. Dieses, an sich wichtigste Ergebnis dieser Messungen bestätigt, daß die durch das Escarpment der Heimefrontfjella voneinander getrennten Regionen eine unterschiedliche tektonische Entwicklung haben.

3.8.5.3 Gravimetrie und Magnetik (A. Brodscholl)

Die refraktionsseismischen Registrierungen auf dem Profil, das etwa senkrecht zum Streichen der Heimefrontfjella verläuft, wurden durch Messungen der reduzierten Totalintensität des Erdmagnetfeldes sowie der Änderungen des Schwerefeldes begleitet. Da die grob NNO-SSW verlaufende Profilrichtung im Bereich der Heimefrontfjella wegen Geländeunzulänglichkeiten (Spaltenzonen und schrofiger Fels am Sumnerkammen) für die Potentialmessungen nicht einzuhalten war, mußte das Profil geknickt werden. Das Südende des Refraktiosseismikprofils wurde noch um 25 km ergänzt.

3.8.5.3.1 Erfassung der reduzierten Totalintensität des Erdmagnetfeldes

Auf dem über 200 km langen Profil wurden im Abstand von 1 km die Totalintensität mit Hilfe eines Protonenmagnetometers vom Typ ELSEC 820 digital registriert. Dazu wurden mindestens 5 Werte jeweils mit der Meßzeit registriert. Als Basismeßinstrument diente ein Protonenmagnetometer des selben Typs. Es wurde in einem Scottzelt untergebracht. Der Speicherinhalt der Magnetometer wurde nach einzelnen Meßabschnitten über eine RS232-Schnittstelle auf den RAM (Random Access Memory) eines Epson-Rechners übernommen, und anschließend auf Disketten gespeichert. Die Basisregistrierungen der letzten 4 Aufenthaltstage in der Heimefrontfjella sind leider durch einen Übertragungsfehler verlorengegangen, so daß die Feldwerte vom Mittelbereich des Profils (geknickte Trasse) in der angestrebten Art nicht reduziert werden können. Die etwa 450 km entfernte Georg-von-Neumayer-Station könnte jedoch als Basisstation herangezogen werden. Um die Einflüsse der inhomogenen Quellen in der Ionosphäre und Magnetosphäre untersuchen zu können, wurden auf der Rückfahrt zur Georg-von-Neumayer-Station an 4 verschiedenen Punkten 6-9 Stunden lange Registrierungen der Totalintensität des EMF durchgeführt. Aus der Variabilität der reduzierten Totalintensität lassen sich wahrscheinlich Distanzen

abschätzen, bis zu denen die Georg-von-Neumayer-Station noch als Basisstation dienen kann.

Die auf dem Refraktionsseismikprofil zwischen 10:00 und 20:00 Uhr gemessenen Feldwerte zeigten innerhalb einer Minute meistens nur Veränderungen des Feldwertes von $< 2nT$. Offensichtlich sind auch in magnetisch sehr aktiven Zeiträumen (Sonnenfleckenmaximum!), akzeptable, von äußeren Quellenfeldern bereinigte Magnetfeldwerte zu bekommen.

3.8.5.3.2 Vermessung von Schwere- und Höhenänderungen

Die Schwereänderungen auf dem aktuellen Profil wurden mit einem modifizierten La-Coste-Romberg-Gravimeter (Seriennummer G744), das kurz vor der Reise als Feedbacksystem umgerüstet wurde, vermessen. Dieses Feedbacksystem wurde speziell für Messungen auf dem Schelfeis mit einem 20-Sekunden Tiefpaßfilter versehen.

So war es möglich, auf einige Zehntel genau, die relative Schwere im seismischen Observatorium der Georg-von-Neumayer-Station vor Antritt der Kottastraverse am 27.12.89 und am Ende der Kampagne, am 28.02.90 zu messen. Die Differenz der beiden Messungen ergibt ca. 2 mgal. Diese harmoniert mit der Driftrate, die aus Referenzmessungen am Sumnerkamen und am Basislager während der Feldkampagne abgeleitet werden konnte.

Zur Bestimmung der Höhenänderungen auf dem Profil wurden zwei Thommen Altimeter verwendet. Um den Einfluß der Luftdruckschwankungen auf die Meßwerte abschätzen zu können, wurde an der Basisstation permanent mit einem Barographen der relative Luftdruck aufgezeichnet. Im gesamten Zeitraum gab es Luftdruckschwankungen von maximal 16 hPa. Da sich die Höhendifferenzmeßmethode der Thommen Altimeter auf eine Standardatmosphäre bezieht, die sicherlich für Antarktika keine Gültigkeit besitzt, müssen die Feldwerte noch mit Hilfe aktuellerer meteorologischer Parameter modifiziert werden.

3.8.6 Glaziologie

3.8.6.1 An ice-dynamical investigation of an ice-stream at Heimefrontfjella, Dronning Maud Land, the Creamstream Ice Stream project (V. A. Pohjola and A. P. Stroeven).

3.8.6.1.1 Introduction

The two massifs Sivorg- and Tottanfjella, parts of the Heimefrontfjella escarpment, are separated by an ice-stream which drains ice from the Amundsenisen plateau (approximative mean elevation: 3000 m a.s.l.) down to Ritscherflya (a.m.e.: 1000 m a.s.l.). (Fig. 47) The ice-stream, here named the Creamstream Ice Stream, is fed by several catchments of various size. Every catchment produces an ice-stream

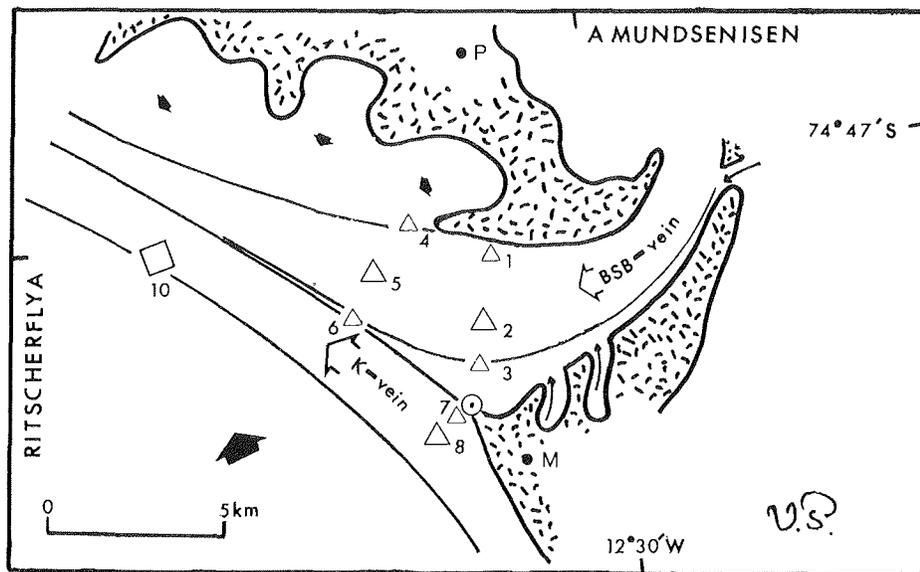


Fig. 47 : Ice-dynamic situation at the studied part of the Creamstream Ice Stream.
 -- Legend: empty arrows shows the studied veins, filled arrows shows not studied veins, triangles symbolizes approximate position of discussed strain nets, circle with dot is the stationpoint, P and M are the peaks Paal nibba and Mathisenskaget. The Heimefrontfjella escarpment is visualized by the patterned area.

component, a tributary to the Creamstream Ice Stream, in this text called vein, whose lateral limits are clearly defined by shear zones (crevassing). Two components of the complex of veins that makes up the Creamstream Ice Stream are the Bonnevie-Svendsenbreen vein (BSB-vein) and the Kibergdalen vein (K-vein). The K-vein is considered to be a major component of the complex while the BSB-vein contributes with a smaller fraction of the total ice flow. The ice dynamics of these two veins were studied during the Kottas traverse 1989/90.

3.8.6.1.2 Field work

Two periods were spent at the Creamstream Ice Stream anno 1990: January, 15-23 and February, 9-13. On the two studied veins, ice flow components were measured using 30 aluminium stakes. 24 of the stakes were arranged to form eight strain triangles, used to reveal the stress-field components at strategic areas of the veins. Strain triangles at the lateral limits of the veins had a side of approximately 100 m. Triangles in the center of the veins were wider and had sides up to 400 m. Two stakes were used to extend the ice flow information; one between the station-point and net 3, the other in the center of the K-vein to extend the line of the nets 4-6.

Four stakes were inserted and measured in January 1989 by SWEDARP 88/89 (Holmlund *et al.* 1989). All 30 stakes were measured once during each of the two periods from a station point on Mathisensketet using an AGA system 400 geodimeter (distances < 5 km) and WILD T2 theodolite/AGA 114/14 geodimeter (distances > 5 km). As a fixpoint an AGA reflector was installed about 20 m from the station point on Mathisensketet. The pronounced peak of Paalnibba was used for geographical coordination.

Two holes were drilled using hot-point melt drills. One hole reached 20 m at the BSB-vein and the other reached 18 m at the K-vein. Thermistors were frozen in and temperatures at those depths were gained. The exact temperatures are not yet extracted. An estimate gives temperatures of $-28 \pm 1,5$ °C at both sites.

Two snowpits were dug to investigate the accumulation in the area; one at Amundsenisen and one at Ritscherflya. Data from the snowpits has not been reduced at this time.

Finally we mapped the surface topography of the studied area.

3.8.6.1.3 Results

It is not possible to draw any sophisticated conclusions of this very raw field data. We just present some data, reduced in the simplest way, to give a slight touch of "what's going on" at the Creamstream Ice Stream and, of course, some spontaneous comments on them. Table 12 gives measured velocities. Location of the nets are given in fig. 47.

Net	Movement [m]	Period [yr-mt-d]	Velocity [m/d]
1	1.88	900120-900211	0.08
2	1.99	900120-900211	0.09
3	0.52	900120-900211	0.03
4	0.74	900119-900210	0.04
5	1.00	900119-900210	0.05
6	2.84	900199-900210	0.13
7	3.08	900120-900210	0.15
8	3.75	900120-900210	0.18
10	3.61	900115-900212	0.14
	46.48	890125-900115	0.13

Tab.12: Approximate movements and ice velocities at the Creamstream Ice Stream. All movements are a mean value from the three stakes in the respective triangle net, except for net 10 where four stakes were used.

It is to note that the BSB-vein has a stronger velocity gradient on its west side than on its east side in the investigated area. At net 3 there is a drag due to sluggish ice coming from smaller catchments. Net 6 shows how the faster moving K-vein pulls the west side of the BSB-vein. Another phenomena worthwhile to put attention on is net 10. The ice velocity increased during the measured period 15 January - 12 February compared to the measured velocity averaged over a year. One can speculate in seasonal effects, but as already stated: the data has to be more refined before conclusions can be drawn.

The aim with this investigation of the stress field at Creamstream Ice Stream is to make a force budget analysis of the BSB-vein. This analysis will give us information concerning the ice discharge of the vein. That discharge can be compared with the hypothetical balance discharge and conclusions can be drawn about how well balanced the BSB-vein is to the present climate.

Acknowledgements

This work was supported by the Swedish Natural Science Research Council, NFR, with field support provided by the Swedish Antarctic Research Programme, SWEDARP, and logistic support by the Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, BRD.

References:

Holmlund, P., E. Isaksson and W. Karlén. 1989. Massbalans, isrörelse dynamik: preliminära resultat från fältsäsongen 1988/89 i Vestfjella och Heimefrontsfjella, västra Dronning Maud Land, Antarktis. Forskningsrapport 73, Naturgeografiska institutionen, Stockholms universitet.

3.8.6.2 Glaciological Studies in Scharffenbergbotnen (A.P. Stroeven, V.A. Pohjola)

3.8.6.2.1 Introduction

The fieldwork in Scharffenbergbotnen must be seen as the last stage of a three year project initiated during the German ANT-VI/3 expedition to the Heimefrontfjella (Jonsson and others 1988). The objectives of this project were to quantify the mass exchange between this area of interior drainage and the surrounding ice sheet and to derive evidence concerning the origin of this basin.

To meet the posed objectives, a serie of projects were initiated in 1988. These projects included the establishment of a mass balance and velocity stake net (18 stakes in Scharffenbergbotnen and 6 stakes outside for comparison to normal ice sheet conditions); the creation of 6 new fixed points for monitoring the ice flow; mapping of the subglacial morphology by radio-echo sounding techniques and meteorological observations for normal ice sheet conditions and for Scharffenbergbotnen. This resulted in a detailed mass balance survey (also a core was retrieved

for $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ analyses); the position of all stakes were measured; a map of the subglacial topography was produced (fig. 45, Jonsson and others 1988) and meteorological data covering one month. Finally the meteorological station at stake 50 (fig. 48) was converted into a system for satellite (Argos) transmission of weather data to Europe (all described in detail in Jonsson and others 1988).

A mass balance survey was executed by P. Holmlund as a part of the SWEDARP expedition to Vestfjella in January 1989. He also surveyed most of the stakes for ice flow determinations. During January 1989 meteorological data was still received via the Argos satellite system. During the austral winter 1989 the Argos system stopped transmitting data and the last data received was on June 4th.

3.8.6.2.2 Results of the 1989/90 Fieldtrip to Scharffenbergbotnen

Mass Balance

Three complete mass balance surveys were carried out (January 7-9, 31 and February 15-17). In addition snowpits were dug at stake 28 (February 3) and at stake 32 on January 31. The pits were two metres deep and are analysed for temperature (at 25 cm interval) and for density. Unfortunately there has been no recalculations yet of the achieved data and thus exact mass balance data for individual stakes cannot be given. Some general trends can be observed, however.

Three of the six outer stakes were never found (i.e. 33, 35 and 36). In Scharffenbergbotnen only stake 22 had disappeared and did not reappeared during the summer.

Over the period February 18 1988 - January 25 1989, 75% of all the stakes revealed negative mass balance. On the contrary during the period from January 25 1989 to January 7-9 1990, 75% of all the stakes showed a positive mass balance. Summarizing two years yield that about 50% of the stakes show net mass loss. The absolute values range from approximately -30 cm ice to more than +130 cm snow over two years. During the summer period of 1990 (40 days), 60% of all the stakes showed net mass gain. The changes are, however, one order of magnitude lower than the yearly changes. On the other hand the changes in the superimposed area seem to have been in the same order of magnitude as the yearly changes. Stake 50, for example, had lost 21 cm of ice during the period 1988-1990. However, during the last three weeks in January, stake 50 experienced a mass gain of 8.5 cm of ice.

Based on all measurements, one cannot state that the summer season is crucial from the mass balance perspective.

Ice Velocity

All interior and two outer stakes were measured during the period January 26 - February 5 and on February 16. All inner stakes were measured with the AGA geodimeter system $400 \pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm})$ and two outer stakes with a WILD T2 theodolite and an AGA 114 geodimeter $\pm (5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Illustration 48 reveals the approximate directions of motion for all stakes (when more than 5 cm/year) and the average velocity per year in cm. These figures are very approximate since they have not been corrected for instrumental height, stake height and usual corrections such as for the earth curvature. This data supports the conclusion by Jonsson and

others (1988) that ice enters the drainage area mainly through the opening between the Svea station and Boyesenutten (stakes 11 & 14) and through the icefall (stake 19). Another obvious feature is the existence of two separate ice streams, one directed towards Torsvikstoppen (e.g. stakes 12, 13 & 14) and the other directed towards the ice fall (e.g. stakes 26 and 25). The last point to be made concerning the flow velocities are the velocities of the stakes 25 and 26. Interestingly stake 25 moves faster than stake 26. This poses the question whether this phenomenon has to do with the subglacial regel detected by Jonsson and others (1988) in this region.

Meteorological Measurements

Two weather stations have been operating during the entire period. The weather station at stake 50 operated from January 9 to February 17 and the weather station at stake 32 was one day longer in operation. Both stations were oriented N 39 E. Data analyses will be done in Stockholm. The measuring procedures, the type of equipment used and the measured variables are in detail described in Jonsson and the others (1988).

Minor projects

S. Jonsson and H. Grudd (writt. comm.) observed that circular ice structures were abundant in the blue ice fields of Scharffenbergbotnen. They posed that dark colored rocks and sediments seldom reach the surface due to englacial melt around them. The heat necessary for the englacial melt is delivered by the radiation. The rocks and sediments will thus be found on some sort of 'balance depth', usually at 30-40 cm. With a big axe we removed the ice of some 10 circle structures and made observations on the type of sediment/rock, the ice thickness covering this rock, the size of the sediment/rock (to compare with the size of the circle structure) and the occurrence of free water. In none of the cases free water was found and the rock types did differ widely (even white colour). In one unfrozen circle structure in the superimposed ice area 6 thermistors were left at depths of 25, 50, 75, 100, 115 and 130 cm. For comparison a similar hole was drilled in 'normal ice' nearby, again 6 thermistors at the same depth were left. Continuous readings over 3 weeks (1 reading/hour) yielded an inconsistent data set. The data set does not seem to indicate any of the two temperature profiles that Jonsson and Grudd had observed (increasing temperatures with depth for circle structures and vice versa for 'normal ice conditions'). On the other hand, high temperatures are found during the afternoon in circle structures (5-8 °C), and a strong daily circle is observed.

To study the rock erosion process, two thermistors (one on bare rock and the other in a crack on 5 cm distance from the former) were used to record temperatures at 10 min interval during two periods of two days. This data will be analysed in Stockholm.

A one metre pit has been dug and analysed for temperatures and density on Amundsenisen, west of KK-dalen at an altitude of approximately 2500 masl. This can be viewed as a part of a study by W. Karlén and E. Isaksson to the mass balance conditions along a transverse Vestfjella-Ritscherflya-Heimefrontfjella-Amundsenisen (Holmlund and others 1989).

Finally an effort has been made to collect small mites (Acarina), living on a special type of green moss (Liver moss). These mites have previously been found in Vestfjella, but never in a mountain massif situated as long from the coast as Heimefrontfjella. A sample with 3-5 animals has been prepared for analyses in Norway.

References

P. Holmlund, E. Isaksson and W. Karlén (1989): Massbalans, isrörelse och isdynamik. Preliminära resultat från fältsäsongen 1988/89 i Vestfjella och Heimefrontfjella, v. Dronning Maud Land, Antarktis. *STOU-NG 73*, Department of Physical Geography, Stockholms Universitet: 66 p.

S. Jonsson, P. Holmlund and H. Grudd (1988): Glaciological and geomorphological studies of Scharffenbergbotnen. In D.K. Fütterer (ed.): *Berichte zur Polarforschung 58/88*. Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung: 186-185.

3.8.6.3 Mikrowellensignaturen von polarem Firn (H. Rott)

An verschiedenen Punkten der Kottas-Traversal 1989/90 wurden aktive und passive Mikrowellensignaturen von Firn gemessen. Die Messungen sollen Grundlagen zur Interpretation von Satellitendaten liefern, die über den polaren Eismassen gewonnen werden. Zur Vorbereitung der Feldmessungen wurde unter anderem die Mikrowellenemission der Antarktis im Frequenzbereich von 6,6 bis 37 GHz aus Daten des Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) analysiert. Die Messungen während der Kottas Traverse dienen weiter der unmittelbaren Vorbereitung des Experiments "Microwave signatures of the polar ice sheets from ERS-1 AMI data", das in Zusammenarbeit zwischen AWI und IMG I durchgeführt wird. Ziel des Experiments, das auf Daten des Aktiven Mikrowelleninstruments (AMI) des 1. Europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 beruhen soll, ist es, großflächig die Rückstreuungseigenschaften von Antarktis und Grönland zu kartieren und mit morphologischen bzw. dielektrischen Eigenschaften von Schnee und Eis in Zusammenhang zu bringen. In Teilgebieten, die auch den Bereich der Kottas-Traversal umfassen, ist es weiters geplant, AMI Daten im Scatterometer Modus und AMI Daten im SAR (Synthetisch Apertur Radar) Modus mit in situ Messungen der Radarrückstreuung zu vergleichen. Die Rückstreuungsmessungen sollen weiters zur Klärung der Frage beitragen, inwiefern homogene Flächen polaren Firns als externe Eichquellen für Satellitensensoren im Mikrowellenbereich geeignet sind.

Als Meßinstrument während der Traverse diente ein 2-Kanal Scatterometer/ Radiometer, mit dessen Hilfe man breitbandig im X-Band bei 9,6 GHz und im C-Band bei 5,25 GHz die emittierte und reflektierte Strahlung natürlicher Oberflächen messen kann. Die C-Band Frequenz entspricht derjenigen des AMI auf ERS-1. Die Empfangsteile des Gerätes arbeiten nach dem Dicke-Prinzip. Als Sender dient in jedem der beiden Kanäle eine breitbandige Rauschquelle. 2 drehbare Hornantennen je Kanal ermöglichen Messungen in verschiedenen linearen Polarisationszuständen: horizontal (H) und vertikal (V) für Messungen der Emission; HH, VV, VH,

HV für Messungen der Rückstreuung. Ein Winkelgeber erlaubt die Auswahl beliebiger Beobachtungswinkel im Bereich von 0 bis 180 Grad von der Vertikalen. Die gesamte Steuerung der Meßvorgänge und Datenerfassung erfolgt im Remote-Betrieb über ein V-24 Schnittstelle.

Im Verlaufe der Traverse wurden mit dem Gerät Messungen der Emission und Rückstreuung an den in Tab. 13 zusammengestellten Punkte durchgeführt.

Meßpunkt	geogr. Breite	geogr. Länge	Höhe ü.d. Meer
Geophysik-Profil Süd, KM 83	75°34,2'S	10°10,0'W	ca. 2.300 m
Geophysik-Profil Süd, KM 98	75°40,8'S	9°45,0'W	ca. 2.300 m
Kottas Basislager	74°45,4'S	12°23,7'W	ca. 1.200 m
Geophysik-Profil Nord, KM 88	74°17,4'S	13°33,0'W	ca. 500 m
Geophysik-Profil Nord, KM 98	74°12,9'S	13°51,5'W	ca. 500 m
Georg-v.-Neumayer Station	70°36,0'S	8°22,0'W	

Tab. 13 : Kottas Traverse 1989/90: Lokationen mit Mikrowellenmessungen
 Tab. 13 : Kottas traverse 1989/90: Locations for micro wave measurements

Bei jedem dieser Punkte wurden mehrere Meßserien der Strahlungstemperaturen und der Rückstreuoeffizienten für Einfallswinkel von 10 bis 80 Grad in Stufen von 10 Grad gewonnen. Im Basislager wurden außerdem Messungen der Reflexion senkrecht zur Oberfläche, sowie spezielle Messungen zur Transmission und Eindringtiefe der Mikrowellenstrahlung durchgeführt.

In Schneeschächten wurden Stratigraphie und Morphologie der Schneedecke an folgenden Punkten untersucht:

- Geophysik Profil Süd, KM 83
- Kottas Basislager
- Geophysik Profil Nord, KM 83

Diese Daten sind wesentlich für die Interpretation der Mikrowellenmessungen und dienen als Grundlage für die Erstellung von Modellen der Emission und Reflexion. Weitere Vergleichsdaten, die auch für die Analyse von Satellitenmessungen von Bedeutung sind, lieferten die glaziologischen Arbeiten im Rahmen der Traverse.

Abb. 49 zeigt als Beispiel vorläufige Ergebnisse der Auswertung von Emissionsmessungen in beiden Frequenzbereichen, die am Basislager und bei KM 83 S durchgeführt wurden. Am Basislager beträgt der jährliche Schneezuwachs ca. 80 cm, die Schichtung der Schneedecke ist verhältnismäßig schwach ausgeprägt. Dennoch treten auch hier bereits deutliche Polarisationsunterschiede auf. Die Differenz der Strahlungstemperatur von vertikaler minus horizontaler Polarisation erreicht im X-Band bis zu 35 K. Am südlichsten Meßpunkt, wo der jährliche

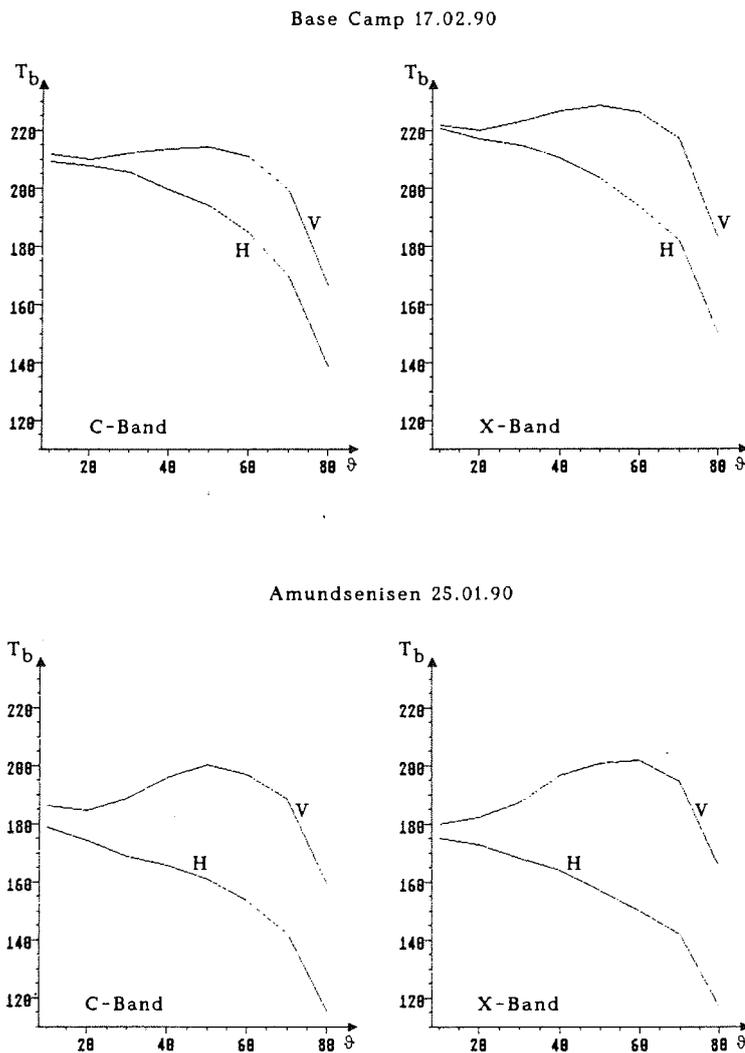


Abb. 49 : Strahlungstemperaturen T_b in Grad Kelvin bei vertikaler (V) und horizontal (H) Polarisation in Abhängigkeit vom Einfallswinkel, gemessen in Stufen von 10° bei 5,25 GHz (C-Band) und 9,6 GHz (X-Band) im Basislager der Kottas-Traverse und bei KM 83 S der Geophysik-Trasse.

Fig. 49 : Radiation temperature T_b in degree Kelvin for vertical and horizontal polarisation with respect to the incoming angle. The measurements were taken at steps of 10° with 5.25 Hz (C-Band) and 9.6 GHz (X-Band). They were carried out at base camps of Kottas traverse, and at km 835 of the geological route.

Schneezuwachs nur etwa 30 cm beträgt und der Schnee deutliche Schichtung mit ausgeprägten Tiefenreiflagen aufweist, sind die Polarisationsunterschiede noch wesentlich höher. Im X-Band erreichen die Differenzen bis zu 52 K, im C-Band bis zu 46 K. Die Meßergebnisse zeigen eindeutig, daß die bisher erstellten Modelle der Mikrowellenemission und -reflexion von polarem Firn, die auf Volumstreuung an Schneekörnern nach dem Rayleigh- oder Mie-Modell beruhen und folglich das Polarisationsverhalten nicht beschreiben, der Realität keineswegs gerecht werden.

3.8.6.4. Schneedeckenuntersuchungen
(G. Patzelt, H. Rott)

Soweit es die übrigen Aktivitäten zuließen, wurde wie bei den vorangegangenen Landtraversen versucht, Informationen und Material über den oberflächennahen Schneedeckenaufbau zu sammeln. Die Arbeiten erfolgten nach Absprache für das spurenstoffglaziologische Programm, das am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg durchgeführt wird. An den in Tab. 14 aufgelisteten Lokalitäten wurden Schneeschachtprofile bis 2,5 m Tiefe aufgenommen und mittels Flachbohrungen Bohrkerne bis zu 10,5 m Tiefe gezogen.

Koordinaten	Ort	Datum	Schacht Tiefe (cm)	Flachbohrung Tiefe (cm)
75°33,0'S, 10°17,4'W, ca. 2250 m ü.d.M.	Profil km 80 Süd	11.01.90	0-253	0-980
74°50,7'S, 11°39,0'W, ca. 1560 m ü.d.M.	Lager 3, (Deep Freeze)	16.01.90 19.01.90	0-237	0-1052
74°45,4'S, 12°23,7'W, ca. 1200 m ü.d.M.	Basislager	22.01.90	0-300	
74°19,6'S, 13°44,9'W, ca. 500 m ü.d.M.	Profil km 83 Nord	05.02.90	0-250	
74°15,2'S, 13°44,0'W, ca. 500 m ü.d.M.	Profil km 93 Nord	07.02.90		0-1058

Tab. 14: Kottas-Traverse 1990: Schneeschächte und Flachbohrungen
Tab. 14: Kottas-Traverse 1990: Snow pits and shallow firn cores

Das Profil km 80 Süd liegt etwa 100 km südlich des Escarpmentrandes am Inlandeisplateau. Es ist dies die bisher südlichste und höchstgelegene Schneeprobenlokalität aus dem Gebiet der Heimefrontfjella.

Stratigraphie, Dichte- und Temperaturprofile der Stationen km 80 Süd und Lager 3 zeigt die Abb. 50. Ohne zusätzliche Analysen ist die Jahresstratigraphie nicht zweifelsfrei abzulesen. Im Lager 3 ist aber die durch Windverfrachtung verursachte Erhöhung der Akkumulation des letzten Jahres (bis 100 cm) gut erkennbar, während zwischen 100 und 237 cm Tiefe mehrere Jahresschichten enthalten sein dürften. Eine Kontrolle ermöglicht hier der im Februar 1986 gesetzte Bambuspegel, an dem für 4 Jahre eine Nettoakkumulation von 250 cm Schnee gemessen werden konnte. Das Schachtprofil müßte somit vier Jahre enthalten.

Auf Station km 80 Süd in ca. 2250 m Höhe ergab die 10-m-Schneetemperatur und damit die angenäherte Jahresmitteltemperatur -31°C .

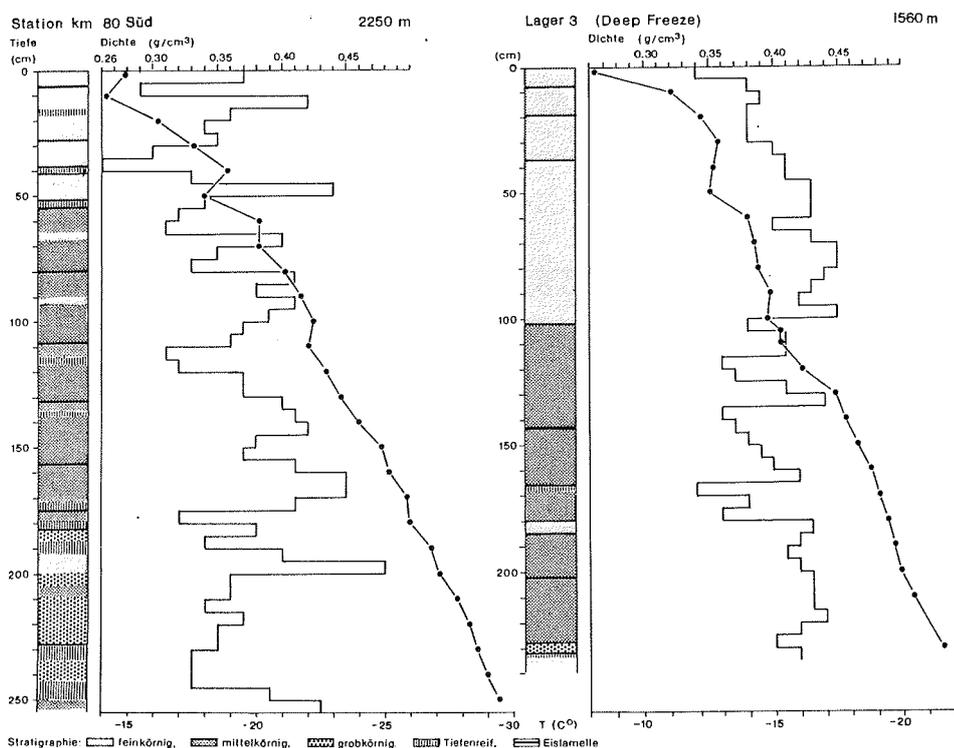


Abb. 50: Stratigraphie, Dichte- und Temperaturprofile von Schneeschächten der Stationen km 80 Süd und Lager 3.

Fig. 50: Stratigraphy, density- and temperature profiles from snow pits at the stations km 80 South and Camp 3.

3.8.6.5. Messung der Schneeakkumulation
(G. Patzelt, H. Rott)

An den im Abstand von 500 m gesetzten Markierungsstangen der Fahrtrassen läßt sich der Schneeauftrag leicht abmessen, wenn beim Setzen der Stangen das freie Ende derselben notiert wird. Das ist für Teilstrecken seit 1986 schon mehrfach geschehen. Für die gesamte Strecke von G.v.N. bis Svea wurde zuletzt 1987/88 die Stangenmarkierung erneuert und abgemessen und dies 1989/90 wiederholt. Somit wurden für den einheitlichen Zeitraum von 2 Jahren zwischen Küste und Gebirgsfuß von ca. 1020 Meßpunkten die Beträge der Schneeakkumulation erfaßt.

Insgesamt ergab sich eine auffallend unregelmäßige Schneeverteilung, die durch Windverfrachtung und Topographie bestimmt wird. Im wellenartigen Anstieg zwischen km 130 und km 200 erreichte in den Flachstrecken die Netto-Akkumulation Beträge bis zu 160 cm/Jahr, auf den windexponierten Stellen oft weniger als 20 cm/Jahr. Am Plateau zwischen km 220 (Depot) und km 270 sind Pegel ausgeblasen worden. Dort gab es über größere Strecken Schneeabtrag durch Winderosion von mindestens 50 cm. Im Bereich von km 235 - 240 waren stellenweise noch die Spuren der Häglundfahrzeuge von 1988 zu erkennen.

In den Jahren 1986/88 hat es in diesem windausgesetzten Streckenbereich ebenfalls sehr geringe Akkumulationsbeträge gegeben, aber keinen Schneeabtrag. Die Windverfrachtung erreicht offensichtlich nicht jedes Jahr das gleiche Ausmaß. In besonderen Sturmsituationen scheinen jedoch auch ältere Schneeschichten, u.U. auch mehrere Jahre aufgerissen und weggeblasen zu werden.

Im bewegten Relief des Gebirgsbereiches ist die Schneeverteilung noch unregelmäßiger. Dort zeigen die großen Blaueisgebiete an, wo der Schnee regelmäßig abgeblasen wird. Doch ändert sich offensichtlich auch die Ausdehnung dieser Blaueisflächen von Jahr zu Jahr. 1990 waren sie deutlich kleiner als 1986 und 1988. Am Gebirgsfuß scheint in diesem Jahr die Windverfrachtung geringer gewesen zu sein.

Die Pegelablesungen ermöglichen einen guten Einblick in die räumliche und zeitliche Variabilität des Schneeauftrages und seiner Verteilung in einem größeren Gebiet. Sie sollten so lange als möglich fortgeführt werden. Die grundsätzlichen Erfahrungen daraus könnten auch bei der Interpretation von Bohrkernprofilen nützlich sein.

3.9 Spurenstoffanalytische Arbeiten im Bereich der G.v.N.-Station und auf dem Filchner-Ronne Schelfeis

(J. Wittenzellner, P. Jacob, N. Rädlein)

Das Ziel der Untersuchungen an der Georg-von-Neumayer-Station war es, Erkenntnisse über die Deposition von Nitrat und Wasserstoffperoxid zu gewinnen; Moleküle, die wichtige Rückschlüsse auf die NO_x- bzw. HO_x-Chemie in der Atmosphäre zulassen. Dazu wurden nicht nur die Konzentrationen im Niederschlag gemessen, sondern auch im deponierten Schnee weiterverfolgt, um Aufschluß darüber zu erhalten, inwieweit Ergebnisse von Schneeschachtsstudien und Firnkernanalysen bezüglich der Nitrat und Wasserstoffperoxidkonzentration noch das Niveau repräsentieren, das während des Niederschlagsereignisses vorlag. Aus Kernstudien lassen sich gegebenenfalls wichtige Trends in der Atmosphärenchemie ableiten. Aus Konzentrationsänderungen im deponierten Schnee folgt zwangsläufig die Frage nach den beeinflussenden Parametern. Deshalb wurden alle verfügbaren meteorologischen Daten mit in die Untersuchungen einbezogen.

Zur Nitrat-Gehaltsbestimmung wird neben der vor Ort eingesetzten Ionenchromatographie (IC) die massenspektrometrische Isotopenverdünnungsanalyse (MS-IVA) verwendet, die keiner externen Kalibrierung bedarf. Für die letztgenannte Methode, die an der Universität Regensburg zur Anwendung kommt, wurden vor allem Raureif- und Neuschneeproben genommen.

Ebenfalls für Analysen (MS-IVA) in Regensburg, und zwar auf Partikelnitrat und Jod, sind die an der Georg-von-Neumayer-Station gesammelten Aerosolproben vorgesehen.

Parallel zu den Nitratmessungen erfolgten jeweils die Gehaltsbestimmungen von Chlorid und Sulfat mittels IC. Diese als Seesalz-Aerosol eingetragenen Komponenten sind ebenfalls wichtige saisonale Indikatoren. Darüberhinaus erlaubt die Bestimmung des "Überschuß-Sulfates" wichtige Rückschlüsse auf biogene Aktivitäten im Ozean.

Ein 13-m-Firnkern wurde in 3-6 cm lange Segmente unterteilt und in Zusammenarbeit mit dem japanischen Glaziologen Prof. Dr. F. Nishio analysiert. Dabei konnten aus dem Vergleich der Parameter "Stratigraphie", Dichte, Leitfähigkeit und pH, sowie der Konzentrationen von Nitrat, Chlorid, Sulfat und Wasserstoffperoxid wichtige Erkenntnisse sowohl bezüglich saisonaler Variabilität, als auch im Hinblick auf eine Metamorphose im deponierten Schnee gewonnen werden.

Was das Wasserstoffperoxid betrifft, wurden während der Zeit vom 19.12.89 bis zum 25.01.90 auch die Gasphasenmischungsverhältnisse gemessen, um :

- die einflußnehmenden Parameter verstehen zu lernen,
- Aussagen über Phasengleichgewichte bei Niederschlagsereignissen, sowie Nebel- und Reifbildung machen zu können, und
- um die direkte Deposition auf der Schneeoberfläche abzuschätzen.

Aus den bereits ausgewerteten Daten lassen sich folgende vorläufige Ergebnisse ableiten :

- In Oberflächenschnee ergeben sich die Gehalte:
 Chlorid: im ppm-Bereich (max. 30 ppmw), verursacht durch die relative Meeresnähe
 Sulfat : 100 bis 2000 ppbw
 Nitrat : 40 bis 240 ppbw
- Im 13-m-Firnkern läßt sich für Nitrat ein saisonaler Konzentrationsverlauf erkennen. Gehalt: < 3(NWG) bis 114 ppbw.
 Auch Chlorid und Sulfat zeigen, allerdings nicht immer eindeutige, jahreszeitliche Variationen. Die niederschlagsreichen antarktischen Herbststürme aus nördlichen Richtungen (Atlantik) liefern extrem hohe Chlorid- (über 100 ppmw) und Sulfatgehalte (bis 7,5 ppmw).
- Nitrat ist im Reif besonders stark angereichert (max. 400 ppbw), während Chlorid und Sulfat keine wesentlich erhöhten Gehalte im Vergleich zu Schneeproben zeigen.
- Mischungsverhältnisse von mehr als 1 ppbv traten während eines Schneefalls mit sehr hoher Wasserstoffperoxid-Konzentration auf, was für ein Verdunsten aus der Eismatrix spricht.
- Im Neuschnee wurden Konzentrationen von bis zu 450 ppbw gemessen.
- Aus deponiertem Schnee verdunstet offensichtlich ebenfalls Wasserstoffperoxid, was sich aus der Abnahme von dessen Konzentration bei erhöhter Außentemperatur schlußfolgern läßt.
 Reifbildung kann auch zu einer Erhöhung der Wasserstoffperoxid-Konzentration im Oberflächenschnee führen.
- Analysen in einem 13-m-Firnkern zeigten allerdings nicht die erwartete eindeutige saisonale Variation. Dies ist offenbar eine Folge der relativ hohen Sommertemperaturen (Max.: +2 °C), die zur Verdampfung des deponierten Wasserstoffperoxids, zu einer tiefreichenden Metamorphose der Schneekristalle, sowie zu Verdampfungs- und Rekristallisationsprozessen führen, was eine erhebliche Nivellierung der jahreszeitlich bedingten Konzentrationsunterschiede zur Folge hat.

Neben diesen Arbeiten an Georg-von-Neumayer-Station ermöglichte die Teilnahme an dem Filchner-Illa-Projekt eine umfangreiche Probennahme, wobei der Abstand zur Schelfeiskante eine entscheidende Größe darstellte. Im Bereich der geodätischen Gitterpunkte (s. Abb. 16) konnten in ca. 50 km Abständen Oberflächenschneeproben in einer Entfernung von ca. 70 km bis 270 km von der Schelfeiskante genommen werden. Während der Traverse gelang es, 4 Reifproben, die bezüglich ihres Anreicherungs-effekts an Spurenstoffen interessant sind, an spezialpräparierten Nylonnetzen zu sammeln. Die Teilnahme an einem Flug nach Berkner Island (Süd- und Nordgipfel), sowie einem zweiten zu den beiden britischen Vermessungspunkten BAS Site 5 und BAS Site 6 ermöglichten Probennahmen in etwa 300 km und 550 km Abständen zur Schelfeiskante, wobei die beiden Gipfel von Berkner Island, mit etwa 700 m und 900 m Höhe über dem Meeresspiegel, einen zusätzlichen Parameter beinhalten.

Das Probenmaterial soll hinsichtlich der umweltrelevanten Schwermetalle TI, Cu, Cd, Pb, Zn, Ni, Cr und Fe , aber auch nach Nitrat und den Elementen der Halogenidreihe Cl, Br und I analysiert werden. Wegen der Kontaminationsprobleme

an Bord werden die Proben bei -18 °C gelagert und erst wieder unter Reinstluftbedingungen am Institut der Universität Regensburg geöffnet und aufgearbeitet. Als Analysenverfahren kommt wie bei der Anionenanalytik (s. o.) die MS-IVA zur Anwendung, wobei aber auch Vergleichsanalysen über die Inversvoltammetrie (DPASV : Differential Puls Anodic Stripping Voltammetry) geplant sind.

Insbesondere bei den Anionen wird, durch deren größtenteils marinen Ursprung, eine Abhängigkeit der Gehalte vom Abstand zur Schelfeiskante erwartet. Diese Abhängigkeit soll Aufschluß über das Depositionsverhalten mariner Aerosole geben. Inwieweit diese Abhängigkeit auch für den Teil der Schwermetalle gegeben ist, wird erst die Analyse zeigen. Bei den Schwermetallen war die Absicht, im Gegensatz zu den Arbeiten an der Georg-von-Neumayer-Station, möglichst ein Gebiet zu beproben, in dem in den letzten Jahren keine oder kaum Expeditionen stattgefunden haben. Dieses Datenmaterial dient dann dem Vergleich der Ergebnisse unserer früheren Arbeiten im Bereich der Georg-von-Neumayer-Station, sowie der Einordnung in internationales Datenmaterial aus anderen Regionen in der Antarktis.

Während der Überfahrten von Ushuaia zur Filchnerstation sowie vom Filchner-Ronne-Schelfeis nach Kapstadt wurden auf dem Peildeck von FS "Polarstern" kontinuierlich Aerosolbesaugungen durchgeführt. Zum einen soll über eine Filterbesaugung (0,8 μm) der Gesamtgehalt in Aerosolen, sowie durch eine Impaktorbesaugung (6stufiger Schlitzimpaktor) das Größenverteilungsmuster der Aerosolgehalte bestimmt werden, um Hinweise auf die Quellen der Emission zu erhalten. Da auf früheren Fahrtabschnitten bereits die Bereiche Südamerika bzw. Südafrika beprobt und ausgewertet wurden, dient das jetzt erhaltene Probenmaterial der Vervollständigung eines globalen Schnittes über dem Atlantik bis nach Europa.

4. Stationsliste ANT VIII/5 (16.12.89 - 12.03.90)

Stat. No	Date Datum 1989	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
394	19.12.	14:40-	61°39,0'S 49°57,5'W	3299	128°	5,0	RFL
	19.12.	-19:50	61°53,4'S 49°11,9'W	3350	128°	2,0	
395	25.12.	22:43-	69°15,7'S 08°15,3'W	3592	178°	5,0	RFL (32 l air gun)
	26.12.	-08:09	70°06,9'S 08°07,7'W	2120	178°	6,0	
396	29.12.	06:54-	71°04,2'S 11°47,4'W	389	139°	1,0	AGT
	29.12.	-08:01	71°05,3'S 11°46,8'W	282	141°	0,8	
397	29.12.	09:19-	70°56,5'S 11°57,7'W	1525	337°	Stopp	Aufn.AWI 204
	29.12.	-10:28	70°56,3'S 11°59,4'W	1520	020°	Stopp	AWI 204 a.D.
398	29.12.	12:25-	70°42,6'S 12°21,6'W	2022	338°	Stopp	Aufn. AWI 205
	29.12.	-13:20	70°42,9'S 12°22,1'W	2030	015°	Stopp	AWI 205 a.D.
399	30.12.	11:20-	72°52,2'S 19°17,1'W	396	300°	1,5	AGT
	30.12.	-12:26	72°51,5'S 19°20,9'W	382	285°	0,8	
400	30.12.	18:03-	72°51,9'S 19°18,5'W	387	292°	9,0	Profilfahrt HS, PS
	30.12.	-21:43	72°35,0'S 20°49,0'W	3751	310°	5,4	
401	30.12.	23:41-	72°37,4'S 21°08,8'W	~3650	235°	5,0	RFL, HS, PS
	31.12.	-18:26	73°32,6'S 25°36,5'W	3359	232°	4,0	
402	31.12.	23:37-	73°34,0'S 27°59,8'W	3072	144°	6,3	HS, PS

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
402	01.01.	-04:32	74°11,0'S 26°24,0'W		144°	9,2	
	01.01.	04:52-	74°14,0'S 26°28,0'W		324°	9,1	HS, PS
	01.01.	-09:59	73°35,0'S 28°10,0'W	2943	324°	9,1	
	01.01.	10:18-	73°36,5'S 28°18,0'W	2996	144°	7,9	HS, PS
	01.01.	-15:51	74°18,0'S 26°30,0'W	2511	144°	9,2	
403	06.01.	09:13-	76°56,8'S 49°47,9'W	216	327°	1,5	AGT
	06.01.	-09:57	76°56,1'S 49°50,8'W	243	330°	0,8	
	06.01.	10:30-	76°55,8'S 49°50,6'W	242	035°	Stopp	GKG
	06.01.	-10:42	76°55,7'S 49°50,7'W	242	035°	Stopp	
404	07.01.	09:32-	76°56,8'S 49°44,5'W	220	315°	2,2	RFL
	07.01.	-19:00	76°30,4'S 52°29,9'W	373	242°	5,0	
405	07.01.	19:33-	76°31,1'S 52°35,1'W	378	245°	1,5	AGT
	07.01.	-20:36	76°31,6'S 52°39,7'W	378	245°	0,4	
	07.01.	20:56-	76°31,8'S 52°40,9'W	375	245°	0,9	AGT
	07.01.	-21:56	76°32,7'S 52°47,1'W	383	245°	0,9	
	07.01.	22:20-	76°32,0'S 52°49,4'W	389	050°	1,2	AGT
	07.01.	-23:19	76°31,4'S 52°45,8'W	385	050°	0,7	
	07.01.	23:51-	76°31,2'S 52°46,9'W	390	240°	Stopp	GKG
	08.01.	-00:05	76°31,2'S 52°47,1'W	390	240°	Stopp	
406	08.01.	01:45-	76°30,7'S 52°13,6'W	339	133°	5,0	RFL, HS, PS
	08.01.	-19:39	77°12,1'S 46°36,9'W	251	120°/034°	5,0	Wechsel Profillinie
	09.01.	-10:23	76°20,0'S 43°17,0'W	385			
407	12.01.	18:10-	75°28,4'S 27°01,2'W	230	355°	1,6	KGS

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
	12.01.	-19:07	75°27,3'S 27°02,3'W	244	355°	1,0	
	12.01.	19:26-	75°27,2'S 27°02,5'W	248	355°	1,5	AGT
	12.01.	-20:12	75°26,3'S 27°03,1'W	250	355°	1,0	
408	12.01.	20:18-	75°26,1'S 27°03,2'W	250	359°	4,8	HS, PS
	13.01.	-01:50	74°37,0'S 27°14,0'W	1289	356°	9,6	
	13.01.	01:50-	74°37,0'S 27°14,0'W	1289	328°	9,6	HS, PS
	13.01.	-04:12	74°19,0'S 27°56,0'W	2273	328°	9,2	
	13.01.	04:41-	74°17,0'S 27°43,8'W	2348	146°	8,2	HS, PS
	13.01.	-07:18	74°35,0'S 27°00,0'W	1239	146°	8,6	
	13.01.	07:36-	74°34,0'S 26°52,0'W	928	326°	8,2	HS, PS
	13.01.	-09:54	74°18,0'S 27°31,7'W	2407	329°	7,5	
409	13.01.	10:41-	74°14,3'S 27°17,8'W	2466	210°	Stopp	SL
	13.01.	-11:36	74°14,6'S 27°18,1'W	2457	205°	Stopp	
408	13.01.	12:25-	74°16,0'S 27°40,0'W	2378	325°	8,3	HS, PS
Forts.	13.01.	-16:00	73°51,0'S 28°42,0'W	2542	325°	8,4	
	13.01.	16:51-	73°47,3'S 28°30,1'W	2652	215°	Stopp	SL
	13.01.	-17:47	73°47,4'S 28°30,3'W	2653	205°	Stopp	
410	13.01.	18:10-	73°47,4'S 28°30,4'W	2652	205°	Stopp	GKG
	13.01.	-19:21	73°47,4'S 28°30,4'W	2652	205°	Stopp	
408	13.01.	20:08--	73°49,0'S 28°49,8'W	2633	325°	8,3	HS, PS
Forts.	13.01.	21:12	73°41,0'S 29°10,0'W	2949	325°	8,5	
	13.01.	22:39-	73°38,0'S 28°30,0'W	2989	143°	8,6	HS, PS
	14.01.	-05:33	74°24,0'S 26°26,0'W	1790	143°	8,6	
411	14.01.	06:52-	74°26,7'S 25°49,6'W	513	124°	1,6	KGS
	14.01.	-08:26	74°27,2'S 25°43,2'W	522	090°	0,6	
	14.01.	08:52-	74°27,2'S 25°42,4'W	523	150°	1,2	AGT
	14.01.	-10:42	74°28,6'S 25°39,0'W	533	150°	0,6	
412	14.01.	10:54-	74°28,7'S 25°39,7'W	534	310°	6,8	HS, PS
	14.01.	-14:20	74°02,0'S 26°16,0'W	2881	346°	8,3	
413	14.01.	15:36-	73°55,0'S 26°30,0'W	2957	150°	Stopp	GKG
	14.01.	-17:00	73°55,3'S 26°31,1'W	2957	130°	Stopp	
	14.01.	17:20-	73°55,3'S 26°31,5'W	2947	120°	Stopp	SL
	14.01.	-18:26	73°55,5'S 26°33,0'W	2940	095°	Stopp	
414	14.01.	18:38-	73°55,0'S 26°34,0'W	2932	325°	6,3	HS, PS
	14.01.	22:05	73°31,0'S 27°33,0'W	3144	046°	6,8	Wp 21
	14.01.	22:35	73°28,0'S 27°22,0'W	3168	150°	6,5	Wp 22
	15.01.	02:43	73°57,0'S 26°20,0'W	3010	029°	7,8	Wp 23
	15.01.	03:25	73°52,0'S 26°10,0'W	3072	329°	8,3	Wp 24
	15.01.	06:37	73°28,0'S 27°00,0'W	3128	270°	8,9	Wp 25
	15.01.	-07:22	73°28,0'S 27°20,5'W	3184	270°	Stopp	
415	15.01.	07:27-	73°28,0'S 27°20,5'W	3184	130°	Stopp	SL
	15.01.	-08:50	73°28,0'S 27°19,2'W	3184	155°	Stopp	
	15.01.	09:04-	73°28,0'S 27°18,8'W	3193	162°	Stopp	GKG
	15.01.	-10:38	73°28,0'S 27°18,0'W	3192	162°	Stopp	
416	15.01.	10:47-	73°27,9'S 27°17,3'W	3180	060°	7,5	HS, PS
	15.01.	11:48	73°23,0'S 26°50,0'W	3182	151°	8,9	Wp 27
	15.01.	13:30	73°41,0'S 26°15,0'W	3247	054°	12,2	Wp 28
	15.01.	13:55	73°38,0'S 26°00,0'W	3317	329°	12,6	Wp 29
	15.01.	-15:20	73°25,0'S 26°24,4'W	3120	128°	Stopp	

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
417	15.01.	15:22-	73°25,1'S 26°24,2'W	3120	128°	Stopp	GKG
	15.01.	-16:53	73°25,2'S 26°25,8'W	3113	131°	Stopp	
	15.01.	17:17-	73°25,2'S 26°25,8'W	3112	131°	Stopp	SL
	15.01.	-18:23	73°25,3'S 26°25,6'W	3111	111°	Stopp	
418	15.01.	18:33-	73°25,2'S 26°25,5'W	3111	325°	4,4	HS, PS, ab Wp 30
	15.01.	-19:12	73°20,0'S 26°35,0'W	3221	325°	9,3	
	15.01.	19:32-	73°22,0'S 26°40,0'W	3184	150°	9,0	HS, PS, ab Wp 32
	15.01.	20:48	73°32,0'S 26°21,0'W	3144	090°	8,0	Wp 33
	15.01.	-21:39	73°32,0'S 25°56,0'W	3429	090°	7,5	
419	15.01.	21:48-	73°32,1'S 25°55,7'W	3662	110°	Stopp	SL
	15.01.	-22:57	73°32,3'S 25°55,4'W	3435	072°	Stopp	
	15.01.	23:21-	73°32,3'S 25°55,1'W	3436	072°	Stopp	GKG
	16.01.	-00:54	73°32,3'S 25°54,4'W	3436	077°	Stopp	
420	16.01.	00:55-	73°32,3'S 25°54,4'W	3436	077°	Stopp	HS, PS, Wp 35-36
	16.01.	-01:58	73°30,0'S 25°26,0'W	3372	077°	8,6	
421	16.01.	02:48-	73°30,9'S 25°30,3'W	3404	234°	5,0	RFL
	16.01.	17:26	74°13,0'S 29°04,7'W	2000	210°	5,0	Treibeisfeld
	16.01.	18:47	74°18,6'S 29°17,0'W	1773	238°	5,0	
	17.01.	01:00	74°34,1'S 30°55,0'W	511	234°	5,0	
	17.01.	01:50	74°37,1'S 30°50,0'W	500	131°	5,0	
	17.01.	09:03	75°00,0'S 29°12,0'W	389	135°	5,0	Wp 38
	17.01.	-09:32	75°01,4'S 29°06,5'W	390	132°	2,0	
422	17.01.	20:43-	75°12,0'S 27°51,2'W	445	150°	1,9	KGS
	17.01.	-21:52	75°13,3'S 27°47,0'W	413	150°	0,7	
	17.01.	22:06-	75°13,4'S 27°46,4'W	414	150°	1,5	AGT
	17.01.	-23:15	75°14,3'S 27°42,9'W	397	150°	0,6	
423	18.01.	08:06-	75°49,9'S 27°31,7'W	467	230°	1,6	AGT
	18.01.	-09:05	75°50,7'S 27°35,3'W	471	223°	0,6	
	18.01.	09:18-	74°50,8'S 27°35,8'W	473	221°	1,5	KGS
	18.01.	-10:39	74°51,5'S 27°40,3'W	475	223°	0,6	
424	18.01.	10:48-	74°51,3'S 27°41,3'W	475	338°	7,5	HS, PS
	18.01.	-13:28	74°30,1'S 28°11,1'W	1945	178°	Stopp	
425	18.01.	13:30-	74°30,1'S 28°11,1'W	1943	178°	Stopp	GKG
	18.01.	-14:26	74°30,2'S 28°11,1'W	1942	180°	Stopp	
	18.01.	14:45-	74°30,1'S 28°11,2'W	1936	180°	Stopp	SL
	18.01.	-15:34	74°30,1'S 28°12,0'W	1921	180°	Stopp	
426	18.01.	15:34-	74°30,1'S 28°12,0'W	1921	279°	9,0	HS, PS
					div.	-9,0	
	18.01.	-19:44	74°25,0'S 29°28,9'W	1427	270°	1,9	
427	18.01.	19:49-	74°25,0'S 29°29,1'W	1426	190°	Stopp	SL
	18.01.	-20:24	74°24,8'S 29°28,7'W	1434	180°	Stopp	
	18.01.	20:35-	74°24,7'S 29°28,6'W	1439	180°	Stopp	GKG
	18.01.	-21:17	74°24,5'S 29°28,0'W	1453	180°	Stopp	
428	18.01.	21:35-	74°23,9'S 29°28,8'W	1475	360°	9,4	HS, PS
	19.01.	-02:14	73°42,0'S 29°20,0'W	2881	008°	9,6	
429	19.01.	02:14-	73°42,0'S 29°20,0'W	2881	017°	9,6	HS, PS
	19.01.	-08:44	73°02,0'S 28°29,0'W	3681	090°	7,0	
430	19.01.	08:52-	73°02,2'S 28°28,3'W	3674	193°	Stopp	GKG
	19.01.	-10:32	73°02,4'S 28°28,1'W	3672	180°	Stopp	
	19.01.	10:53-	73°02,4'S 28°28,1'W	3673	182°	Stopp	SL

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
430	19.01.	-12:30	73°02,5'S 28°27,9'W	3684	182°	Stopp	
431	19.01.	12:30-	73°02,5'S 28°27,9'W	3684	157°	8,2	HS, PS
					div.	~9,0	
	19.01.	-19:17	73°42,1'S 27°23,2'W	2829	090°	2,0	
432	19.01.	19:19-	73°42,1'S 27°23,1'W	2813	185°	Stopp	SL
	19.01.	-20:22	73°42,1'S 27°22,5'W	2817	178°	Stopp	
	19.01.	20:36-	73°42,1'S 27°22,2'W	2818	180°	Stopp	GKG
	19.01.	-21:51	73°41,9'S 27°20,7'W	2824	186°	Stopp	
433	19.01.	22:31-	73°41,9'S 27°18,7'W	2826	101°	5,0	Magnetik
	20.01.	08:31	73°42,0'S 22°00,6'W	267	090°	5,0	
434	20.01.	09:06-	73°42,0'S 21°51,2'W	249	090°	2,0	KGS
	20.01.	-09:56	73°42,0'S 21°47,8'W	257	090°	0,6	
434	20.01.	10:07-	73°42,0'S 21°47,5'W	253	090°	1,3	AGT
	20.10.	-11:15	73°41,9'S 21°46,1'W	256	090°	1,2	
435	20.01.	11:21-	73°41,8'S 21°45,3'W	255	040°	7,0	HS, PS
	20.01.	-18:30	72°50,7'S 19°22,9'W	402	075°	5,0	
436	20.01.	20:02-	72°51,2'S 19°21,0'W	388	315°	2,0	RFL
	20.01.	20:43-	72°48,2'S 19°31,8'W	833	315°	7,0	RFL, Magnetik
	21.01.	09:00	71°47,0'S 22°47,4'W	3197	225°	7,0	Wp 27
	21.01.	09:43	71°50,5'S 22°57,6'W	4239	132°	7,0	Wp 28
	21.01.	-21:51	72°47,1'S 19°33,7'W	1386	146°	5,0	Magnetik Ende
	21.01.	-22:05	72°48,4'S 19°30,1'W	584	138°	7,0	RFL Ende
437	21.01.	22:50-	72°51,3'S 19°21,2'W	389	270°	2,0	KGS
	21.01.	-23:53	72°50,7'S 19°25,2'W	426	270°	0,5	
438	22.01.	00:50-	72°50,3'S 19°32,8'W	510	250°	5,0	RFL, HS, PS
	22.01.	-01:41	72°51,4'S 19°46,6'W	1624	265°	5,0	
439	22.01.	01:41	72°51,4'S 19°46,6'W	1624	325°	5,0	RFL, HS, PS
	22.01.	-03:46	72°42,4'S 20°06,5'W	3120	325°	5,2	
440	22.01.	03:46	72°42,4'S 20°06,5'W	3120	285°	5,2	RFL, HS, PS
	22.01.	-07:45	72°37,3'S 21°08,8'W	3061	285°	5,0	
441	22.01.	08:36	72°36,7'S 21°05,1'W	3643	065°	5,0	RFL, HS, PS
	23.01.	-2:32	71°48,0'S 17°00,0'W	2429	063°	5,0	
442	23.01.	02:32-	71°48,0'S 17°00,0'W	2429	039°	5,0	RFL, HS, PS
	23.01.	-11:58	71°11,6'S 15°27,7'W	2408	042°	5,0	
	23.01.	14:03-	71°15,8'S 15°38,3'W	2387	039°	5,0	RFL, HS, PS
	23.01.	-19:48	70°52,9'S 14°48,0'W	2538	080°	5,0	
443	23.01.	20:55-	70°51,1'S 14°38,8'W	2392	069°	4,5	Magnetik, HS, PS
	24.01.	01:56	70°30,0'S 12°45,0'W	2296	065°/270°	9,1	Wp 2
	24.01.	03:49	70°30,0'S 13°29,0'W	2475	270°/360°	9,1	Wp 3
	24.01.	04:07	70°27,4'S 13°28,9'W	2561	360°/090°	9,4	Wp 4
	24.01.	05:45	70°27,4'S 12°45,3'W	2403	090°/360°	9,1	Wp 5
	24.01.	06:06	70°24,7'S 12°45,0'W	2354	360°/270°	7,9	Wp 6
	24.01.	08:03	70°24,7'S 13°34,0'W	2821	285°	8,6	Wp 7
	24.01.	-09:46	70°20,7'S 14°17,5'W	4413	285°	4,0	
444	24.01.	10:24-	70°20,2'S 14°25,0'W	4470	207°	Stopp	SL
	24.01.	-11:52	70°20,6'S 14°25,1'W	4460	215°	Stopp	
445	24.01.	12:03-	70°20,0'S 14°25,1'W	4460	329°	4,0	HS, PS
	24.01.	-14:40	70°00,1'S 15°00,5'W	4739	200°	Stopp	
446	24.01.	14:41-	70°00,1'S 15°00,5'W	4739	200°	Stopp	SL
	24.01.	-16:12	70°00,5'S 14°59,4'W	4739	200°	Stopp	

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
446	24.01.	16:28-	70°00,5'S 14°59,1'W	4739	200°	Stopp	GKG
	24.01.	-18:29	70°01,0'S 14°57,9'W	4737	200°	Stopp	
447	24.01.	18:39-18:51	70°01,1'S 14°57,1'W	4738	090°	5,0	XBT
448	24.01.	18:39-	70°01,1'S 14°57,1'W	4738	097°	5,0	HS, PS
	24.01.	19:09-	70°01,0'S 14°49,7'W	4741	097°	6,0	Magnetik
449	24.01.	19:32	70°01,9'S 14°45,0'W	4740	220°	5,5	XBT (Wdh.)
448	25.01.	-02:43	70°05,8'S 12°45,0'W	4143	097°	8,9	Profilende
450	25.01.	03:03-	70°05,8'S 12°45,0'W	4184	270°	9,0	HS, PS, Magnetik
	25.01.	03:29	70°05,8'S 12°57,0'W	4372	270°/180°	9,3	Wp 11
	25.01.	03:49	70°08,5'S 12°57,0'W	4339	180°/090°	9,2	Wp12
	25.01.	04:18	70°08,5'S 12°45,3'W	3601	090°/180°	8,9	Wp 13
	25.01.	04:37	70°11,2'S 12°45,0'W	3178	270°	8,3	Wp 14
	25.01.	06:35	70°11,8'S 13°35,0'W	4342	270°/180°	8,3	Wp 15
	25.01.	06:56	70°13,9'S 13°35,0'W	4337	090°	8,4	Wp 16
	25.01.	08:44	70°13,9'S 12°45,0'W	2785	090°/180°	9,0	Wp 17
	25.01.	09:15	70°16,6'S 12°45,0'W	2635	180°/270°	7,6	Wp 18
	25.01.	11:12	70°16,6'S 13°30,0'W	4197	270°/180°	8,0	Wp 19
	25.01.	11:58	70°19,3'S 13°30,0'W	4000	090°	8,6	Wp 20
	25.01.	13:40	70°19,3'S 12°45,0'W	2421	090°/180°	8,2	Wp 21
	25.01.	14:05	70°22,0'S 12°45,0'W	2352	180°/270°	5,8	Wp 22
	25.01.	16:13	70°22,0'S 13°35,0'W	3049	270°/310°	8,2	Wp 24
	25.01.	16:41	70°20,1'S 13°45,0'W	4327	301°/223°	8,0	Wp 25
	25.01.	18:18	70°29,0'S 14°10,0'W	3135	223°/270°	7,2	Wp 26
	25.01.	-20:15	70°28,6'S 19°55,3'W	4595	252°	3,2	
451	25.01.	20:51-	70°30,0'S 15°00,0'W	4608	211°	Stopp	SL
	25.01.	-22:20	70°29,8'S 14°59,9'W	4603	210°	Stopp	
452	25.01.	22:47-	70°28,4'S 14°57,2'W	4615	020°	6,0	HS, PS, Magnetik, Gravimetrie
	26.01.	-02:29	70°00,0'S 14°00,0'W	4684	035°	9,4	
453	26.01.	02:46-	70°00,0'S 14°00,0'W	4684	144°	7,7	HS, PS, Magnetik
	26.01.	-1:36	71°03,0'S 11°44,0'W	364	151°	5,0	
454	26.01.	11:57-	71°04,3'S 11°41,8'W	296	195°	2,0	GKG
	26.01.	-12:56	71°05,4'S 11°41,4'W	236	195°	0,6	
	26.01.	13:18-	71°05,9'S 11°41,3'W	214	195°	2,0	AGT
	26.01.	-14:00	71°06,6'S 11°40,7'W	188	195°	0,5	
455	26.01.	14:55-	71°03,1'S 11°45,5'W	430	225°	Stopp	AWI 214 z.W.
	26.01.	-15:17	71°03,0'S 11°45,7'W	467	225°	Stopp	
456	26.01.	17:10-	71°15,0'S 12°00,0'W	175	230°	2,0	AGT
	26.01.	-17:41	71°15,4'S 12°01,5'W	204	233°	0,5	
	26.01.	17:58-	71°15,4'S 12°01,8'W	200	233°	2,0	KGS
	26.01.	-18:37	71°15,7'S 12°03,6'W	243	233°	0,5	
457	26.01.	20:40-	71°12,5'S 12°06,8'W	262	305°	5,0	RFL, Magnetik
		06:33				7,0	Magnetik defekt
	27.01.	08:58	70°07,0'S 14°43,0'W	4734	322°/239°	7,0	Wp 32
	27.01.	09:17	70°07,9'S 14°47,8'W	4735	239°	5,3	Magnetik z.W.
	27.01.	13:09	70°21,0'S 15°53,0'W	4702	2239°/139°	6,9	Wp 33
	27.01.	22:05					Magnetik a.W.
	28.01.	02:26	71°26,0'S 12°50,0'W	287	139°/051°	6,9	Wp 36
	28.01.	-03:35	71°20,8'S 12°31,5'W	331	051°	4,4	
	28.01.	06:43-	71°14,8'S 12°07,0'W	263	051°	7,0	RFL

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position		Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
457	28.01.	10:08	71°00,0'S	11°10,0'W	414	051°/062°	7,0	Wp 37
	28.01.	-13:51	70°48,0'S	10°00,0'W	423	062°/246°	7,0	
458	28.01.	14:03-	70°48,1'S	09°58,8'W	429	246°	9,2	HS, PS
	28.01.	1 -6:14	70°57,8'S	11°08,9'W	361	246°	3,2	
459	28.01.	16:16-	70°57,8'S	11°09,2'W	361	245°	2,0	KGS
	28.01.	-17:15	70°58,3'S	11°12,8'W	380	241°	0,5	
	28.01.	17:22-	70°58,3'S	11°13,1'W	384	220°	2,0	AGT
	28.01.	1 -8:08	70°59,1'S	11°14,6'W	404	220°	0,5	
460	28.01.	18:10-	70°59,1'S	14°14,7'W	408	229°	12,0	HS, PS
	28.01.	-21:02	71°21,2'S	12°32,2'W	435	232°	2,0	
461	28.01.	21:45-	71°22,3'S	12°35,9'W	473	235°	5,0	HS, PS
	28.01.	22:56-	71°26,0'S	12°50,0'W	302	235°/317°	5,0	RFL, HS, PS, Wp40
	29.01.	01:31	71°17,6'S	13°15,1'W	231	317°/333°	5,0	Wp 41
	29.01.	10:06	70°40,4'S	14°13,6'W	3803	333°/313°	5,0	Wp 42
	29.01.	-15:46	70°23,0'S	15°12,5'W	4696	045°	5,0	
	29.01.	18:18-	70°22,4'S	14°54,8'W	4666	248°	5,0	RFL, HS, PS, Profil Wp 44/45
	29.01.	18:55	70°23,5'S	15°03,0'W	~4660	248°	5,0	Wp 44
461	29.01.	19:33	70°24,8'S	15°12,0'W	~4660	248°	5,0	alte Profilinie
	29.01.	-22:26	70°30,0'S	15°52,0'W	4686	250°	5,0	Wp 45
	29.01.	23:11	70°30,0'S	15°52,0'W	4683	146°	5,0	
	30.01.	05:54	70°57,5'S	14°53,0'W	2758	145°	5,0	
	30.01.	06:47-	70°57,6'S	14°53,2'W	2760	039°	5,0	RFL, HS, PS, Profil Wp 46/47
	30.01.	08:48	70°49,9'S	14°34,1'W	2381	039°/038°	5,0	Wp 47
	30.01.	16:40	70°19,0'S	13°22,4'W	2999	038°/326°	5,0	Wp 48
	30.01.	18:25	70°11,9'S	13°36,3'W	4346	326°/300°	5,0	
	30.01.	18:57	70°10,5'S	13°42,7'W	4395	300°/230°	5,0	
	30.01.	20:27	70°15,4'S	13°59,4'W	4338	220°/146°	5,0	Wp 02
	31.01.	02:23	70°40,0'S	13°10,0'W	2463	146°/059°	5,0	Wp 03, Wechsel array
	31.01.	04:19	70°35,0'S	12°45,4'W	2183	059°/323°	5,0	Wp 04
	31.01.	-07:08	70°24,0'S	13°10,0'W	2673	323°	5,0	
	31.01.	08:02-	70°23,6'S	13°07,7'W	2636	246°	5,0	RFL, HS, PS
	31.01.	08:12	70°24,0'S	13°10,0'W	2660	246°	5,0	Wp 5
	31.01.	13:07	70°34,0'S	14°17,0'W	3028	246°/291°	5,0	Wp 6
	31.01.	13:59	70°32,5'S	14°29,0'W	4336	291°/297°	5,0	Wp 7
	31.01.	14:47	70°30,6'S	14°40,0'W	4454	297°	5,0	Wp 8
	31.01.	16:44	70°30,6'S	14°54,9'W	4565	129°	5,0	Wp 9
	31.01.	17:49	70°34,0'S	14°42,2'W	4446	131°	5,0	Wp 10
	31.01.	18:38	70°36,6'S	14°33,3'W	4328	109°	5,0	Wp 11
	31.01.	18:56	70°37,1'S	14°29,0'W	4268	124°	5,0	Wp 12
	31.01.	20:02	70°40,2'S	14°15,0'W	3797	124°/149°	5,0	Wp 13
	31.01.	20:50	70°43,6'S	14°08,7'W	3455	149°/144°	5,0	Wp 14
	31.01.	21:50	70°47,6'S	14°00,0'W	2577	144°/180°	5,0	Wp 15
	31.01.	22:30	70°51,0'S	14°00,0'W	2455	180°/243°	5,0	Wp 16
	01.02.	08:28	71°13,0'S	16°15,0'W	2725	243°	5,0	Wp 17
	01.02.	-08:36	71°13,5'S	16°16,5'W	2714	243°	5,0	
462	01.02.	09:36-	71°11,7'S	16°23,7'W	2800	328°	5,0	HS, PS, Magnetik
	01.02.	16:20	70°30,1'S	18°30,0'W	4550	314°/180°	9,0	Wp 18

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
462	01.02.	22:46	71°30,0'S 18°30,0'W	4126	180°/308°	9,6	Wp 19
	02.02.	03:41	71°02,5'S 20°20,0'W	4437	308°/304°	9,2	Wp 20
	02.02.	04:40	70°57,5'S 20°42,5'W	4344	304°/223°	9,1	Wp 21
	02.02.	05:24	71°02,3'S 20°56,5'W	4300	223°/180°	8,6	Wp 22
	02.02.	-05:57	71°07,3'S 20°56,5'W	4288	180°/118°	6,0	
	02.02.	06:20-	71°08,0'S 20°52,5'W	4420	118°/051°	5,0	HS, PS
463	02.02.	-08:24	71°05,8'S 20°46,04'W	4445	086°	Stopp	
	02.02.	10:25-	71°05,1'S 20°45,6'W	4439	005°	Stopp	AWI 213 z.W.
	02.02.	-13:03	71°05,8'S 20°47,1'W	4446	089°	Stopp	
464	02.02.	15:10-	71°07,9'S 20°47,0'W	4440	179°	5,0	RFL, HS, PS, Magnetik (ab 17:14)
	02.02.	23:42	71°49,8'S 20°48,4'W	4168	180°/283°	5,0	Wp 25
	03.02.	16:39	71°30,0'S 25°10,0'W	4183	238°/285°	5,0	Wp 26
	04.02.	03:30	71°15,0'S 26°00,0'W	4158	056°/105°	5,0	Wp 28
465	04.02.	10:45	71°24,1'S 24°11,1'W	4252	105°	5,0	XBT
464	04.02.	13:30	71°27,5'S 23°29,5'W	4184	105°/199°	5,0	
Forts.	04.02.	18:29	71°50,0'S 23°55,0'W	4118	199°/197°	5,0	Wp 30
	04.02.	20:21	71°59,0'S 24°04,0'W	3966	197°/090°	5,0	Wp 31
	05.02.	01:41	72°00,0'S 22°40,0'W	4482	090°/024°	5,0	Wp 32
	05.02.	03:12	71°53,0'S 22°30,0'W	4268	024°/283°	5,0	Wp 33
	05.02.	16:38	71°38,0'S 26°00,0'W	4053	283°/283°	5,0	Wp 34
	05.02.	17:55	71°36,6'S 26°20,0'W	4022	283°/183°	5,0	Wp 35
	06.02.	06:39	72°40,0'S 26°30,3'W	3638	183°/224°	5,0	Wp 36
	06.02.	15:00	73°10,0'S 28°10,0'W	3529	224°/317°	5,0	Wp 37
	07.02.	00:25	72°35,6'S 29°59,3'W	3930	317°/180°	5,0	Wp 38
	07.02.	02:22	72°45,0'S 30°00,0'W	3843	180°/140°	5,0	Wp 39
	07.02.	10:18	73°15,2'S 28°34,2'W	3441	140°/226°	5,0	Wp 40
466	07.02.	19:22	73°15,6'S 28°33,5'W	3431	170°	5,0	XBT
464	07.02.	20:00	73°49,3'S 30°29,4'W	2539	226°/127°	5,0	
Forts.	08.02.	01:03	73°54,1'S 29°03,6'W	2481	090°/180°	5,0	
	08.02.	05:15	74°14,1'S 28°52,4'W	2008	180°/090°	5,0	
	08.02.	07:30	74°15,0'S 28°12,0'W	2184	090°/038°	5,0	Wp 41
	08.02.	11:45	73°58,5'S 27°25,0'W	2687	038°/046°	5,0	Wp 42
467	08.02.	12:39	73°55,4'S 27°13,3'W	2769	046°	5,0	XBT
464	08.02.	14:28	73°49,0'S 26°50,0'W	3013	046°/071°	5,0	Wp 43
Forts.	08.02.	16:57	73°45,0'S 26°09,0'W	3207	071°	5,0	Wp 44
	08.02.	17:07	73°44,7'S 26°06,3'W	3188	071°/217°	5,0	
	08.02.	22:16	74°04,0'S 27°00,0'W	2667	217°/205°	5,0	Wp 45
	09.02.	01:54	74°20,0'S 27°28,3'W	2317	205°/228°	5,0	Wp 46
	09.02.	04:53	74°30,0'S 28°10,0'W	1938	228°/090°	5,0	Wp 47
	09.02.	06:30	74°30,0'S 27°40,0'W	1939	090°/039°	5,0	Wp 48
	09.02.	13:14	74°04,1'S 26°22,0'W	2861	039°/144°	5,0	Wp 01
	09.02.	-17:00	74°19,3'S 25°41,2'W	1157	144°	5,0	
468	09.02.	20:29-	74°42,7'S 26°19,8'W	480	197°	2,0	KGS
	09.02.	-21:40	74°43,9'S 26°21,0'W	470	215°	0,5	
	09.02.	21:48	74°44,0'S 26°21,2'W	468	209°	1,5	AGT
	09.02.	-22:42	74°44,7'S 26°22,6'W	460	210°	0,5	
469	09.02.	22:50-	74°44,8'S 26°23,2'W	459	279°	6,5	HS, PS
	10.02.	-13:28	74°16,0'S 34°11,0'W	1134	320°	7,2	
470	10.02.	13:36-	74°16,3'S 34°11,1'W	1096	140°	2,0	AGT

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
470	10.02.	-15:44	74°18,4'S 34°05,5'W	871	140°	1,0	
	10.02.	16:28-	74°16,4'S 34°09,9'W	1087	105°	1,5	KGS
	10.02.	-18:21	74°17,8'S 34°02,3'W	936	130°	1,0	
471	10.02.	18:30-	74°17,8'S 34°01,2'W	940	360°	7,5	HS, PS
	11.02.	-03:45	73°29,5'S 36°50,0'W	2718	320°	0,0	
	11.02.	03:45	73°29,5'S 36°50,0'W	2718	320°	0,0	HS, PS, SEG
	11.02.	-08:40	73°19,2'S 34°59,6'W	2886	090°/030°	9,0	
	11.02.	08:40	73°19,2'S 34°59,6'W	2886	030°	9,0	HS, PS
	11.02.	-09:57	73°09,8'S 34°39,9'W	3156	020°	6,0	
472	11.02.	10:12	73°09,7'S 34°39,8'W	3140	018°	Stopp	SL
	11.02.	-11:18	73°09,9'S 34°40,0'W	3167	022°	Stopp	
	11.02.	11:38	73°09,9'S 34°40,0'W	3166	022°	Stopp	GKG
	11.02.	-12:59	73°10,0'S 34°40,0'W	3162		Stopp	
473	11.02.	15:08-	73°19,4'S 34°46,1'W	3002	200°	5,4	RFL, HS, PS
	11.02.	17:35	73°31,3'S 34°48,3'W	2992	200°/135°	5,0	Wp 02
	11.02.	19:00	73°36,8'S 34°33,4'W	2893	135°/176°	5,0	
	11.02.	20:40	73°45,3'S 34°29,2'W	2669	176°/201°	5,0	
	11.02.	22:29	73°53,3'S 34°42,0'W	2476	201°/210°	5,0	
	11.02.	23:08	73°56,0'S 34°46,5'W	2405	210°/230°	5,0	
	12.02.	00:21	73°59,8'S 35°02,1'W	2314	230°/203°	5,0	
	12.02.	-20:36	75°25,2'S 36°09,7'W	476	229°	5,0	
474	12.02.	21:27-	75°26,6'S 36°11,5'W	478	003°	9,9	HS, PS
	13.02.	-03:15	76°06,0'S 37°51,0'W	611	270°	2,4	
	13.02.	22:03-	76°51,2'S 49°24,8'W	282	260°	2,0	KGS
475	13.02.	-22:56	76°51,4'S 49°28,7'W	283	258°	1,0	
	13.02.	23:05-	76°51,4'S 49°28,3'W	283	088°	1,5	AGT
	13.02.	-23:50	76°51,7'S 49°24,9'W	282	099°	1,0	
476	14.02.	00:00-	76°51,6'S 49°24,3'W	283	220°	5,7	HS, PS
	14.02.	-00:40	76°55,5'S 49°40,9'W	257	220°	8,5	
	14.02.	00:40-	76°55,5'S 49°40,9'W	257	309°	8,5	HS, PS
	14.02.	-08:00	76°28,5'S 53°01,9'W	425	285°	2,5	
477	14.02.	08:05-	76°28,3'S 53°02,1'W	429	302°	1,5	AGT
	14.02.	-09:03	76°27,8'S 53°05,2'W	444	297°	0,5	
	14.02.	09:29-	76°27,6'S 53°06,7'W	443	297°	1,8	KGS
	14.02.	-10:31	76°27,4'S 53°10,3'W	456	306°	0,5	
478	14.02.	10:36-	76°27,4'S 53°10,2'W	456	337°	3,2	HS, PS
	14.02.	12:35	76°12,5'S 53°33,0'W	457	317°/304°	8,8	
	14.02.	-19:00	75°40,4'S 56°36,8'W	345	240°	2,0	
479	14.02.	19:01	75°40,4'S 56°36,8'W	345	240°	2,0	KGS
	14.02.	-20:00	75°40,6'S 56°41,0'W	343	240°	0,7	
	14.02.	20:15-	75°40,6'S 56°41,7'W	345	240°	1,1	AGT
	14.02.	-21:20	75°41,4'S 56°43,9'W	345	233°	0,6	
480	14.02.	21:28-	75°41,5'S 56°44,4'W	345	313°	5,5	HS, PS
	15.02.	-08:00	74°45,6'S 61°07,3'W	626	350°	2,0	
481	15.02.	08:00-	74°45,6'S 61°07,3'W	626	350°	2,0	AGT
	15.02.	-09:13	74°44,0'S 61°07,4'W	625	350°	0,5	
	15.02.	09:26-	74°43,9'S 61°08,6'W	623	350°	1,0	KGS
	15.02.	-10:40	74°42,9'S 61°09,3'W	626	353°	0,5	
482	15.02.	11:21-	74°42,3'S 61°09,6'W	615	020°	6,0	HS, PS
	15.02.	-15:00	74°21,7'S 60°36,1'W	533	040°	Stopp	

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
483	15.02.	15:46-	74°21,8'S 60°36,6'W	532	200°	3,4	HS, PS
	15.02.	20:38-	74°47,2'S 60°43,2'W	638	136°	3,3	RFL, HS, PS
	16.02.	09:52	75°28,3'S 57°25,9'W	502	130°/037°	5,0	
	16.02.	15:44	75°07,4'S 56°10,6'W	489	045°/090°	5,0	
	16.02.	-18:13	75°15,3'S 55°54,2'W	449	195°	5,0	
484	16.02.	19:00-	75°16,5'S 55°56,8'W	446	213°	2,0	KGS
	16.02.	-20:02	75°17,6'S 56°00,1'W	448	196°	1,0	
	16.02.	20:16-	75°17,5'S 56°00,0'W	447	185°	1,2	AGT
	16.02.	-21:11	75°18,5'S 55°59,6'W	440	185°	0,9	
485	16.02.	21:15-	75°18,6'S 55°59,6'W	436	142°	4,6	HS, PS
	17.02.	-07:01	76°29,5'S 52°12,4'W	348	137°	3,4	
486	17.02.	07:08-	76°29,7'S 52°11,4'W	342	145°	2,0	KGS
	17.02.	-08:05	76°30,6'S 52°07,8'W	332	141°	0,7	
	17.02.	08:14-	76°30,7'S 52°07,3'W	331	142°	1,4	AGT
	17.02.	-09:07	76°31,3'S 52°04,5'W	330	142°	0,6	
487	17.02.	09:10-	76°31,4'S 52°04,3'W	331	170°	3,2	HS, PS
	17.02.	-12:23	76°52,3'S 49°56,6'W	275	120°	10,8	
488	18.02.	21:32-	76°57,7'S 49°46,2'W	228	090°	4,0	HS, PS
	19.02.	02:13	76°51,3'S 46°04,7'W	322	090°/039°	11,9	
	19.02.	11:08	76°01,5'S 42°33,6'W	388	015°/096°	10,0	
	20.02.	09:27	75°30,6'S 27°23,8'W	258	082°/357°	7,5	
	20.02.	14:56	74°43,5'S 27°13,0'W	381	357°/044°	9,0	Wp 2
	20.02.	15:26	74°40,0'S 27°00,0'W	413	044°/028°	9,6	Wp 3
	20.02.	16:36	74°30,0'S 26°40,0'W	975	028°/028°	9,5	Wp 4
	20.02.	17:47	74°20,0'S 26°20,0'W	2366	028°/054°	9,6	Wp 5
	20.02.	19:02	74°13,0'S 25°45,0'W	2371	054°/339°	9,5	Wp 6
	20.02.	20:33	74°00,0'S 26°03,0'W	2846	339°/005°	8,8	Wp 7
	20.02.	21:50	73°50,0'S 26°00,0'W	3031	005°/048°	6,0	Wp 8
	20.02.	23:03	73°45,0'S 25°40,0'W	3124	048°/090°	6,3	Wp 9
	21.02.	03:40	73°45,0'S 24°00,0'W	1846	090°/076°	6,3	Wp 10
	21.02.	-06:00	73°41,9'S 23°15,0'W	996	076°	5,3	Wp 11
489	21.02.	06:33-	73°41,6'S 23°13,9'W	967	090°	2,0	AGT
	21.02.	-08:40	73°41,4'S 23°05,1'W	975	121°	0,7	
488	21.02.	09:01-	73°41,3'S 23°04,7'W	938	105°	5,0	HS, PS
Forts.	21.02.	09:50	73°42,0'S 22°43,3'W	655	086°	2,0	Wp 12
490	21.02.	09:52-	73°42,0'S 22°43,3'W	659	090°	2,0	KGS
	21.02.	-11:00	73°42,1'S 22°38,8'W	609	082°	0,5	
488	21.02.	11:00-	73°42,1'S 22°38,8'W	609	082°	0,5	HS, PS
Forts.	21.02.	-11:33	73°41,9'S 22°28,4'W	404	086°	2,0	Wp 13
491	21.02.	11:35-	73°41,9'S 22°28,2'W	401	086°	2,0	KGS
	21.02.	-12:32	73°41,8'S 22°24,3'W	367	091°	0,5	
488	21.02.	12:36	73°41,8'S 22°23,9'W	361	090°	~9,0	HS, PS
Forts.	21.02.	-13:49	73°41,9'S 21°46,8'W	255	090°	2,7	
492	21.02.	13:49	73°41,9'S 21°46,8'W	255	090°	2,0	AGT
	21.02.	-14:46	73°42,0'S 21°43,9'W	252	085°	0,5	
488	21.02.	14:52	73°41,9'S 21°43,5'W	252	037°	~13,0	HS, PS
Forts.	21.02.	-20:17	72°52,5'S 19°06,3'W	415	116°	7,9	
493	22.02.	14:48-	72°50,0'S 19°24,7'W	444	344°	9,4	HS, PS
	22.02.	15:57	72°40,0'S 19°30,0'W	2764	318°	9,1	Wp 2
	22.02.	19:02	72°20,0'S 20°30,0'W	3710	318°/033°	9,4	Wp 3

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position	Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
493	23.02.	01:30	71°30,0'S 18°45,0'W	4150	033°/360°	9,5	Wp 4
	23.02.	03:09	71°15,0'S 18°45,0'W	4385	360°/064°	9,2	Wp 5
	23.02.	10:31	70°45,0'S 15°40,0'W	4147	080°/060°	12,2	Wp 6
	23.02.	11:15	70°40,6'S 15°17,0'W	3268	060°/142°	11,4	Wp 7
	23.02.	12:16	70°50,0'S 14°55,2'W	2630	142°/217°	11,4	Wp 8
	23.02.	13:02	70°57,0'S 15°11,0'W	3129	217°/305°	11,3	Wp 9
	23.02.	14:05	70°49,7'S 15°42,4'W	3390	305°	12,1	Wp 10
	23.02.	15:12-	70°48,8'S 15°38,4'W	3346	056°	5,0	RFL, HS, PS
	23.02.	-15:52	70°46,7'S 15°32,2'W	3324	056°	5,0	
	23.02.	17:34-	70°49,7'S 15°42,8'W	3343	056°	5,0	RFL, HS, PS
	23.02.	18:33	70°47,0'S 15°30,0'W	3294	056°/326°	5,0	Wp 11
	23.02.	19:43	70°42,0'S 15°40,0'W	4488	326°/054°	5,0	Wp 12
	23.02.	23:48	70°30,0'S 14°50,0'W	5693	054°/054°	5,0	Wp 13
	24.02.	00:07	70°29,0'S 14°46,7'W		054°/326°	5,0	
	24.02.	01:23	70°25,1'S 15°00,0'W	4648	326°/228°	5,0	Wp 14
	24.02.	06:41	70°43,0'S 16°00,0'W	4553	228°/143°	5,0	Wp 15
	24.02.	-08:20	70°49,5'S 15°45,0'W	3546	143°	5,0	Wp 16
	24.02.	09:41-	70°49,5'S 15°45,0'W	3512	139°	5,0	RFL, HS, PS
	24.02.	16:13	71°14,0'S 14°40,0'W	2346	139°/050°	5,0	Wp 17
	25.02.	02:19	70°40,1'S 12°48,0'W	2364	050°/138°	5,0	Wp 18
	25.02.	-06:00	70°53,8'S 12°09,9'W	1753	138°	2,0	RFL Ende
	25.02.	-08:00	71°02,5'S 11°45,7'W	567	115°	3,9	HS, PS Ende
494	25.02.	08:08-	71°02,7'S 11°45,0'W	471	121°	0,0	Aufn. AWI 203
	25.02.	-09:00	71°02,9'S 11°45,2'W	468	050°	1,0	
	25.02.	09:23-	71°02,0'S 11°44,7'W	707	050°	0,0	Aufn. KN3
	25.02.	-10:01	71°02,1'S 11°45,2'W	745	360°	0,0	
495	25.02.	10:01-	71°02,1'S 11°45,2'W	745	360°	0,0	HS, PS
	25.02.	10:19-	71°01,6'S 11°43,9'W	669	050°	3,0	RFL, HS, PS
	25.02.	20:32	70°34,2'S 08°58,0'W	467	060°/026°	6,4	
	26.02.	02:53	70°00,0'S 08°08,2'W	1330	026°/181°	5,6	Wp 22
	26.02.	-08:52	70°35,0'S 08°08,7'W	120	180°	3,8	
496	26.02.	15:16-	70°37,9'S 08°06,7'W	72	120°	2,0	AGT
	26.02.	-15:52	70°38,2'S 08°04,4'W	70	123°	1,0	
497	26.02.	16:10-	70°28,3'S 08°04,0'W	68	300°	2,0	KGS
	26.02.	-16:44	70°39,0'S 08°05,8'W	68	295°	0,5	
498	01.03.	20:44-	70°35,4'S 07°59,8'W	144	055°	11,3	HS, PS
	01.03.	22:38	70°24,3'S 06°59,2'W	592	065°/013°	11,5	Wp 2
	02.03.	10:49	68°20,0'S 05°38,0'W	4443	013°/016°	12,7	Wp 3
	02.03.	-15:03	67°30,0'S 04°59,9'W	4761	016°	0,4	
499	02.03.	15:03-	67°30,0'S 04°49,9'W	4761	080°	Stopp	SL
	02.03.	-16:40	67°30,3'S 05°00,2'W	4763	080°	Stopp	
	02.03.	16:55-	67°30,3'S 05°00,3'W	4760	080°	Stopp	GKG
	02.03.	-19:07	67°30,7'S 05°00,4'W	4760	065°	Stopp	
500	02.03.	19:21-	67°29,9'S 05°00,0'W	4770	015°	5,7	HS, PS, Magnetik
	03.03.	03:02	66°00,0'S 04°00,0'W	4845	015°/013°	12,3	Wp 5
	04.03.	22:31	57°59,0'S 00°00,3'W	4518	013°/023°	11,7	Wp 6
	04.03.	09:35	55°56,9'S 01°37,9'E	4133	023°/031°	12,0	
	05.03.	18:30	54°27,0'S 03°15,0'E	189	031°/360°	12,0	
	05.03.	18:53	54°23,0'S 03°15,0'E	160	360°/020°	11,8	
501	06.03.	18:24-	50°07,6'S 05°50,0'E	3790	020°	3,0	Wasserprobe

Stat. No	Date Datum 1990	Time Uhrzeit (GMT)	Position		Depth Lottiefe (m)	Heading Kurs	Speed Geschwindigkeit	Station work/ Equipment applied Arbeiten/Geräte
501	06.03.	-18:39	50°06,9'S	05°50,7'E	3790	020°/001°	3,0	
500	06.03.	18:39	50°06,9'S	05°50,7'E	3790	001°	3,0	
Forts.	07.03.	-14:21	47°31,2'S	05°54,5'E	4334	190°	8,4	Magnetik ein
	08.03.	09:24-	45°04,4'S	05°58,4'E	4481	001°	5,0	HS, PS, Magnetik
	08.03.	13:55	44°00,0'S	06°00,0'E	4780	001°/063°	11,2	Wp 8
	09.03.	-08:20	42°25,0'S	10°12,9'E	3244	063°	5,0	Magnetik ein
	09.03.	09:38-	42°23,6'S	10°18,5'E	3584	063°	3,0	HS, PS, Magnetik
	10.03.	-04:05	41°14,1'S	13°26,5'E	2289	360°	4,2	Magnetik Ende
	10.03.	04:53	41°10,3'S	13°27,8'E	2121	016°	5,5	
	10.03.	-05:24	41°00,4'S	13°29,0'E	2096	340°	Stopp	HS, PS, Ende
502	10.03.	05:24-	41°08,4'S	13°29,0'E	2096	340°	Stopp	SL
	10.03.	-08:20	41°09,7'S	13°28,1'E	2013	340°	Stopp	
500	10.03.	08:30-	41°09,7'S	13°28,4'E	2095	059°	5,0	HS, PS
Forts.	10.03.	-19:25	40°00,0'S	16°00,0'E	5000	017°	11,4	

Abkürzungen / Abbreviations

AGT	Agassiz trawl
Aufn.	Aufnahme einer Verankerung / recovering of moorings
AWI 204	Verankerung AWI 204 / mooring AWI 204
GKG	Großkastengreifer / large box grap
HS	HYDROSWEAP
KGS	kleines Grundsleppnetz / small bottom trawl
KN3	Verankerung KN3 / mooring KN3
PS	PARASOUND
RFL	Reflexionsseismik mit Streamer und Air-Gun
SEG	Sedimentechograph (3,5 kHz) / sediment echo sounder
SL	Schwerelot / gravity corer
Wp	Wegpunkt / way point
XBT	Bathythermograph
a.D.	an Deck / on board
z. W.	zu Wasser / into the sea

5. **Expeditionsteilnehmer / Participants**

Fahrtabschnitt ANT VIII/5 / Leg ANT VIII/5

Name	Institut	Name	Institut
Bässler, K.-H.	PMR	Lundstroem, V.	HSW
Baumert, S.	HLTS	Luzechi, G.	HLTS
Bensen, U.	HLTS	Maes, E.	RCMG
Blindow, N.	IGMS	Mair, R.	AWI
Boldt, G.	IGMS	Mandler, H.	AWI
Bornemann, H.	AWI	Masood, T.	NIOP
Brodtscholl, A.	AWI	Miller, G.	AWI
Damerau, K.C.	HLTS	Miller, H., Fahrtleiter	AWI
de Batist, M.	RCMG	Minikin, A.	IUPH
Degutsch, M.	IGMS	Müller, N.	AWI
Determann, J.	AWI	Nishio, F.	NIPR
Doescher, T.	AWI	Nixdorf, U.	AWI
Drücker, C.	AWI	Ochsenhirt, T.	SWA
Dunker, E.	AWI	Oerter, H.	AWI
Eckstaller, A.	AWI	Patzelt, G.	IHI
Egger, J.	MIM	Pfaff, K. H.	AWI
El Nagggar, S.	AWI	Pietschmann, M.	GEO
Emschermann, P.	IBF	Plötz, J.	AWI
Focke, J.	AWI	Pohjola, V.	PGU
Grosfeld, K.	IGMS	Puetz, C.	IfMK
Harke, A.	ADB	Puskeppeleit, M.	HLTS
Hecht, A.	HLTS	Raedlein, N.	ICHR
Heesemann, B.	AWI	Ritter, B.	IfV
Heinemann, G.	MIB	Röd, E.	SWA
Heitmüller, K.H.	HSW	Rott, H.	IMGI
Hempel, L.	IGMS	Schlosser, E.	AWI
Hillebrand, O.	HSW	Schnellbach, U.	FGB
Hübscher, C.	IGMS	Schulze, P.	FGB
Jacob, P.	ICHR	Sefzig, R.	IMGK
Jacobs, J.	IGDL	Sobesiak, M.	AWI
Jannek, J.	AWI	Spaeth, G.	IGA
Jokat, W.	AWI	Stadler, W.	GSF
Karsten, A.	IfV	Staffler, K.	AWI
Kaul, N.	AWI	Steiner, S.	IZW
Kipfstuhl, J.	AWI	Steinmetz, R.	AWI
Kohlberg, E.	AWI	Steinmetz, St.	AWI
Korhammer, S.	HLTS	Stroeven, A.	PGS
Krapp, F.	ZFB	Svoboda, A.	IBB
Kreutzer, St.	IGA	Thyssen, F.	IGMS
Lang, M.	AWI	Uenzelmann, G.	AWI
Lensch, N.	AWI	v. Soosten, K.J.	AWI

Name	Institut	Name	Institut
Versteeg, W.	RCMG	Wyputta, U.	AWI
Wachs, P.	ADB	Zarske, G.	IGDL
Wasserthal, C.	HSW		
Weber, M.	AWI	Kowalski	Flugcrew
Weigel, U.	HLTS	Kremer	Flugcrew
Weigelt, E.	AWI	Patt	Flugcrew
Weniger, W.	IGMS	Reimers, P.	Flugcrew
Witt, J.	IGMS	Schürmann, M.	Flugcrew
Wittenzellner, J.	ICHR	Schwacke, F.	Flugcrew
Wittmann, K.	IBW	Silbersdorf, E.	Flugcrew
Wüster, J.	AWI	Vogel, K.	Flugcrew

6. Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

Adresse address	Teilnehmerzahl participants
<u>Bundesrepublik Deutschland</u>	
ADB Aerodata Flugmeßtechnik GmbH Rebenring 33 D-3300 Braunschweig	2
AWI Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Columbusstraße D-2850 Bremerhaven	37
FGB Fachber. Geowissenschaften Universität Bremen Postfach 33 04 40 D-2800 Bremen	2
GEO GEO-Wissen Warburgstraße 45 D-2000 Hamburg	1
GSF GSF - Institut für Hydrologie Ingolstädter Landstraße 1 D-8042 Neuherberg	1
HSW Helicopter Service Wasserthal GmbH Kätnerweg 43 D-2000 Hamburg 65	4

Adresse address		Teilnehmerzahl participants
IBB	Institut für Biologie Universität Bochum Postfach 102148 D-4630 Bochum	1
IBF	Institut für Biologie III Universität Freiburg Schänzlestraße 1 D-7800 Freiburg	1
ICHR	Institut für Angewandte Chemie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 D-8400 Regensburg	3
IfMK	Institut für Meereskunde Universität Kiel Olshausenstraße 40-60 D-2300 Kiel	1
IfV	Institut für Vermessungskunde der TU Braunschweig Pockelstraße 4 D-3300 Braunschweig	2
IGDL	Institut für Geologie und Dynamik der Lithosphäre Universität Göttingen Goldschmidt-Straße 3 D-3400 Göttingen	2
IGA	Institut für Geologie der RWTH Lochnerstraße 4-20 D-5100 Aachen	2
IGMS	Institut für Geophysik der Universität Münster Corrensstraße 24 D-4400 Münster	9
IMGK	Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität Köln Kerpener Straße 13 D-5000 Köln	1

Adresse address		Teilnehmerzahl participants
IUPH	Institut für Umweltphysik der Universität Im Neuenheimer Feld 366 D-6900 Heidelberg	1
MIB	Meteorologisches Institut der Universität Bonn Auf dem Hügel 20 D-5300 Bonn	1
MIM	Meteorologisches Institut Universität München Theresienstraße 37 D-8000 München 2	1
PMR	Polarmar GmbH Columbus Center D-2850 Bremerhaven	1
SWA	Deutscher Wetterdienst - Seewetteramt - Bernhard-Nocht-Straße 76 D-2000 Hamburg 4	2
ZFB	Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig Adenauer Allee 150-164 D-5300 Bonn 1	1
<u>Belgien</u>		
RCMG	Renard Centre of Marine Geology State University of Gent Krijgslaan 21 B-9000 Gent	3
<u>Japan</u>		
NIPR	National Institute of Polar Research 1-9-10, Kaga, Itabashi-ku, T o k i o 173	1
<u>Österreich</u>		
IBW	Institut für Allgemeine Biologie Universität Wien Schwarzspanier-Straße 17 A-1090 Wien	1

Adresse address		Teilnehmerzahl participants
IHI	Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck Innrain 52 A-6020 Innsbruck	1
IMGI	Institut für Meteorologie und Geophysik Innrain 52 A-6020 Innsbruck	1
IZW	Institut für Zoologie der Universität Wien Althanstraße 14 A-1090 Wien	1
<u>Pakistan</u>		
NIOP	National Institute of Oceanography Karachi	1
<u>Schweden</u>		
PGU	Department of Physical Geography Uppsala University S-75122 Uppsala	1
PGS	Department of Physical Geography University of Stockholm Stockholm	1

7. Schiffspersonal / Ship's Crew ANT VIII/5

Suhrmeyer	Kapitän
Allers	1. Offizier
Varding	Naut. Offizier
Stehr	Naut. Offizier
Rodewald	zus. Offizier
Heine, Dr.	Arzt
Briedenhahn	Ltd. Ingenieur
Knoop	1. Ingenieur
Fengler	2. Ingenieur
Erreth	2. Ingenieur
Schuster	Elektriker
Nitsche	Elektroniker
Husmann	Elektroniker
Hoops	Elektroniker
Piskorzynski	Elektroniker
Geiger	Funkoffizier
Wanger	Funkoffizier
Tanger	Koch
Kubicka	Kochsmaat
Bender	Kochsmaat
Bruemmer	Kochsmaat
Scheel	1. Steward
Chalupar	Krankenschwester/Stewardess
Witt	Stewardess
Ambo Masse	Steward
Amran	Steward
Chang	2. Steward
Lee	2. Steward
Shyu	Wäscher
Woltin	Bootsmann
Hopp	Bootsmann
Marowski	Zimmermann
Iglesias Bermudes	Matrose
Suarez Paisal	Matrose
Soage Curra	Matrose
Gil Iglesias	Matrose
Abreu Dios	Matrose
Pousada Martinez	Matrose
Varela Barreiro	zus. Matrose
Schierl	Lagerhalter
Wittfoth	Maschinenwart
Duffner	Maschinenwart
Carstens	Maschinenwart
Husung	Maschinenwart
Ulbricht	Maschinenwart

