

**Die Expedition ANTARKTIS XII  
mit FS „Polarstern“ 1994/95  
Bericht von den  
Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2**

**The Expedition ANTARKTIS XII  
of RV "Polarstern" in 1994/95  
Reports of Legs ANT XII/1 and 2**

---

**Edited by Gerhard Kattner and  
Dieter Karl Fütterer  
with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. 168 (1995)  
ISSN 0176 - 5027**



## INHALT / CONTENT

<b>1</b>	<b>Cruise Leg ANT XII/1 (Bremerhaven - Punta Arenas) October 18 to November 21, 1994 (Fahrtleiter G. Kattner)</b>	
1.1	Summary and Itinerary.....	3
1.2	Meteorology.....	5
1.2.1	Weather conditions .....	5
1.3	Physical oceanography.....	6
1.3.1	RAFOS Floats in the South Atlantic .....	6
1.3.2	The SAMBA Experiment .....	11
1.4	Marine chemistry.....	18
1.4.1	Humic Substances in the Cycle of Marine Organic Matter.....	18
1.5	Atmospheric and marine chemistry.....	19
1.5.1	Determination of atmospheric trace metal fluxes to the Atlantic Ocean in comparison to their distribution in open ocean surface water.....	19
1.5.2	The distribution and cycling of halogenated trace gases between atmosphere and ocean .....	27
1.6	Chemical and physical investigations in the atmosphere.....	40
1.6.1	Measurement of atmospheric trace components over the Atlantic Ocean	40
1.6.2	Measurements of physico-chemical properties of the marine aerosol and gas phase organic acids .....	41
1.7	Station list.....	48
<b>2</b>	<b>FAHRTABSCHNITT ANT-XII/2 (Punta Arenas - Kapstadt) 23.11.1994 - 3.1.1995 (Fahrtleiter D.K. Fütterer)</b>	
2.1	Zusammenfassung und Fahrtverlauf.....	54
2.1.1	Kunst trifft Wissenschaft - Wissenschaft trifft Kunst.....	58
2.2	Wetterbedingungen.....	59
2.3	Biologische Untersuchungen.....	62
2.3.1	Untersuchungen zur Krillbiologie um Elephant Island.....	62
2.3.2	Antarktische Cumacea, Mysidacea und Pantopoda.....	69
2.3.3	Bestandsaufnahme der planktischen Ostracoden (Crustacea) im Gebiet King George und Elephant Island (Antarktische Halbinsel) und im südöstlichen Weddell Meer.....	71
2.3.4	Antarktische Ciliaten (Protozoa) im Meerwasser und Meereis.....	72

2.3.5	Wirkung der UV-A- und UV-B-Strahlung auf die Pigmente und den <sup>15</sup> N-Einbau in die Aminosäuren von antarktischem Phytoplankton und Eisalgen .....	74
2.4	<b>Physikalische Ozeanographie</b> .....	75
2.5	<b>EUROSHACK - Ein praktisches Beispiel für Kooperation in der Antarktis</b> .....	92
3	<b>Participants</b> .....	94
4	<b>Participating Institutions</b> .....	97
5	<b>Ship's crew</b> .....	100

**1 Cruise Leg ANT XII/1 (Bremerhaven - Punta Arenas)  
October 18 to November 21, 1994**

**1.1 Summary and itinerary (G. Kattner)**

The main objectives of the research programme were in the field of physical and chemical investigations. Continuous underway measurements in air and surface water have been completed by station work where water sampling was performed down to the bottom. In the equatorial region and along the route to the Argentine Basin floats were launched which will drift in a depth of about 800 m. They will collect data on position, pressure and temperature. These studies are part of WOCE, a program to obtain the most comprehensive description and understanding of the circulation of the world oceans. The chemical investigations focused on trace substances of biogenic and anthropogenic origin. The measurements of dissolved organic substances will expand and generalize the present knowledge on larger scales. The same holds true for the determination of halogenated hydrocarbons as well as N<sub>2</sub>O which were analyzed in water and air. Especially the contribution of the ocean to atmospheric methylbromide has been investigated. During the whole cruise trace metals were determined in surface water and air. Additional rain samples have been taken in the ITCZ to follow the atmospheric heavy metal flux to the Atlantic Ocean.

Samples to measure atmospheric mercury over the Atlantic Ocean have been taken. These measurements continue studies some years ago to obtain data for estimations of global trends. Hydrogen peroxide, formaldehyde, carbon monoxide and ozone were determined to provide further information about the chemistry of the atmosphere since these compounds are involved in many chemical atmospheric reactions. The distribution of aerosol particles was measured and will provide new information about nucleation, size and concentration of particles. A considerable number of investigations is connected to long-term research programmes which will contribute to the knowledge of global scale processes and trends. The cruise track is given in Fig. 1.

At 10 o'clock on October 18th, 1994, the ANT XII/1 cruise started out of Bremerhaven. After passing the lock and leaving the Weser delta with course to the English Channel, onboard measurements already started. After a smooth beginning of the cruise during the first two days, we got caught in some heavy weather on October 20th south of Dover. RV "Polarstern" steamed and rolled through 8-10 m high waves and working got a little tiresome. Around noon of the 23rd we criss-crossed a certain area three times to test the Hydrosweep-Sidescan-System that records bottom structures. All significant structures of a particular seamount could be found. Following that, the first CTD was deployed and water samples were taken. On October 24th thirteen cruise participants left the ship on the evening of that day on a little pilot boat to Punta Delgada on the Azores.

Since October 25th, the cruise continued in calm seas and rapidly got us close to the equator. The continuous measurements of all air and water scientists proceeded as planned and delivered large amounts of data. The cruise proceeded along 28°W longitude due south. We passed the Cape Verde Islands and only short interruptions were caused by the CTD and sampling from the bow crane. On

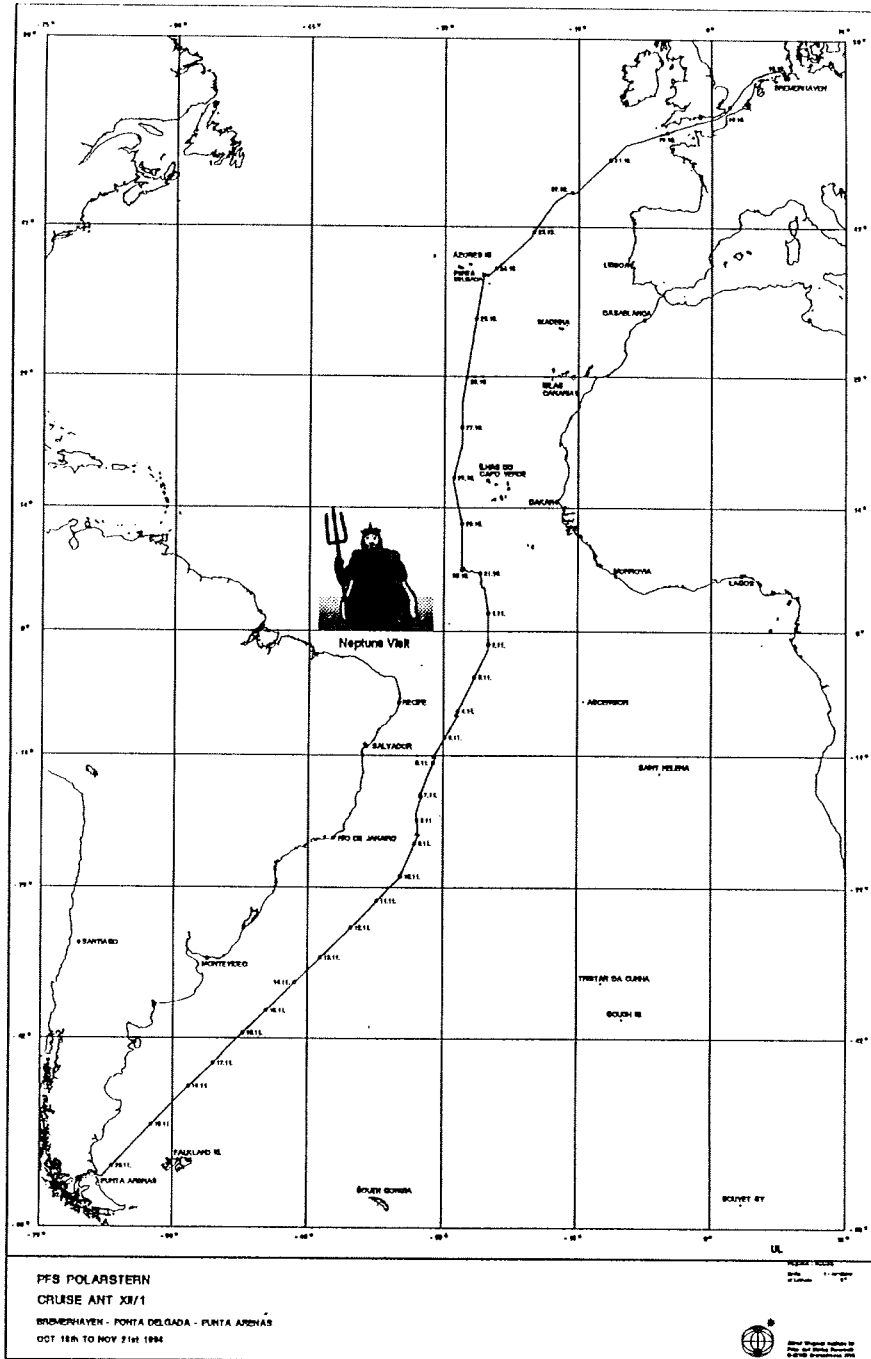


Fig. 1.1-1: Cruise trak of ANT XII/1

the morning of the 30th, another short CTD was carried out and afterwards we started chasing rain. A lot of rain samples were collected along with simultaneously taken sea water samples. These samples will be analyzed later for trace metals in order to determine the input from rain into the surface water. On the afternoon of the 31st, during the equator ceremony 25 crew members and scientists were thoroughly cleansed.

On November 1st, we reached the position for the first float launching at 2° north. From now on, about 120 deployments of floats and surface drifters were performed on our way south. On November 9th, we were roughly at the latitude of Rio de Janeiro. On November 15th, a sound source was brought out to complete the web of sound sources that were deployed in the southwest Atlantic. On the 20th of November, we reached the Strait of Magellan and after another 100 nautical miles to go we reached Punta Arenas in the early morning of the 21st. The cruise have covered a total of 8600 nautical miles from Bremerhaven to Punta Arenas.

## **1.2 Meteorology**

### **1.2.1 Weather conditions (Klaus Dittmer and H. Köhler)**

At the beginning of the cruise the synoptic situation was dominated by a high over eastern Europe and a low with winds of gale force near Ireland. Easterly winds increased to 7, for a short time 8 Bft, between these two pressure systems in the North Sea and English Channel. However, the sea and swell remained relatively low due to short fetch.

From October 19th to 22nd a large scale depression moved from the West Atlantic to England, taking a relative southern track. Minimum pressure in the centre of the low was about 973 hPa. In the region of the trough of this system westerly winds up to 10 Bft were measured in the early morning of October 22nd. Windsea and swell could develop to mature stage, in this case 8 to 10 m, associated with isolated freak waves of 11 to 13 m. The synoptic development as well as the sea state were calculated very accurately by the numerical models of the German weather service, thus a warning could be issued on time.

West of 15° W wind and sea decreased rapidly. Approaching the Azores a flat low with intermittent rain was passed, but some miles northeast of Sao Miguel, the clouds broke up at sea and only the mountains of the island were still covered by cumulonimbus. On the route to the tropics the airmass was still unstable in a northerly flow and showers occurred at times. The Intertropical Convergence (ITC) was reached near 7° N on October 30th. At this time it was developed poor. Just in the direct convergence of northeasterly and southeasterly winds a line of isolated showers could be observed. For 24 hours it was intended to get as much samples of rain as possible; therefore showers were detected by Radar. During the measuring campaign the convective belt intensified slowly. The water surface temperatures were 29 to 30°C in the ITC, which is about 2 degrees above the normal climatological values for this time.

In the South Atlantic RV "Polarstern" first sailed at the edge of the subtropic anticyclone. Southeasterly winds from 4 to 6 Bft and a southerly swell of about 3 m

were encountered. The swell was caused by a storm west of the subtropical high. The storm depression developed off the coast of North-Argentina and drifted eastward very slowly. Thus, the sea reached its possible maximum height due to long fetch and duration of high wind speeds. Until about 20°S the vertical formation of layers was unstable up to 2 km height. The cloud base was near 500 m. Nevertheless isolated short showers developed. The cold front of a storm depression near South Georgia became stationary along 25°S and began to clear when we arrived in this area.

On November 9th a wave depression had built up over the River Plate mouth. It developed to an intensive low of 995 hPa and moved eastwards very slowly. Thus, we remained on the front side for a longer time and the maximum winds from north encountered were 7 Bft. In the rear of the weakening low westerly winds of about 5 Bft affected the vessel. On November 13th and 14th RV "Polarstern" sailed in the area of a high pressure system with light and moderate winds.

The coldfront of a low between the South Orkney and South Shetland Islands became stationary for a time east of Bahia Blanca on October 15th and waves developed along the front. Crossing the front winds increased up to 7 Bft in showers. During the night from October 15th to 16th the front moved backwards and fog patches occurred in light warm northerly winds. On October 16th a new wave along the front developed to a complex low of less than 990 hPa in a rather unexpected manner. It moved eastward just south of our position. For a short time maximum winds were 10 Bft in the rear of the center. On October 17th a high pressure system built up over northern Argentina and strong, later moderate cold southwesterly winds affected RV "Polarstern".

To the end of this leg a secondary depression belonging to the typical large scale low over the Bellingshausen Sea developed west of the Strait of Magellan. It crossed southern Patagonia during the night from of November 19th to 20th. Strong northerly winds occurred in front of this system, strong westerly winds in the rear. With the passage of the frontal trough wind speeds of Bft 8 were measured. Due to short duration of the gale no significant sea could develop.

### **1.3 Physical oceanography**

#### **1.3.1 RAFOS Floats in the South Atlantic (O. Boebel, M. Menzel, C. Schmidt and A. Pinck)**

A contribution to the understanding of the deep circulation is one of the goals of the IfM Kiel 'RAFOS float' project. In the South Atlantic, the advection of the Antarctic Intermediate Water (AAIW) shall be explored. This water mass is found beneath the South Atlantic Central Water at latitude dependent core depths ranging from 700 to 900 m. It may be distinguished from the water above and the North Atlantic Deep Water below, by its distinctive salinity minimum and oxygen maximum. The AAIW may be observed in the subtropical and tropical regions of the South Atlantic. The site of formation is supposedly close to the Subpolar Front.



## RAFOS-floats

RAFOS floats are well suited to explore this water mass. These drifters float freely at a predetermined depth. They house a microcomputer, which determines the float's position by acoustic tracking and measures pressure (p) and temperature (T) once a day. The acoustic tracking is achieved by measuring time of arrivals (TOA) of coded sound signals transmitted by moored sound sources. The data quintuplet (p,T,3xTOA) is stored and subsequently transmitted to Kiel by ARGOS satellite system, once the float has returned to the sea surface after finishing its underwater mission, which may last for up to two years.

The POLARSTERN cruise ANT XII/1 was the last of three float seedings performed in the area by IfM Kiel. During the previous expeditions METEOR 22 (M22) and METEOR 28 (M28) 23 and 29 floats were seeded, respectively. During the ANT XII/1 cruise a total of 42 RAFOS floats were deployed, one at every degree of latitude, covering the western South Atlantic from the equator to 39°S. The floats were programmed to mission lengths ranging from 361 days (1 year) to 721 days (2 years), as shown in more detail in Tab. 1. This results in a total of 52 float years or an average under water mission length of 14.8 month per float.

**Tab. 1.3.1-1:** Mission lengths of RAFOS floats

---

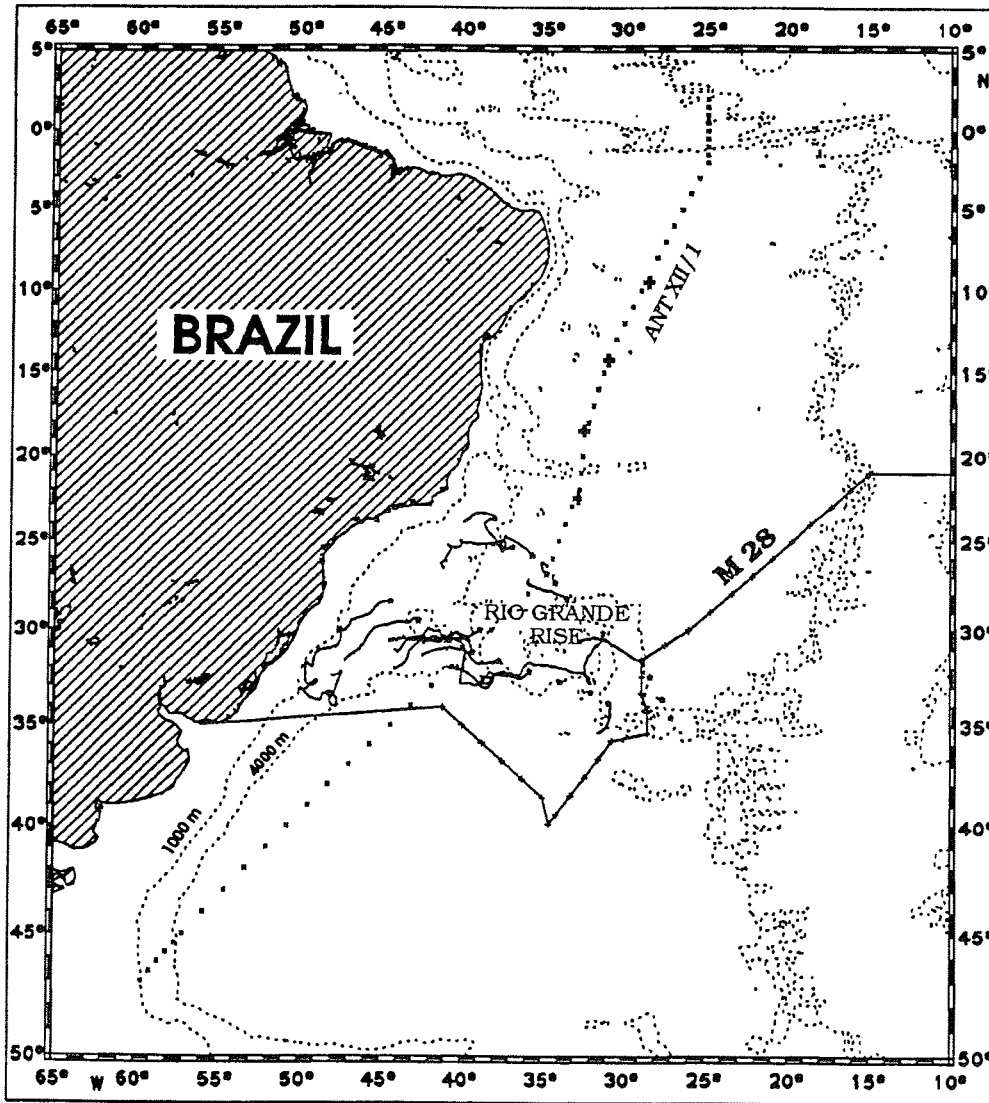
mission length [month]:	12	13	15	18	21	24
[days]:	361	391	451	541	631	721
number of instruments deployed:	14	7	11	5	3	2

---

The floats were ballasted to reach neutral buoyancy at the depth of the salinity minimum of the AAIW. This depth was determined using CTD-casts taken (in most cases) just before float launch. Trajectories obtained so far from 15 floats (Fig. 1.3.1-1) launched during M22 show a mean flow of 5 cm/s in dominantly western directions between 25°S and 32°S. The ALACE (see below) data provided by R. Davis, however, depicts a strong eastward flow at 40°S. Thus, for a working hypothesis, the assumption of the center of a recirculation cell of AAIW at 36° S is reasonable, and was used for the determination of the sound source position and float deployment pattern.

## CTD & Rosette

A total of 43 CTD casts were taken during ANT XII/1. The CTD was used with a 24 bottle (10 L each) rosette to draw water samples. At seven stations, deep casts were taken to at least 3000m, in order to provide the organic and anorganic chemists on board with water from different water masses. In particular, water was taken from the Mediterranean Outflow Water, the upper, middle and lower North Atlantic Deep Water, the Antarctic Intermediate Water and the Antarctic Bottom Water. The majority of the casts however, were terminated at 1500 m, covering the AAIW layer to determine the depth of the salinity minimum.



**Fig.1.3.1-1:** This figure depicts the western South Atlantic, with isobaths at 1000 and 4000m indicated by dashed lines. Solid curves in the vicinity of the Rio Grande Rise depict float trajectories launched during M22 (Dec. 1992). The eastwest oriented solid line represents the wake of M28 (May 1994), crosses indicating launch positions of floats. The northsouth oriented sequence of crosses mark the launch positions of floats and drifters during ANT XII/1.

Originally, the CTD-data, using an ICTD from FSI, was noisy, especially with respect to pressure spikes. During profile #10, the CTD finally broke down, due to the failure of a DC/DC converter, as determined later. While repairing the broken unit, the opportunity was used to change the release unit of the rosette from a non-interrupting type (EG&G) to an interrupting type (GO). This change resulted in a much better data quality, starting with station #11. However, a mismatch of the time constants of the conductivity and the temperature sensor results in false on line salinity data especially in layers of high temperature gradient. Thus, the raw data distributed to various groups aboard the ship should be used for qualitative statements only. A revised data set, using the data of the CTD-bound fast temperature sensor to calculate salinity, will be available later.

The accuracy of the CTD-data was controlled by use of reversing thermometers and water samples of the bottles taken, analyzed using an Autosal 2000. The bias observed by reversing thermometers as compared to the CTD data is less than 0.002 C. The salinity data indicated that the raw data shall be corrected by +0.018 psu to a slightly higher (real) salinity.

Fig. 1.3.1-2 shows the salinity and temperature section obtained from the raw data. One can clearly observe the salinity minimum of the AAIW ranging from 40°S to 20°S. The AAIW tongue ceases at 20°N, where it faces high salinity water from the north. At 40°S the northern border of the probable formation area of AAIW is indicated by an outcrop of the isohalines and isotherms. Here, the lowest salinities during the whole cruise were observed. The salinity minimum of the AAIW rises slowly from approximately 950 dbar at 40°S to 700 dbar at 10°N. The overlying thermocline water reached a temperature and salinity maximum slightly north of the equator at 5°N.

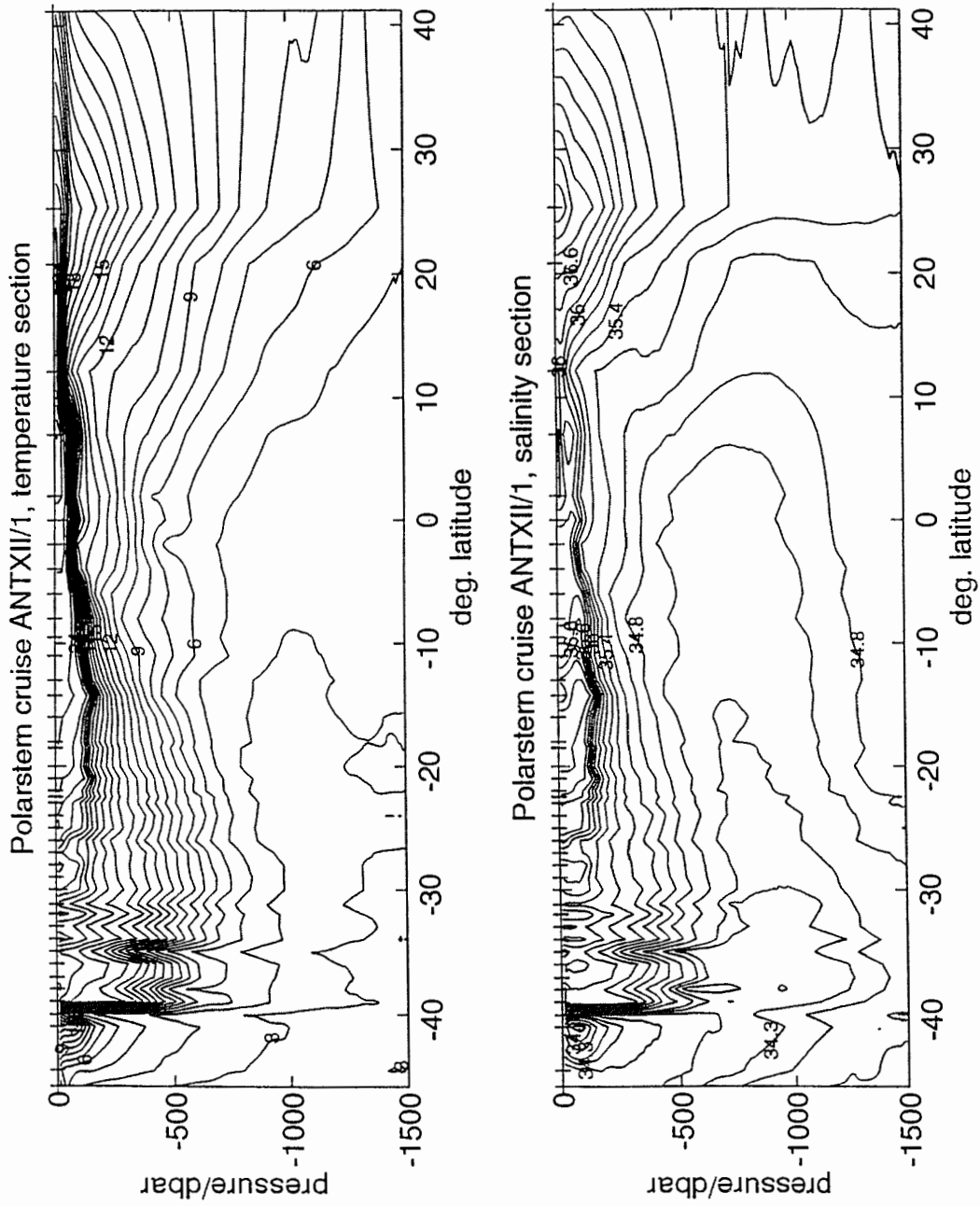
#### Sound Sources

During M22, four sound sources were deployed around the Rio Grande Rise in addition to an American sound source array deployed farther north. During M28 two sound sources were added by IfM Kiel. The sound source K6 deployed during POLARSTERN cruise ANT XII/1 in the western Argentine Basin at 40°03.14'S, 50°08.54'W extends the area covered by sound signals to the south in order to track floats as far as 40°S. The sound source was programmed to beep at 00:30 GMT and is approximately 1.5 s late.

In preparation of the mooring, the release unit was tested, lowering it to 2000m. An attempt to acoustically communicate with the unit by use of a passive hydrophone failed at this depth, much like a second attempt at 1000 m. However, one of the 4Release4 commands given at 2000 m and 1000 m release unit depth resulted in the release of a chain attached to the release unit.

#### ALACEs and Marvors

In addition to the Kiel RAFOS floats, eight ALACE floats (Autonomous Lagrangian Current Explorer) were launched to cover the region south of the sound source array, particularly the Falkland Current. These instruments operate independent of sound coverage and were kindly provided by Ray Peterson (Scripps Institution of Oceanography). Every fortnight, they return from their 800 m or 1000m drifting depth



**Fig.1.3.1-2:** Sections of salinity and temperature based on raw data, obtained by CTD-casts taken during the cruise. This data should be used for qualitative statements only.

to the sea surface for a few days and are positioned using the ARGOS system. The resulting data gives a coarse picture of the deep circulation.

Further, 29 MARVOR floats seeded during this cruise by Michel Ollitrault, IFREMER Brest, (see extra chapter) will broaden the emerging picture concerning diffusivity and advection.

#### Surface Drifters

In addition to subsurface drifters the motion of the upper layer is observed by the use of surface drifters drogued at 100 m. These drifters were provided by W. Krauss, IfM Kiel, and shall monitor the motion of the thermocline water. During previous expeditions a total of 150 drifters were deployed in the South Atlantic. During this cruise 35 drifters were seeded between 2°S and 46°S at positions uncovered so far by trajectories.

### 1.3.2 The SAMBA Experiment (M. Ollitrault, Y. Auffret, N. Cortès and J.P. Rannou)

#### Introduction

The rather recent recognition that oceanic currents transport as much heat as the atmosphere from the equatorial regions towards higher latitudes (Vonder Haar and Oort, 1973), thus contributing largely to the climatic balance of the earth fluid envelope (Gill, 1982), has prompted the planning and eventually the realisation of the World Ocean Circulation Experiment (WOCE).

WOCE objectives are to obtain before the end of the 20th century the most comprehensive description and understanding of the 3D general circulation of the World Ocean over a reasonably short period (of the order of 5 years) and with a sufficient spatial resolution. Results will be used later to design, improve and initialize climate-oriented, coupled ocean-atmosphere models. Naturally, all the measurements done during WOCE (hydrographic and geochemical sections, eulerian and lagrangian current measurements, tide gauge and satellite altimetric sea surface heights) will sample various time and space scales and will be valuable in the study of all ocean processes (Needler, 1992).

An order of 1000 subsurface lagrangian floats will be deployed during WOCE at various depths to estimate the absolute general circulation (mean and variable). The absolute mean circulation at those depths will be used in turn as velocity reference levels for an "inversion" of the WOCE hydrographic data, enabling the absolute 3D deep circulation to be resolved (e.g. Mercier et al., 1993).

#### Subsurface floats

Subsurface floats were first developed by J.C. Swallow (1955) and soon revealed unexpected strong deep currents (e.g. Crease, 1962). However, their use to track water particles over periods of a few years awaited until the CMOS revolution (for low energy consumption of the electronics) at the end of the 1970s (Rossby et al., 1975; Richardson et al., 1981). These floats, which send acoustic pulses to be

received and dated by moored autonomous listening stations, are named SOFAR (for SOund Fixing And Ranging) and a few hundred have been used until the end of the 1980s.

For WOCE, the subsurface floats will be generally of the RAFOS type (Rossby et al., 1986), much lighter (a few tens of kg versus a few hundred of kg), much smaller (1 to 2 m long versus more than 7 m long) and much cheaper (at least a factor 2) than the SOFARs.

After launching at sea surface, RAFOS type floats sink to a predetermined depth where they stay while freely drifting entrained by surrounding water motions, whence their lagrangian character, exactly like their fathers the SOFARs and their grand-fathers the Swallow floats. After a certain period of time at depth, they come back to the surface and transmit via the ARGOS system the information collected at depth, which is temperature, pressure and times of arrivals of sound signals sent by distant sources immersed near the base of the main thermocline where sound speed is at a minimum (the SOFAR channel, whence the name RAFOS, i.e. SOFAR spelled backward). From the times of sound propagation between several sources (whose positions are known) and a given float, one is able to estimate the float positions at depth, thus the pathway and velocity of the water particle that this float tagged.

Whereas the original RAFOS float (developped by T. Rossby and his colleagues at URI in the 1980s) is a one-shot float (i.e. it comes back to the surface at the end of its mission at depth), the MARVOR float (meaning sea horse in the old celtic language of Brittany), developped by IFREMER and TEKELEC (Ollitrault et al., 1994) is a multicycle float since it can surface after a period at depth, transmit to ARGOS for a few days and then dive back at its prescribed depth, and so on (up to 99 cycles). The same kind of multicycle subsurface float named ALACE (for Autonomous Lagrangian Circulation Explorer), has been designed by D. Webb (Webb Res. Corp.) but it doesn't include the acoustic part (Davis et al., 1992). It is consequently slightly cheaper than MARVOR (\$10K versus \$13K) and should be used during WOCE mainly in the Southern and Pacific Oceans where there is no acoustic sound source coverage (either due to bad sound transmission or due to the large area to be covered). Of course the ALACEs will give only the overall displacements between two surfacings, and thus only the large scales of the oceanic circulation with a cycling period of the order of 15 to 30 days. On the other hand RAFOS type floats will give also the meso scales (the most energetic part of ocean currents), if they obtain acoustic signals every 1 or 2 days.

#### The SAMBA float experiment

SAMBA (SubAntarctic Motions in the Brazil BASin), a component of the WOCE float program, aims at describing the absolute general circulation of the Antarctic Intermediate Water (AAIW) as it spreads northward, near 800 m depth, in the Brazil basin. For the SAMBA experiment, a total of 100 MARVOR floats will be launched before mid 1996 at  $800 \pm 30$  dbar in the Brazil Basin for a 5-year mission. Acoustic tracking is made possible with 19 sound sources moored at various locations covering the whole basin. These sources emit either daily (those from IFM Kiel, Germany or LPO/IFREMER, France) or every 2 days (those from WHOI, USA). It is hoped that with 5 years of float data in each one of the 100 boxes of  $2^\circ$  lat. by  $5^\circ$

long, covering the entire Brazil basin, the absolute mean general circulation of the AAIW will be resolved at least for spatial scales greater than a few hundred km with a few mm s<sup>-1</sup> accuracy.

#### Preliminary results from SAMBA

The first 20 MARVOR floats were launched during the SAMBA1 cruise from R.V. Le Suroît between 18 and 24 February 1994 at 5 main sites. At each of the first 4 sites, situated in the interior of the basin, 5 floats were launched in a cluster to study the mesoscale dispersion. Only 4 MARVORs were launched, however, at the fourth site, the fifth float being an ALACE. The 20th MARVOR float was launched at the fifth site near the Brazilian coast, in a presumed Intermediate Western Boundary Current (IWBC) at 800 dbar.

Global float displacements after 4 months near the core of AAIW near 800±30 dbar depth (Fig. 1.3.2-1) show an overall westward motion for the 10 floats launched to the south of the Vitoria-Trindade seamount chain (which stretches eastward along ~21°S). A little more south, above the Rio Grande Rise near 30°S, a similar mean westward motion has been obtained with 10 RAFOS float trajectories of 3 to 6-month duration (W. Zenk, personal communication). The anticyclonic motion of these floats is in agreement with a geostrophic circulation scheme estimated from historical hydrography (Reid, 1989). These float movements correspond to the westernmost part of the large anticyclonic gyre of AAIW that spans the entire South Atlantic between 20°S and 40°S and which corresponds to the base of the subtropical gyre. A few ALACEs drifting eastward near 40°S (R. Davis, personal communication) were probably taken in this gyre or at its southern limit.

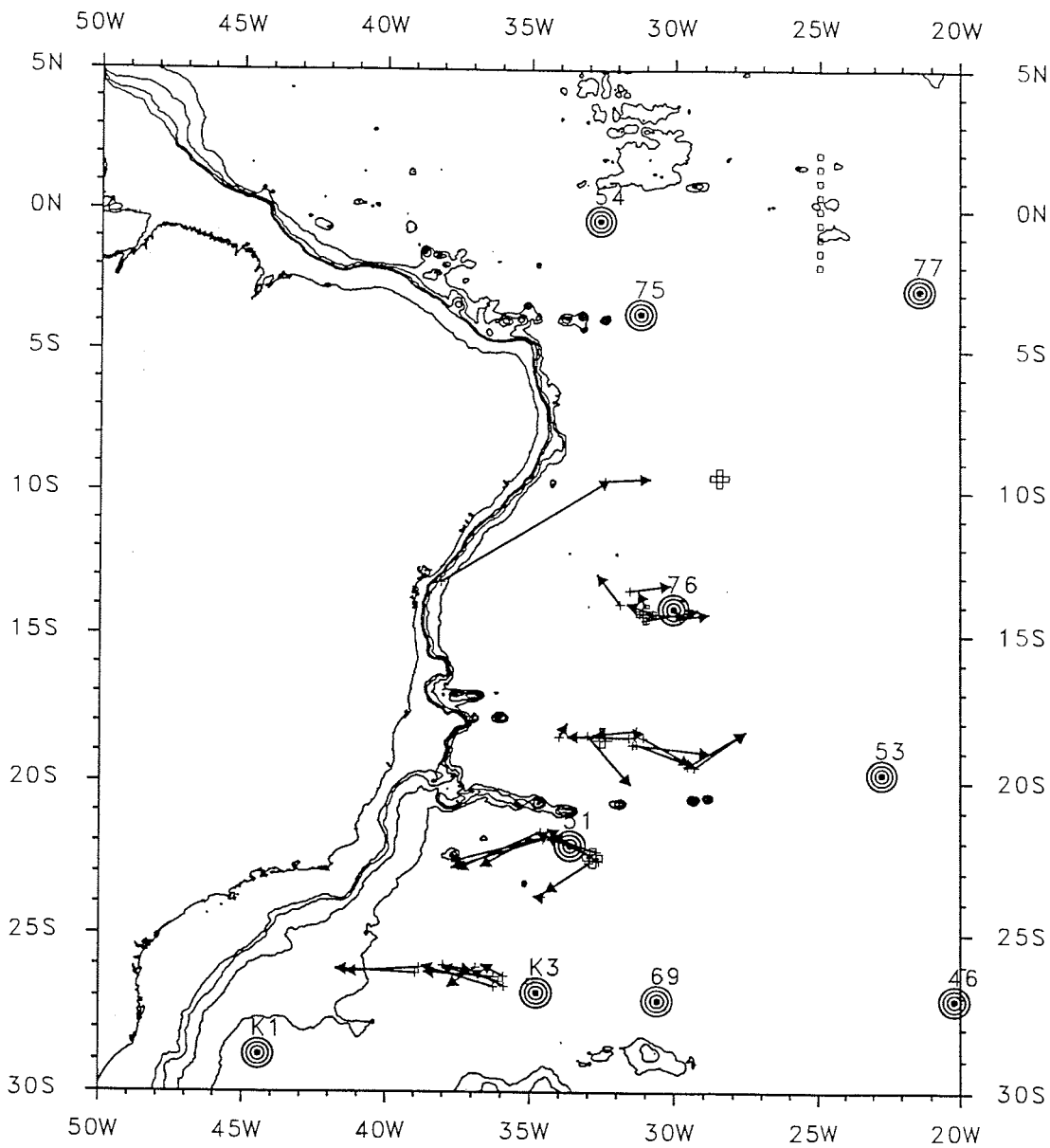
The 9 MARVORs and the ALACE launched in the 2 clusters north of the Vitoria-Trindade chain, show a much weaker mean motion over 4 months, but a dispersion of the floats around their barycenter reflecting eddy variability.

Individual detailed trajectories given in Fig. 1.3.2-2 for the 4 float clusters, two each situated south and north of the Vitoria-Trindade chain, show that there is much less eddy turbulence for the southern floats than for the northern ones. Instantaneous current speeds (of the order of a few cm s<sup>-1</sup>) are not much different, although systematically smaller for the southern floats.

After 4 months, dispersion in the 2 northern clusters is mainly zonal, particularly for the cluster immediately north of the Vitoria-Trindade chain. One cannot conclude, however, that mean motion of this latter cluster will be negligible or even to the east. One needs much more data, which should be provided by next cycles and future float launchings.

Although rather turbulent too, motions of the 5 floats of the northernmost cluster near 14°S, 31°W, do show an average ~1 cm s<sup>-1</sup> northeastward cluster motion, which is consistent with Reid's scheme that displays a rather sluggish general circulation there.

Float #18, launched in February 24, 1994, (day 55) over the continental slope, at a ~40 km distance off the coast near Salvador, has been carried northward by AAIW, flowing along the isobaths of the steep continental slope for almost one month. Its



**Fig. 1.3.2-1:** MARVOR float overall displacements for the first two 60-day cycles at 800 dbar depth. Sound sources K1 and K3 (moored by IFM Kiel) emit daily. Sound sources 46, 51, 53, 54, 69, 75, 76, 77 (moored by WHOI) emit every 2 days. Squares give launching locations of the 29 MARVORs, during ANT XII/1 cruise (18 October - 21 November 1994).

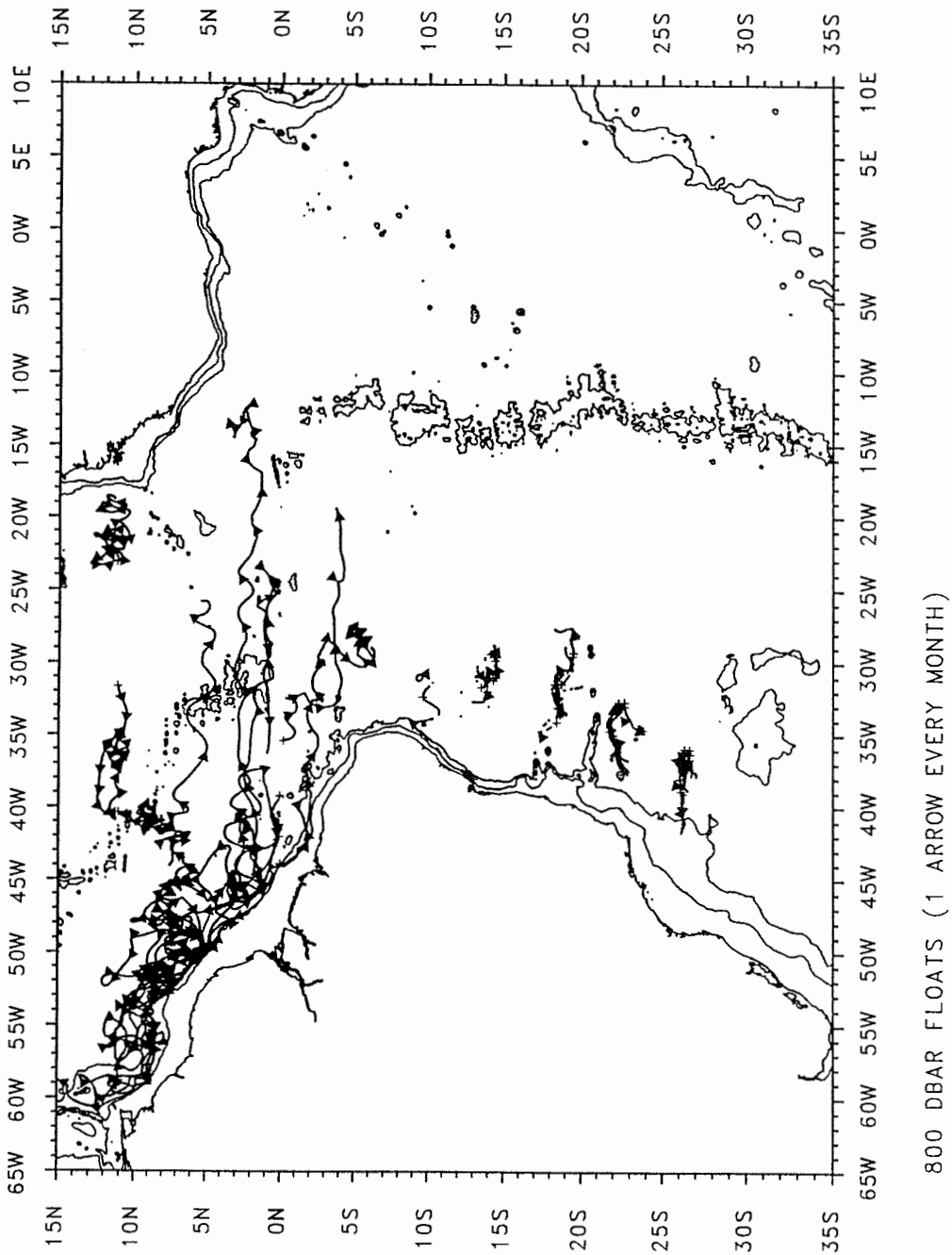


bird's-flight excursion is 611 km over 27.5 days, representing a mean current speed of  $26 \text{ cm s}^{-1}$  (0.5 knot). Thereafter its trajectory left the coast, meeting with warmer water coming from the North ( $3.97^\circ\text{C}$  at 805 dbar at the northernmost position on day 83,  $4.45^\circ\text{C}$  at 808 dbar, 22 days later). This water was unfelt for the previous 28 days by the float hidden behind the escarpment situated at  $8^\circ30'S$   $34^\circ\text{W}$ . During the last 10 days of the float's first two-month cycle, the temperature swung back towards colder values ( $4.00^\circ\text{C}$ ) while the float was heading equatorwards again, revealing northward flowing AAIW. During the float's second cycle, temperature rose again to  $\sim 4.3^\circ\text{C}$  where it stayed for a fortnight as the float was heading south. Then in a few days, temperature rose to  $4.6\text{--}4.7^\circ\text{C}$  and stayed there for the rest of the cycle while the float was taken in an anticyclonic warm-core ring. Thus at  $10^\circ\text{S}$ , AAIW is seen to flow eastward with meanders and rings with an associated temperature front of at least  $0.7^\circ\text{C}$ .

Except float #18, which exhibits large ( $\sim 0.5^\circ\text{C}$ ) temperature variations (with almost no depth variation), other floats have experienced only limited temperature variations over their trajectories at  $800\pm 30$  dbar, of the order of a few tenths of a degree at most. Consistent with CTD casts and with historical hydrographic data, temperature at 800 dbar is seen to decrease equatorwards ( $\sim 4.9^\circ\text{C}$ ,  $\sim 4.7^\circ\text{C}$ ,  $\sim 4.2^\circ\text{C}$  and  $\sim 4.3^\circ\text{C}$  for the four clusters situated near  $26.5^\circ\text{S}$ ,  $22.5^\circ\text{S}$ ,  $18.5^\circ\text{S}$  and  $14^\circ\text{S}$ , respectively). However temperature in the core of AAIW (characterized by its salinity minimum) increases northward from  $4^\circ\text{C}$  at  $30^\circ\text{S}$  to  $5^\circ\text{C}$  at the equator. This is because the core of AAIW is slightly deeper near 900 dbar to the south in the Rio Grande Rise region, yet rises slowly to 800 dbar northward and reaches 700 dbar at the equator (e.g. Bainbridge, 1980).

#### Float launchings during ANT XII/1

Is it safe to assume that AAIW at 900 m depth, south of Vitoria-Trindade chain follows the same circulation pattern as the southern floats, that is without crossing the Vitoria-Trindade chain equatorwards? Is there no crossing at all or is it intermittent? Is the main flux of AAIW which flows northward occurring mainly within IWBC as the one revealed by float n°18, and is there any mean northward motion of AAIW in the interior at all? To help answer these questions and others, 29 more MARVOR floats have been launched between November 1 and 9, 1994, from F.S. "Polarstern" during ANT XII/1 (1 MARVOR however was not put to sea because of a low battery voltage which would have shortened its life). Programmed depth is  $800\pm 30$  dbar, and cycle period for these floats is 3 months instead of 2 months for the SAMBA1 floats. Nine floats were launched along  $25^\circ\text{W}$  near the equator (first float at  $2^\circ\text{N}$ , then one float every half degree down to  $2^\circ\text{S}$ ) to reveal the very energetic and zonal dynamics of AAIW at the equator (SOFAR float trajectories given on Fig. 1.3.2-2, north of  $6^\circ\text{S}$  are from Richardson and Schmitz (1993) near 800 dbar over a 21-month period in 1989-1990), and how AAIW crosses the equator. Although the northward IWBC revealed near Salvador ( $13^\circ\text{S}$ ) seems to be as energetic as the IWBC to the north of the equator and to the zonal back and forth equatorial motions, it remains to verify if the Salvador IWBC has any unsteady character or may even flow southward at times. During ANT XII/1 cruise we have not launched floats in this South Atlantic IWBC (that will be done during next cruises), but we have launched 20 MARVORs in clusters of 5 floats at nearly the same positions as for SAMBA1, and 9 months later. This strategy should allow us to study absolute (1-particle) dispersion and relative (2 or more particles) dispersion since



**Fig. 1.3.2-2:** Trajectories of 13 SOFAR (Sound Fixing And Ranging) floats ballasted for 800 dbar, tracked for 21 months (January 1989 - November 1990) by Richardson and Schmitz (1993), north of 6°S. Trajectories of the 20 MARVOR floats (RAFOS type) programmed for 800±30 dbar, tracked for 4 months (March 1994 - June 1994) which are part of the SAMBA experiment. There is one arrow every month.

the second realisation will certainly be statistically independent of the first one. However, we shall have also to check for time stationarity of mesoscale turbulence characteristics if we want to apply Taylor (1921) and Batchelor (1949, 1952) ideas.

#### Conclusion and future

At the time of this writing (November 1994) the 21 SAMBA1 floats have already surfaced 4 times totaling 14 years of float data. Although only the first 4 months are presented here, preliminary results for the next 4 months seem to confirm the general trends. The 29 SAMBA2 floats (launched during ANT XII/1 cruise) should surface in February 1995. In Spring 1995, 25 other MARVORs will be launched from R.V. "Oceanus", while the last 25 MARVORs should be launched at the end of 1995 or at the beginning of 1996. We hope these 100 floats to live until year 2000.

#### Acknowledgements

Polarstern officers and crew made possible an excellent field work.

#### References

- Bainbridge, A.E., GEOSECS Atlantic expedition, vol. 2, sections and profiles, National Science Foundation, Washington, 1980.
- Batchelor, G.K., Diffusion in a field of homogeneous turbulence, 1, Eulerian analysis, Australian J. Sci. Res., 2, pp.437- , 1949.
- Batchelor, G.K., Diffusion in a field of homogeneous turbulence, 2, Relative diffusion of particles, Proc. Cambridge Phil. Soc., 48, pp.345-362, 1952.
- Crease, J., Velocity measurements in the deep water of the western North Atlantic, J. Geo. Res., vol. 67, pp.3173-3176, 1962.
- Davis, R.E., D.C. Webb, L.A. Regier and J. Dufour, The autonomous lagrangian circulation explorer (ALACE), J. Atmos. Ocean. Tech., vol. 9, pp.264-285, 1992.
- Gill, A.E., Atmosphere-Ocean dynamics, Academic press, 1982.
- Mercier, H., M. Ollivault and P.Y. Le Traon, An inverse model of the North Atlantic general circulation using lagrangian float data, J. Phys. Ocean., vol. 23, pp.689-715, 1993.
- Needler, G.T., The World Ocean Circulation Experiment, Oceanus, vol. 33, no. 2, pp.74-77, 1992.
- Ollivault, M., G. Loaec and C. Dumortier, MARVOR: a multicycle RAFOS float, Sea Tech., vol. 35, pp.39-44, 1994.
- Reid, J.L., On the total geostrophic circulation of the South Atlantic ocean: flow patterns, tracers and transports, Prog. Ocean., vol. 23, pp.149-244, 1989.
- Richardson, P.L., J.F. Price, W.B. Owens, W.J. Schmitz, H.T. Rossby, A.M. Bradley, J.R. Valdes and D.C. Webb, North Atlantic subtropical gyre: SOFAR floats tracked by moored listening stations, Science, vol. 213, pp.435-437, 1981.
- Richardson, P.L. and W.J. Schmitz Jr., Deep cross equatorial flow in the Atlantic measured with SOFAR floats, J. Geoph. Res., vol. 98, C5, pp.8371-8387, 1993.
- Rossby, T., D. Dorson and J. Fontaine, The RAFOS system, J. Atmos. Ocean. Tech., vol. 3, pp.672-679, 1986.
- Rossby, T., A.D. Voorhis and D. Webb, A quasi-lagrangian study of mid-ocean variability using long range SOFAR floats, J. Mar. Res., vol. 33, pp.355-382, 1975.

Swallow, J.C., A neutral-buoyancy float for measuring deep currents, Deep-Sea Res., vol. 3, pp.74-81, 1955.  
 Taylor, G.I., Diffusion by continuous movements, Proc. London Math. Soc., serie 2, vol. 20, pp.196-212, 1921.  
 Vonder Haar, T.H. and A.H. Oort, New estimates of annual poleward energy transport by northern hemisphere ocean, J. Phys. Ocean., vol. 3, pp.162-172, 1973.

#### 1.4 Marine chemistry

##### 1.4.1 Humic Substances in the Cycle of Marine Organic Matter (R.J. Lara, B. Kirchhoff and G. Kattner)

The chemical structure and function of a significant part of the pools of organic carbon and nitrogen in the ocean remains largely unknown. Important components of these pools are humic substances (HS), amino acids and terrigenous compounds such as lignin derivatives. Our work during the "Polastern" Expedition ANT XII/1 concentrated on the collection and processing of water samples for studies on the composition and role of dissolved and particulate organic matter in the Atlantic Ocean.

Since the accomplishment of a complete schedule of sample processing requires several days, CTD water samples were taken at five stations where the characteristics of the different water masses allowed the obtainment of representative samples. The processed samples are kept frozen until analysis in the laboratory. Sampling was performed at four depths, usually 25, 100, 400 m and at the depths where the following water masses are found: Mediterranean Water, North Atlantic Deep Water (NADW), Antarctic Bottom Water (AABW), and Antarctic Intermediate Water (AAIW). The positions of the stations were:

Longitude	Latitude	Water mass	Depth (m)
25°20'N	28°00'W	Mediterr. Water	1200
12°10'N	28°00'W	NADW lower	3500
2° N	25°00'W	NADW upper	1600
27°S	34°48'W	AABW	4400
35°S	43°50'W	AAIW	800

The main work with discrete water samples consisted in:

- Isolation of humic substances (HS) for the determination of their contribution to the pool of dissolved organic carbon (DOC) and nitrogen (DON).
- Comparison of different combination of resins of the XAD type for the extraction of dissolved lignin derivatives and combined amino acids associated with HS.
- Fractionation of dissolved organic matter by ultrafiltration for the determination of its molecular weight distribution. The obtained fractions will be analysed for their content in DOC, DON, concentration and composition of free and combined amino acids.
- Filtration and preservation for determination of chlorophyll a, nutrients, total DOC and DON.

At other three stations water was taken at twelve depths between surface and down to 4000 m for the determination of the variation with depth of the ratio carbon/nitrogen of dissolved organic matter.

Continuous extraction of particulate material and the hydrophobic neutral fraction of dissolved HS was performed with a Seastar sampler from surface seawater delivered to the system by a diaphragm pump. The processing of volumes of about 100 L required 2-3 days. The obtained fraction of HS will be further processed on land for the determination of nitrogenated organic substances, particularly heterocyclic compounds. The particulate matter will be fractionated with different methods to investigate aspects related to the formation of HS in the water column.

In cooperation with the Heavy Metal Group of the AWI, aerosol and rainwater samples will be further chemically characterised by determination of nutrients, amino acids and other organic components.

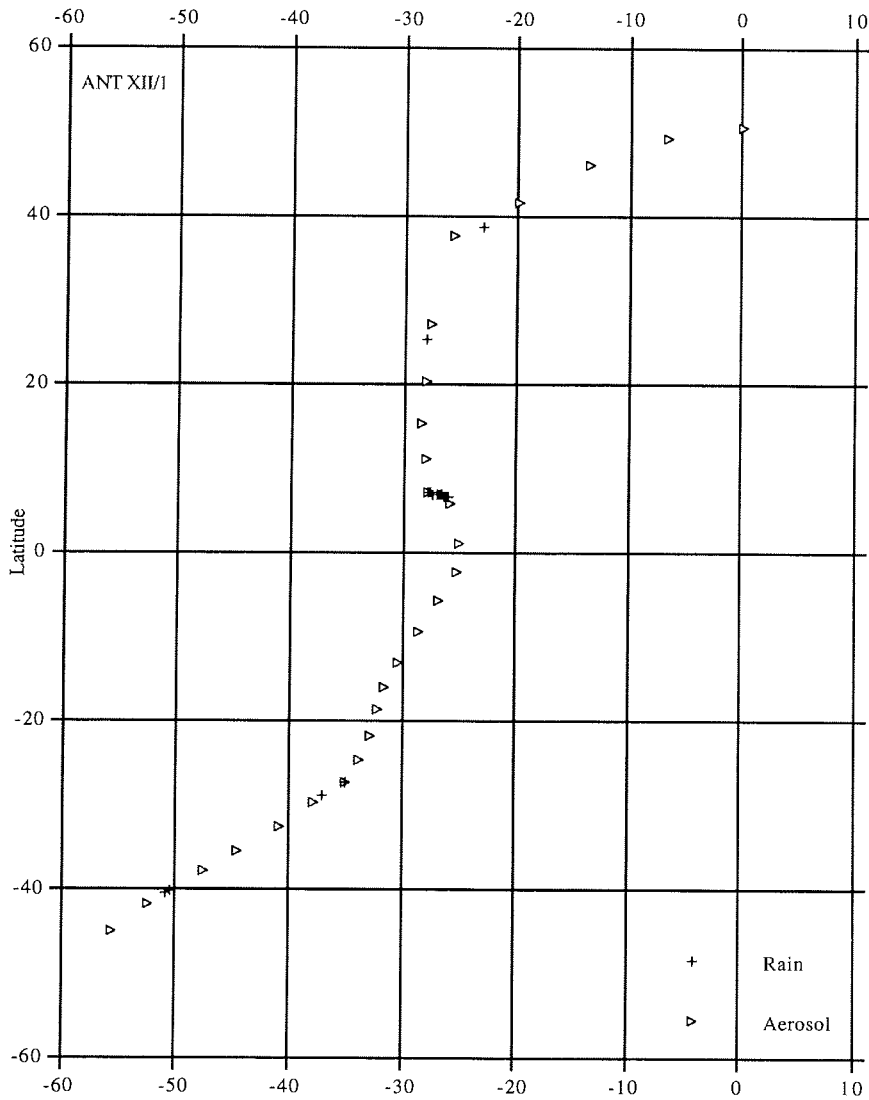
## **1.5 Atmospheric and marine chemistry**

### **1.5.1 Determination of atmospheric trace metal fluxes to the Atlantic Ocean in comparison to their distribution in open ocean surface water (M. Kriews and I. Stölting)**

The atmosphere is a major pathway for trace metal transport from highly industrialised areas to remote areas. The purpose of this investigation was to quantify the atmospheric heavy metal flux to the Atlantic Ocean. This was performed by measurements of heavy metal concentrations in aerosol samples as well as in precipitation samples. Due to the major importance of wet deposition in open ocean areas, we took precipitation samples in a high temporal and spatial resolution in the ITCZ, where a very large amount of rainfall occurs during the year.

#### **Aerosol sampling**

Aerosol and deposition measurements as well as rain sampling were carried out on the Peildeck onboard RV "Polarstern". During the cruise 29 daily aerosol samples were taken with a High-Volume-Sampler on Nucleopore filters with a pore size of 1 µm. Fig. 1.5.1-1 shows the position of aerosol sampling on this cruise.



**Fig. 1.5.1-1:** Positions of aerosol and rain sampling. Shown is the start point of sampling

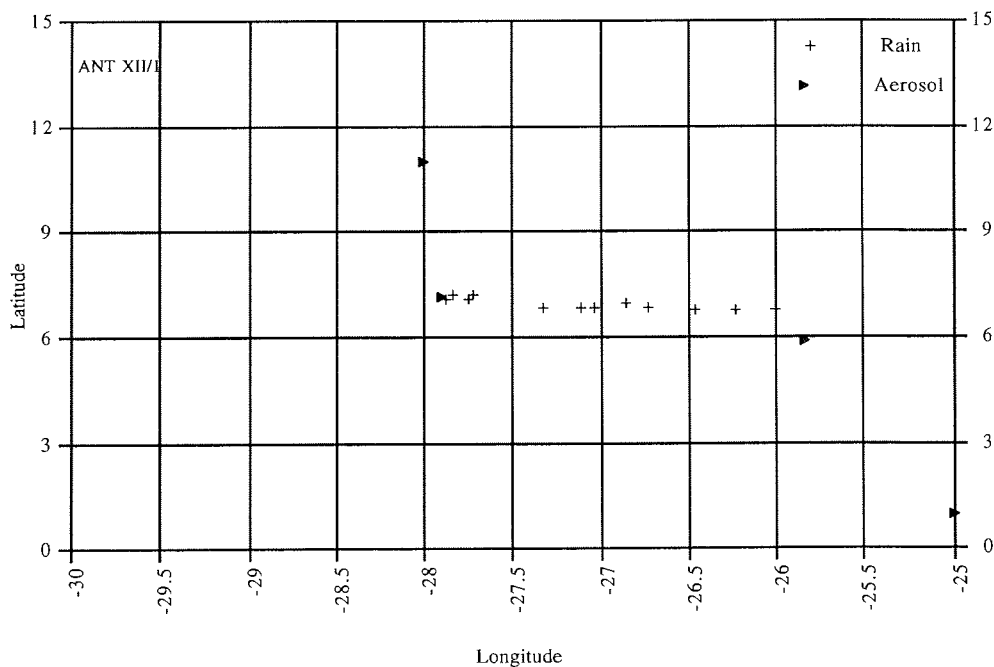
The aerosol sampler was controlled by a wind sensor to avoid contamination from the exhaust plume. To estimate the contribution of the ships exhaust we took two aerosol samples when the wind was coming from the stern of the ship. In addition we took a sample from the fuel. The analysis of the fuel sample and of the contaminated air sample will give us the elemental composition of ships contamination.

Parallel to aerosol sampling an optical particle counter measured the aerosol size distribution in six size ranges from 0.3 to 10  $\mu\text{m}$  with a time resolution of 10 minutes. For the data interpretation we got onboard backward trajectories from the meteorologist (DWD/SWA).

Taking into account the results of the subsequent analysis for some tracer elements and the evaluation of the backward trajectories, we will estimate the contribution of marine, terrestrial and anthropogenic sources to the atmospheric metal flux in the atmosphere over the Atlantic Ocean.

### Rain sampling

A main pathway for trace metal deposition on the water surface is the wash out of aerosols via rain. Therefore, we performed sampling of rain, aerosol and water in a high resolution especially in the ITCZ. In this area surface water samples were taken before and just after a rain event. The sampling positions of rain water are shown in Fig. 1.5.1-1 and in higher resolution especially in the ITCZ in Fig. 1.5.1-2.



**Fig. 1.5.1-2:** Positions of aerosol and rain sampling in the ITCZ

The rain water samples were taken with precleaned funnels and polyethylene bottles on the Peildeck, when the wind was coming from the front of the ship or on the Helicopter deck, when the wind was coming from the back side. The funnels were opened when the rainfall begins. Thereafter the funnels were provided by a polyethylene bag and transported to the cleanroom container.

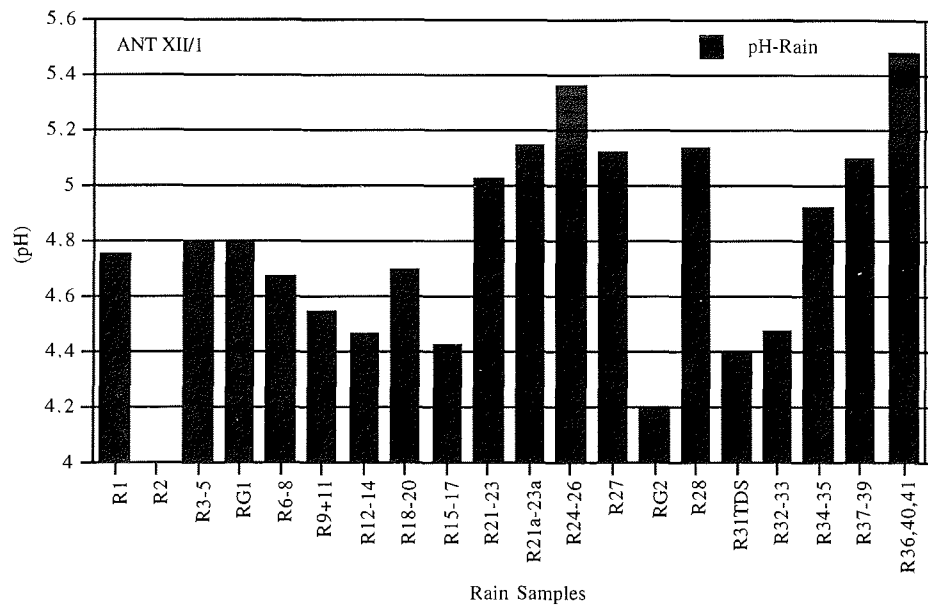
During some rain events we had two or three samplers parallel, to get large amounts of water for the subsequent analysis. We collected 41 rain samples from 17 rain events on this cruise. The rain sampling parameter are given in Table 1.5.1-1.

**Tab. 1.5.1-1:** Rain sampling parameter during the cruise ANT XII/1

Sample	Lon. (°E)	Lat. (°N)	Date (1994) Start	Date End	Time h	Vol. ml	mm
R1	23.06	38.81	24.10.1994 09:00	24.10.1994 11:30	02:30	225	4.8
R2	-28.00	25.33	27.10.1994 00:40	27.10.1994 02:02	01:22	30	0.6
R3-5	-27.72	7.22	30.10.1994 14:45	30.10.1994 15:40	00:55	50	1.1
RG1	-27.72	7.22	30.10.1994 14:45	30.10.1994 15:40	00:55	150	1.1
R6-8	-27.83	7.18	30.10.1994 16:06	30.10.1994 16:56	00:50	530	11.2
R9+11	-27.87	7.06	30.10.1994 18:02	30.10.1994 19:36	01:34	200	4.2
R12-14	-27.75	7.07	30.10.1994 20:20	30.10.1994 20:40	00:20	60	1.3
R18-20	-27.33	6.83	30.10.1994 23:01	31.10.1994 00:54	01:53	530	11.2
R15-17	-27.11	6.81	31.10.1994 01:04	31.10.1994 01:48	00:44	150	3.2
R21-23	-27.03	6.85	31.10.1994 01:52	31.10.1994 03:22	01:30	300	6.4
R21a-23a	-26.85	6.93	31.10.1994 03:22	31.10.1994 04:14	00:52	530	11.2
R24-26	-26.73	6.83	31.10.1994 04:25	31.10.1994 06:11	01:46	400	8.5
R27	-26.46	6.75	31.10.1994 06:11	31.10.1994 10:30	04:19	475	10.1
RG2	-26.23	6.74	31.10.1994 08:20	31.10.1994 08:50	00:30	50	0.4
R28	-26.00	6.74	31.10.1994 10:30	31.10.1994 11:17	00:47	100	2.1
R31TDS	-25.56	-3.00	02.11.1994 22:20				
R32-33	-35	-27.2	10.11.1994 18:05	11.11.1994 07:17	13:12	290	6.2
R34-35	-36.9	-28.9	11.11.1994 08:00	11.11.1994 13:17	05:17	165	3.5
R37-39	-50.4	-40.2	15.11.1994 20:41	15.11.1994 23:15	02:34	310	6.6
R36,40,41	-50.8	-40.5	15.11.1994 23:15	16.11.1994 01:30	02:15	60	1.3

After each sampling period the funnels were cleaned with diluted nitric acid and rinsed with MilliQ-water. In the cleanroom container we measured the conductivity and the pH of the samples. The pH-values are shown in Fig. 1.5.1-3. They were in a range of 4.2 to 5.5. The pH-value is increasing with time during sampling in the same front (R21-23, R21a-23a, R24-26 and R37-39, R36,40-41). This increase is an effect of wash out from acidic compounds during the rain event.



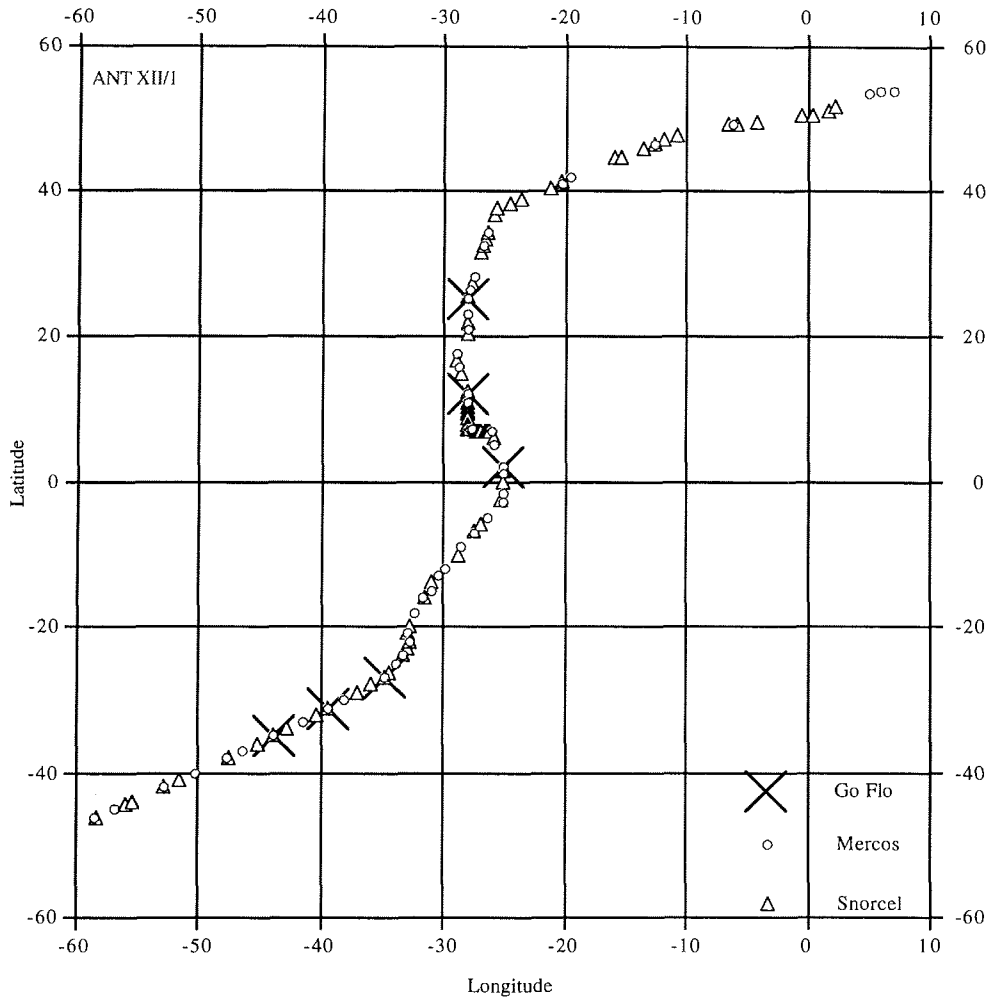


**Fig. 1.5.1-3:** pH-values of rain sampled during the cruise ANT XII/1

Some rain samples were filtered onboard to investigate the heavy metal distribution between the particulate and the dissolved phase. All rain samples for the heavy metal analysis were acidified with suprapur nitric acid to avoid metal adsorption on the bottle wall. In addition to the heavy metal analysis we will perform analysis of anions by ionenchromatography and nutrients by an Autoanalyser at our home laboratory.

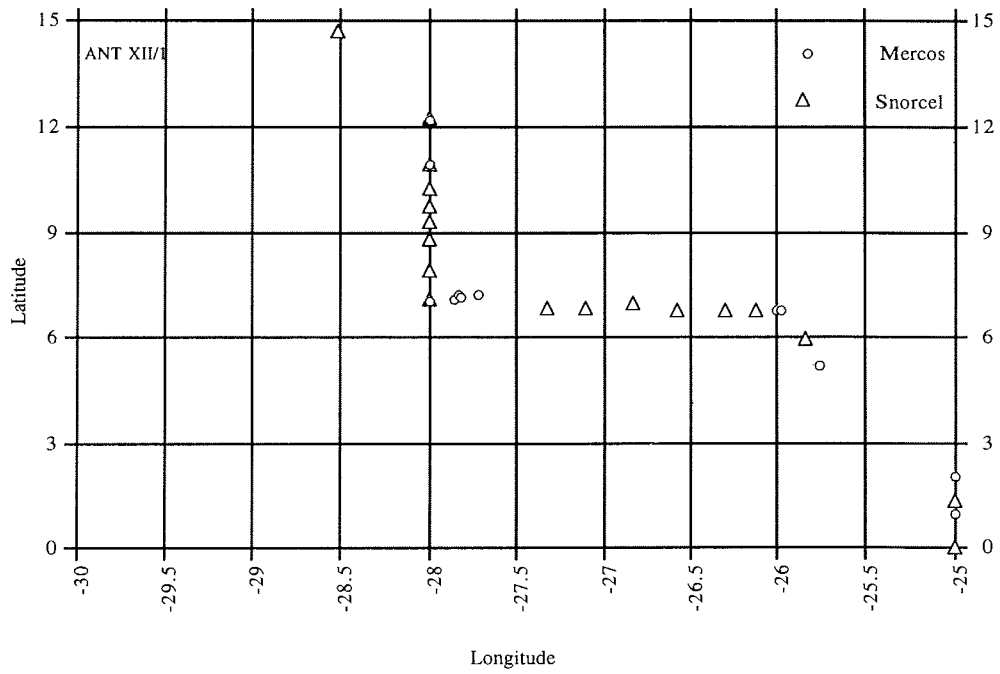
#### Open ocean surface water sampling

In addition to the atmospheric measurements open ocean surface water samples were taken at the bow boom with a MERCOS-Sampler and continuously from the snorkel system in the hydrographic shaft. The sampling positions are shown in Fig. 1.5.1-4. The samples from the bow boom were taken at a depth of 1.5-2 m, while the snorkel samples are from a depth of 13.5 m (2 m below the Kiel of "Polarstern").

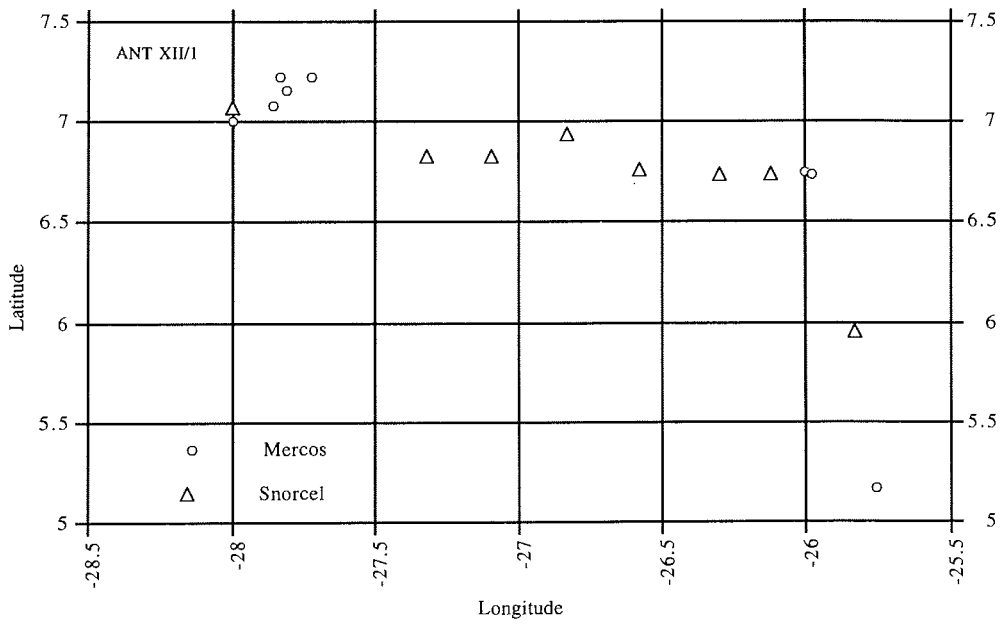


**Fig. 1.5.1-4:** Positions of surface water sampling performed with the snorkel system and with the MERCOS-sampler and positions of depth profiles with the Go Flo sampler

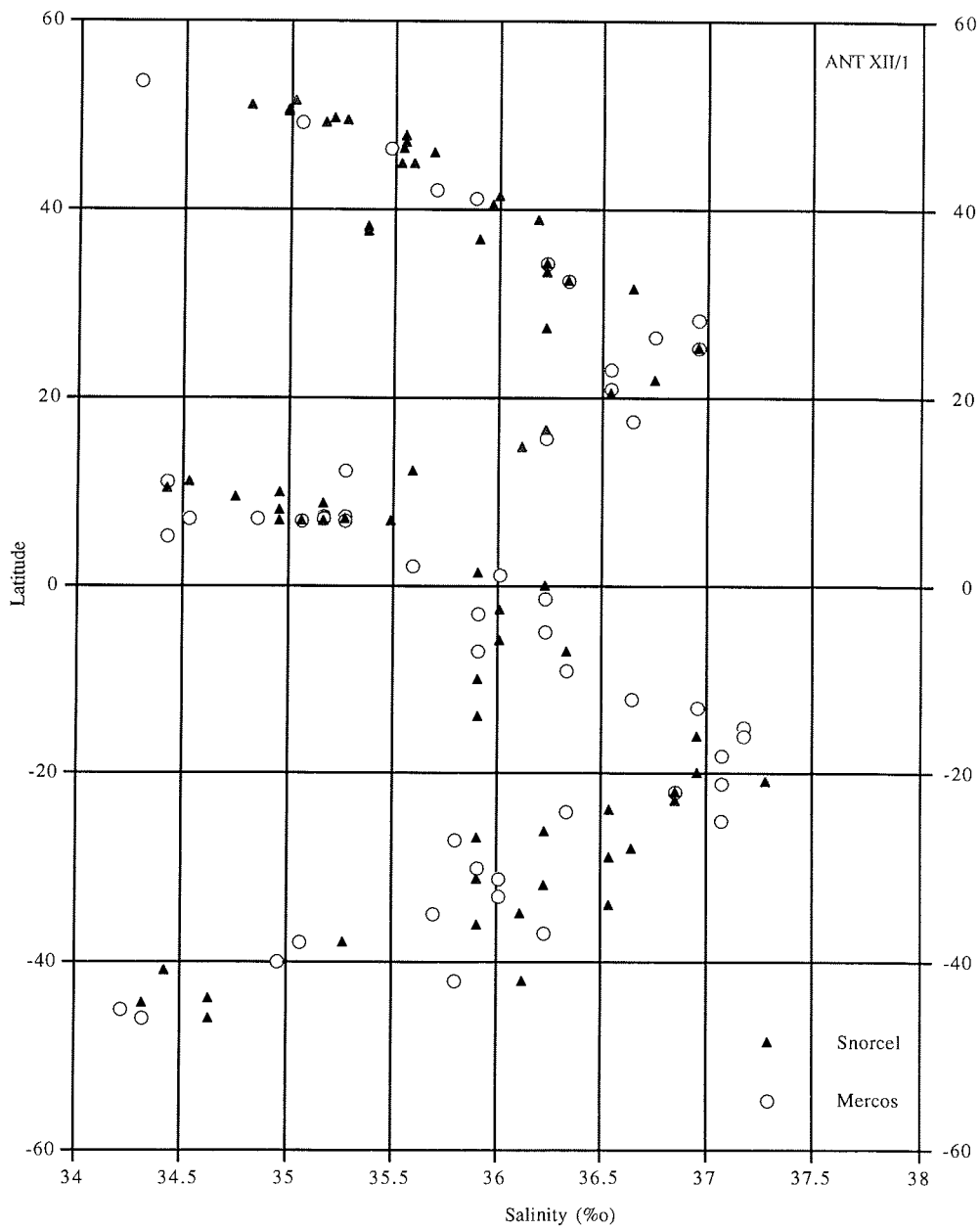
In the ITCZ we carried out a temporal and spatial resolution of surface water sampling to study atmospheric signals in the distribution of trace metals in the water column. The sampling positions are shown in Figs 1.5.1-5 and 1.5.1-6. Especially in the area, where we had the rain events we performed surface water sampling at the bow boom just before a rain event and just before the end of raining.



**Fig. 1.5.1-5: Positions of surface water sampling in the ITCZ**



**Fig. 1.5.1-6: Positions of surface water sampling in the rain area**



**Fig. 1.5.1-7:** Salinity in open ocean surface water

Because of the low concentrations of trace metals in open ocean sea water we had to take care of contaminations. All sample preparation steps and sample handling were carried out in the cleanroom container and under a clean bench.

After sampling the samples were brought immediately into the container where we measured the conductivity, salinity and pH-value and took sub-samples for nutrient analysis. To these samples mercury chloride was added for preservation. After this procedure the samples for heavy metal analysis were acidified and stored for one day before sample preparation for the subsequent analysis was performed.

First results from the measurements of salinity are presented in Fig. 1.5.1-7 which shows that there was low salinity in the North Sea as well as in the English Channel and increasing values to the south. This is an effect of water evaporation in the warm areas of the Atlantic Ocean. In the ITCZ the values decreased rapidly due to the high amount of fresh water input from rainfall. South of the ITCZ we found increasing values again, before they are decreasing close to the south American coast.

#### Depth Profiles

In addition to the investigation of trace metal distribution in the surface water we have taken deep water samples. For the six vertical profiles in the water column Go-Flo-sampler of the type Close-Open-Close-Sampler were used on a special protected wire. The sampling positions are shown in Fig. 1.5.1-4. The samples were taken from depths of 10, 20, 40, 60, 80, 100, 150 and 200 m. From contamination protected bottles of the rosette sampler water was taken at depth between 800 and 4000 m. In these deep water samples we have carried out the same measurements as in the surface water samples.

### **1.5.2 The distribution and cycling of halogenated trace gases between atmosphere and ocean** (James H. Butler, J., M. Lobert, S., A. Yvon and L., S. Geller)

#### Introduction

The distribution, flux, and lifetime of numerous atmospheric trace gases are affected significantly by the chemistry and biology of the ocean. This is readily apparent with gases that undergo reactions in the marine boundary layer, but it also is true for some of the longer-lived gases that have been implicated in stratospheric ozone depletion and global warming. Certain anthropogenic gases, such as  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$  or  $\text{CCl}_4$ , are consumed by reaction with seawater or by other processes involving biology or even sedimentation (Jeffers et al. 1989a,b; Wallace et al. 1994). The partial atmospheric loss rates for these gases with respect to the ocean depend upon the aquatic degradation and air-sea exchange rates, and can be estimated from direct measurement of their partial pressures in air and water (Butler et al. 1991; Lobert et al. 1993). Other gases, such as  $\text{N}_2\text{O}$ , which has a lifetime of 100-150 y in the atmosphere, or  $\text{CH}_3\text{Cl}$  with an atmospheric lifetime of a two years, or  $\text{CH}_3\text{I}$  with an atmospheric lifetime on the order of weeks, are produced in the ocean and emitted in significant amounts.  $\text{N}_2\text{O}$  in seawater at depth usually correlates negatively with dissolved  $\text{O}_2$ , as it is produced where oxygen is low, presumably by nitrification. The flux of  $\text{N}_2\text{O}$  from the ocean to the atmosphere amounts to 10-20% of the total atmospheric budget (Butler et al. 1989). Oceanic emissions amount to much greater than 50% of the atmospheric  $\text{CH}_3\text{Cl}$  budget and to well over 90% of

the atmospheric CH<sub>3</sub>I budget (e.g., Singh et al. 1983; Reifenhäuser and Heumann 1992).

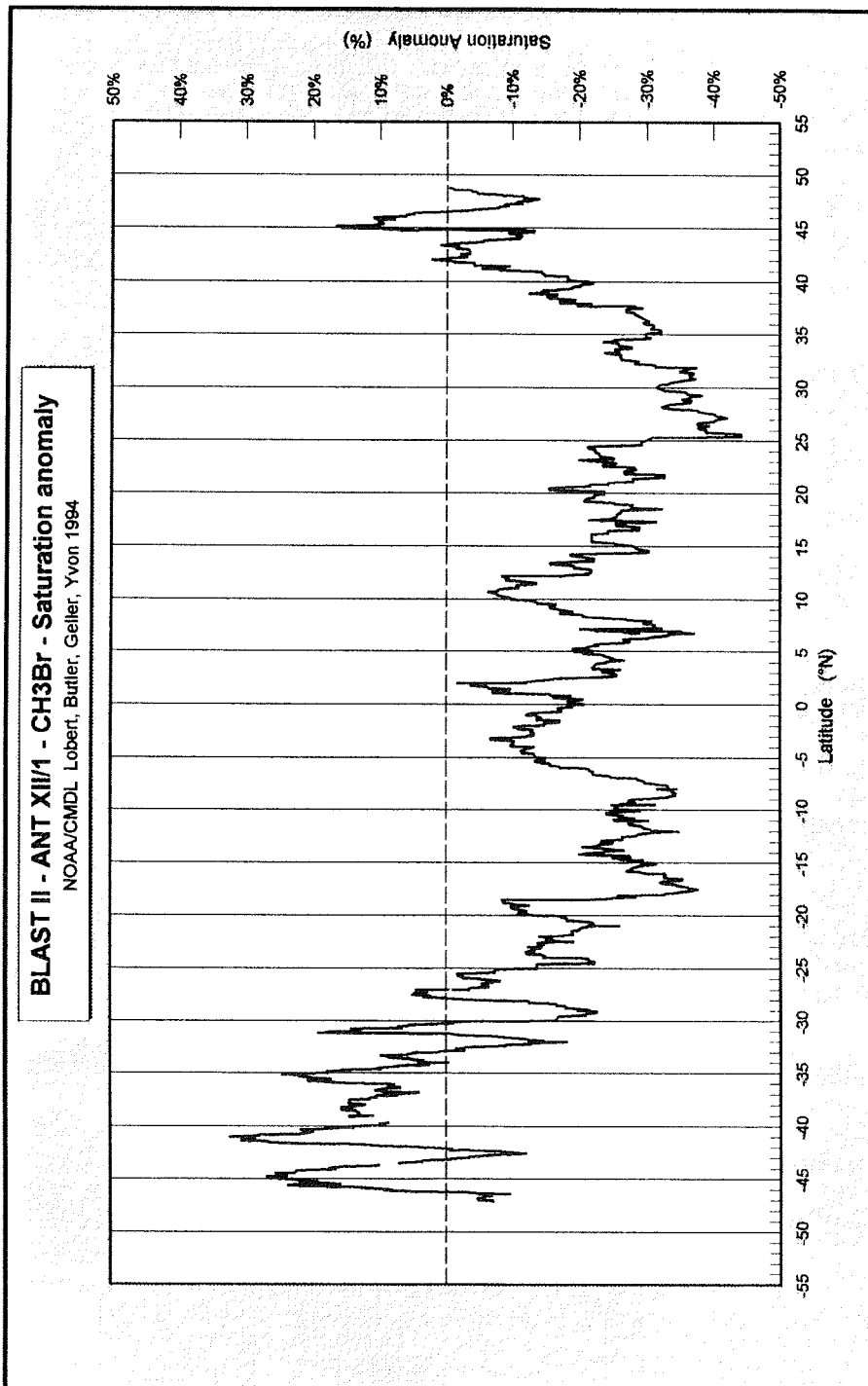
Methyl bromide (CH<sub>3</sub>Br) is of particular interest because it is both produced and consumed in the ocean, thus allowing the ocean to act as a "buffer" for CH<sub>3</sub>Br in the atmosphere (Fig. 1.5.2-1). This simultaneous production and consumption of atmospheric CH<sub>3</sub>Br suggests that the atmospheric lifetime of this gas is shorter than would be calculated from net emissions or net consumption (Butler 1993). Although earlier reports declared the ocean a net source of CH<sub>3</sub>Br (Singh et al. 1983; Khalil et al. 1993), we determined on a recent expedition to the Pacific Ocean that losses of atmospheric CH<sub>3</sub>Br to the ocean outweighed emissions in most areas, making the ocean a net sink for CH<sub>3</sub>Br (Lobert et al. 1994). The budget of atmospheric CH<sub>3</sub>Br is in good part unresolved and remains somewhat controversial because of recent attempts to regulate and ultimately eliminate anthropogenic emissions (e.g., Copenhagen Amendments to Montreal Protocol, 1994). CH<sub>3</sub>Br apparently is responsible for most of the Br that reaches the stratosphere, where it can destroy ozone 20-100 times faster than Cl. This, and its short atmospheric lifetime (1-2 y) relative to those of the CFC's (50-150 y), makes it a good candidate for reduction or elimination of anthropogenic emissions. The biggest remaining questions are how much CH<sub>3</sub>Br in the atmosphere is man-made and how will nature respond to a reduction in emissions. Also, no information on the distribution of CH<sub>3</sub>Br with depth in the ocean has yet been published.

The main objective of this expedition has been to extend our understanding of the distribution and cycling of CH<sub>3</sub>Br in the atmosphere and ocean. This has been pursued by making rapid, in situ measurements of CH<sub>3</sub>Br in the surface water and atmosphere along the cruise track and by obtaining depth profiles of CH<sub>3</sub>Br at selected CTD stations. Secondary objectives included obtaining atmospheric and surface water data for other methyl halides, most notably CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>3</sub>I, CHBr<sub>3</sub>, and CH<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, continued verification of oceanic sinks for CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub> and CCl<sub>4</sub>, measurement of N<sub>2</sub>O depth profiles, and measurement of the saturation anomalies of other halocarbons and hydrocarbons in the surface waters.

## Methods

Our approach calls for nearly continuous, automated, in situ measurement by gas chromatography-mass spectrometry (GCMS) of about 20 mostly halogenated trace gases, in the surface water and atmosphere along this cruise track (Table 1.5.2-1). Air for these measurements is sampled periodically from a continuous flow at 4-5 l min<sup>-1</sup> from the bow; water is partitioned with a Weiss equilibrator from which the circulating headspace is also sampled periodically (Butler et al. 1988, 1991). The GCMS configuration is almost identical to that used earlier this year in the Pacific Ocean (Lobert et al. 1994), where about 200 ml of sample or calibration gas is trapped onto an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KCl wide-bore (0.53 mm ID) capillary at -50°C, followed by flash injection onto a 0.2 mm ID x 30 m, DB-5 (J&W), temperature programmed column in an HP5890A GC connected to an HP5971 quadrupole mass spectrometer. The GCMS is capable of running samples at roughly 30 min intervals, alternating air and equilibrator (water) samples along with calibration gases.

Even more rapid measurements of CFC-12, CFC-11, CFC-113, CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and SF<sub>6</sub> in the air and surface water were obtained with a custom-built, three



**Fig. 1.5.2-1:** The saturation anomaly of methyl bromide as measured with the GC/MS system during ANT XII/1.

channel electron capture gas chromatograph (ECGC). This system is capable of processing samples at 10 min intervals (Lobert et al. 1993). The chromatography is isothermal with pre- and backflushed precolumns and, to insure high precision (0.2-2.0%) analyses at short intervals.

Flask samples of air and the air mixture equilibrated with seawater were collected every 5 degrees in the higher latitudes and every 2.5 degrees from 15N to 10S. The flasks will be returned to Boulder for verification of our in situ measurements and for measurement of a gases not obtained in situ.

**Table 1.5.2-1:** Gases measured continuously in air and water with different systems by NOAA/CMDL during Polarstern ANT XII/1.

Compound Name	Formula
<i>GC/MS system</i>	
HCFC-22	CF <sub>3</sub> Cl
HCFC-142b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>2</sub> Cl
Methyl Chloride	CH <sub>3</sub> Cl
CFC-114	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> symm
H-1211	CF <sub>2</sub> ClBr
Methyl Bromide	CH <sub>3</sub> Br
Ethyl Chloride	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl
CFC-11	CFCl <sub>3</sub>
HCFC-141b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> FCl <sub>2</sub>
Isoprene	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> / H <sub>2</sub> C=C(CH <sub>3</sub> )CH=CH <sub>2</sub>
Methyl Iodide	CH <sub>3</sub> I
CFC-113	CCl <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>
Methylene chloride	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
Methyl Nitrate	CH <sub>3</sub> ONO <sub>2</sub>
ChloroBromoMethane	CH <sub>2</sub> ClBr
Chloroform	CHCl <sub>3</sub>
Methyl Chloroform	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>
Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
Carbon Tetrachloride	CCl <sub>4</sub>
DiBromoMethane	CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>
ChloroIodoMethane	CH <sub>2</sub> ClI
ChloroDiBromoMethane	CHClBr <sub>2</sub>
PerChloroEthylene	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>
Bromoform	CHBr <sub>3</sub>
DilodoMethane	CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>
<i>GC/ECD system</i>	
CFC-12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
CFC-11	CFCl <sub>3</sub>
CFC-113	CCl <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>
Methyl chloroform	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>
Carbon tetrachloride	CCl <sub>4</sub>
Nitrous Oxide	N <sub>2</sub> O
Sulfur hexafluoride	SF <sub>6</sub>



Samples from the CTD rosette were analyzed for dissolved N<sub>2</sub>O by an automated headspace sampling technique and ECGC (Butler and Elkins 1990). With this approach, twenty-four samples and references could be analyzed within 3 hours, allowing us to keep up with hydrocasts at one degree latitude intervals during the latter part of the expedition. Measurements of CH<sub>3</sub>Br, CH<sub>3</sub>Cl, and CFC-12 from rosette samples were limited to hydrocasts about 4 degrees of latitude apart because of the time required for these analyses. For these measurements, samples were drawn from the rosette Niskin bottles directly into 100 ml syringes. Equal volumes of water and ultra-high purity nitrogen were shaken for 15 min on a wrist action shaker to equilibrate the dissolved gases (McAuliffe 1963). Fifty milliliters of headspace was then injected onto a 3.2 mm ID, packed Porapak Q trap at -45°C, focussed onto a 1.6 mm ID, Unibeads-1s trap at the same temperature, and then flash-injected onto a column of Poraplot Q at 72°C, configured for backflushing.

An online, continuous ozone analyzer was installed in the crow's nest and took 10 minute average samples of ambient ozone which might help understand some of the photochemistry during the cruise. The instrument belongs to the Max Planck Institute for Chemistry, Airchemistry Department in Mainz, Germany and is part of an ongoing project to monitor ozone over the ocean.

Water samples were taken for a group of the University of Washington, College of Oceanography and Fisheries. The samples which were taken every few degrees of latitude, will be returned to the United States and be analyzed for Carbon-14.

## Results

All results presented here must be considered preliminary. Although data are processed on board, faulty data points, owing to contamination by wind direction from the stern or due to sampling and analytical criteria, have not been flagged, and offsets for equilibrator warming need to be readjusted. It will take some time and careful analysis of the data set alongside the meteorological and oceanographic parameters measured on this expedition, mostly taken from the ship's data center. The calibration gases also will be restandardized upon return to Boulder to account for any possible drift of the concentration of substances in the cylinders over the duration of this cruise. During this expedition, we accumulated about 1400 measurements of the twenty-five atmospheric and dissolved gases obtained by GCMS, 350 each for air, water and the calibration gases, and about 4600 measurements of the seven gases obtained by ECGC, for a total of 31000 signals of gases from air and surface water. N<sub>2</sub>O was sampled at 16 depths from 43 hydrocasts for a total of 688 analyses of dissolved N<sub>2</sub>O at depth. Profiles of CH<sub>3</sub>Br, CH<sub>3</sub>Cl, and CFC-12 were obtained from 14 of the hydrocasts taken along this transect.

### Significant air and surface water measurements

Atmospheric CH<sub>3</sub>Br ranged from a rough average of 12 parts per trillion (ppt) in the northern hemisphere to around 9 ppt in the southern hemisphere, indicative of a global distribution of sources and sinks favoring emission in the northern hemisphere. The saturation anomaly for CH<sub>3</sub>Br, defined as the percent supersaturation  $[100 \cdot (p_w - p_a) / p_a]$ , where p is the partial pressure of the gas in the water (w) and air (a), followed a pattern similar to that observed earlier this year in the east Pacific (Lobert et al. 1994). The central gyres in both hemispheres were 20-

40% undersaturated in  $\text{CH}_3\text{Br}$ , waters near the equator and open ocean upwelling were much less negative, on the order of 0-10% undersaturated, and coastal waters or waters associated with the spring bloom in the Brazil current were supersaturated in  $\text{CH}_3\text{Br}$  (Fig. 1.5.2-1).  $\text{CH}_3\text{Br}$  is destroyed in seawater by reaction with  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , and to a lesser extent,  $\text{OH}^-$ . Although the lifetime of  $\text{CH}_3\text{Br}$  dissolved in seawater is on the order of days to tens of days, production of the gas clearly outstrips its consumption in waters associated with high biological productivity.

$\text{CCl}_4$  was undersaturated by 5-10% everywhere along this transect with the largest undersaturations being near the equator (probably due to upwelling of lower  $\text{CCl}_4$  waters) and in higher latitudes (Fig. 1.5.2-2). The saturation anomaly appears independent of the temperature and biological productivity of surface waters. This would be consistent with a subsurface sink for  $\text{CCl}_4$ , involving microbial activity or scavenging by particles, as suggested recently by Wallace et al. (1994).  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$ , on the other hand, was 5-10% undersaturated in the warm waters of the tropics, but not under- or supersaturated at higher latitudes except for apparent contamination events (Fig. 1.5.2-3). This is consistent with a hydrolysis sink for  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$  in the surface waters (Butler et al. 1991; Jeffers et al. 1989a).

$\text{CH}_2\text{Br}_2$  is a good example of a gas that is mainly produced in upwelling regions of the ocean. Although it is a relatively short-lived gas in the atmosphere, it still exhibits an interhemispheric gradient indicative of predominantly northern hemispheric sources (Fig. 1.5.2-4). The supersaturation in the ocean jumps from 10-50% in most of the open ocean to well over 200% near the equator and the Azores, where upwelling was significant.

#### Subsurface Measurements

Nitrous oxide, which is one of the more sensitive indicators of upwelling in the open ocean, is produced in waters of intermediate depth in the ocean, where the oxygen minimum is well developed (Fig. 1.5.2-5).  $\text{N}_2\text{O}$  is produced by microbial nitrification and it is both produced and consumed by nitrification and denitrification. Both of these processes are accelerated in waters of low oxygen tension and the  $\text{N}_2\text{O}$  yield continues to increase with decreasing oxygen until the dissolved  $\text{O}_2$  becomes low enough (20  $\mu\text{M}$ ) for consumption by denitrification to predominate. Along our cruise track,  $\text{O}_2$  was lowest in the intermediate waters of the northern hemisphere and the equatorial current system, but never extremely low (Tsuchiya et al. 1992, 1994). Depth profiles of  $\text{N}_2\text{O}$  show a steeper gradient from the surface to the maximum in the northern hemispheric and tropical regions than farther south (Fig. 1.5.2-6). In the deepest waters,  $\text{N}_2\text{O}$  production apparently is zero, distinct horizons for what appear to be upper and lower North Atlantic Deep Water and Antarctic Bottom Water.

Depth profiles of CFC-12, normalized to surface values, show the typical profile associated to downward mixing of a physical tracer of atmospheric origin (Fig. 1.5.2-7).  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , apparently produced in the surface layer, was mixed downward with a profile similar to that for CFC-12, yet many  $\text{CH}_3\text{Cl}$  profiles showed enhanced levels near the bottom of the surface layer. High quality  $\text{CH}_3\text{Br}$  profiles were more difficult to obtain because of analytical blanks, arising from a number of potential sources in sample storage and analysis. The compound is "sticky" on glass, metal, and elastomers and it is persistent once it contaminates the system. Some profiles,

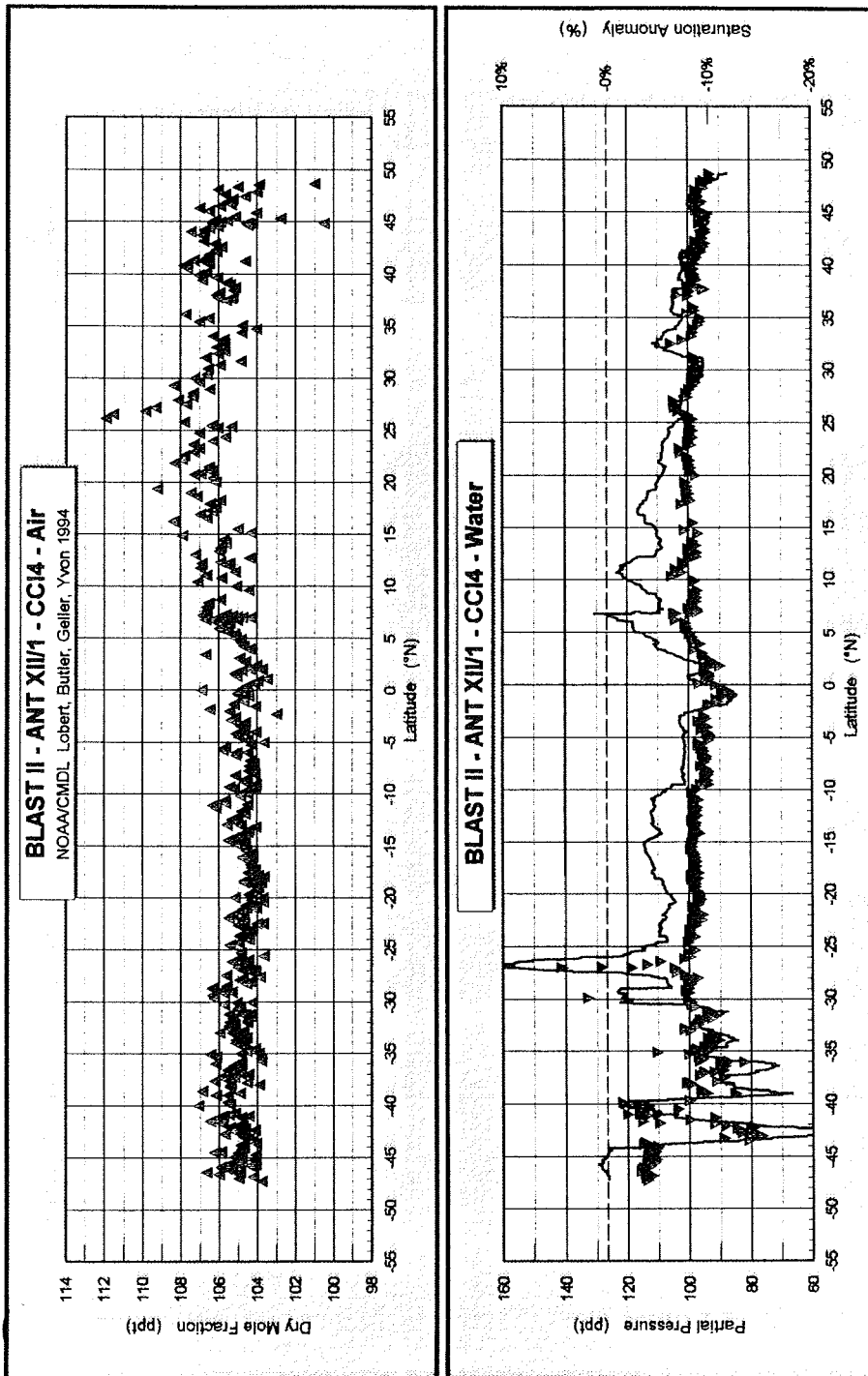
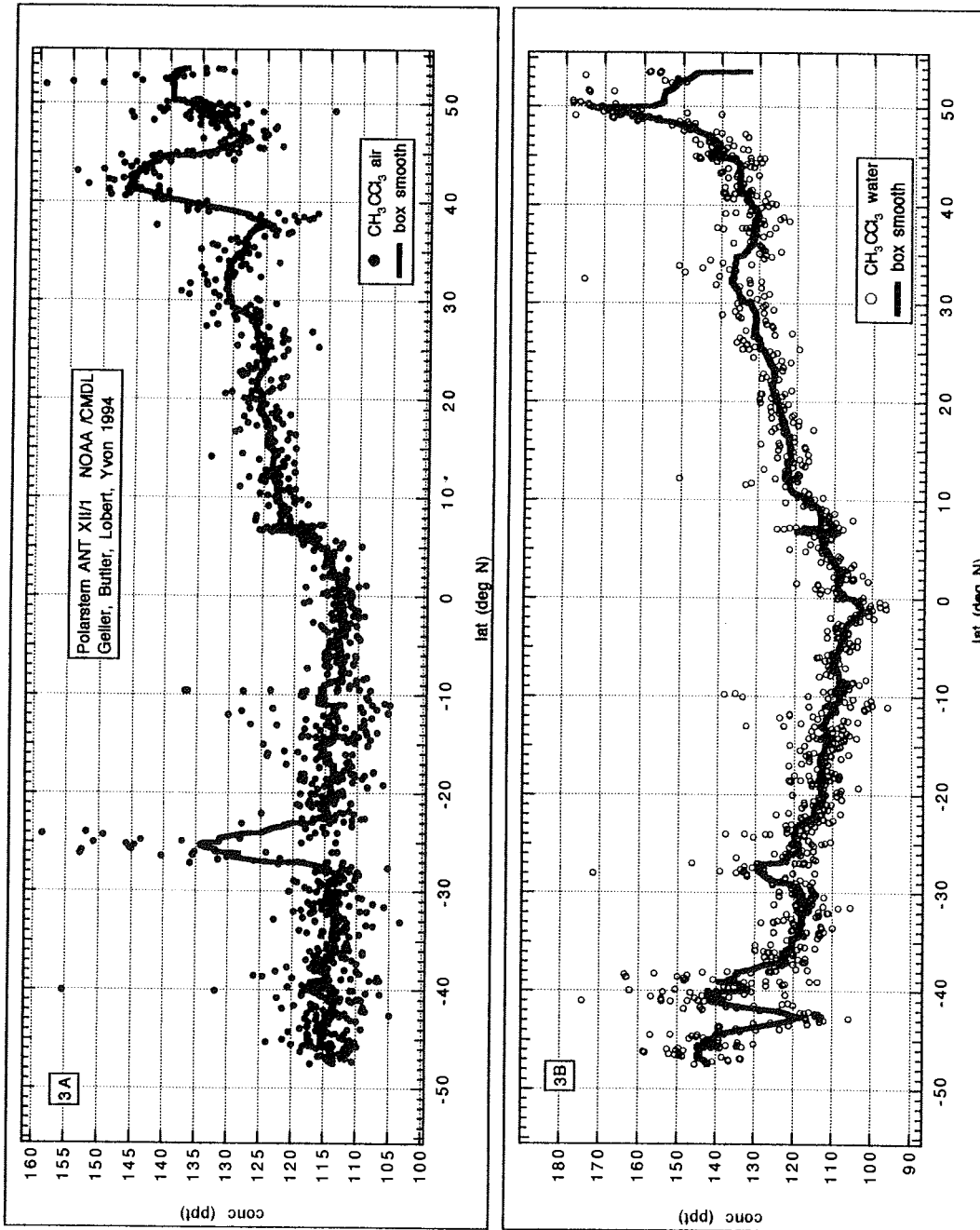
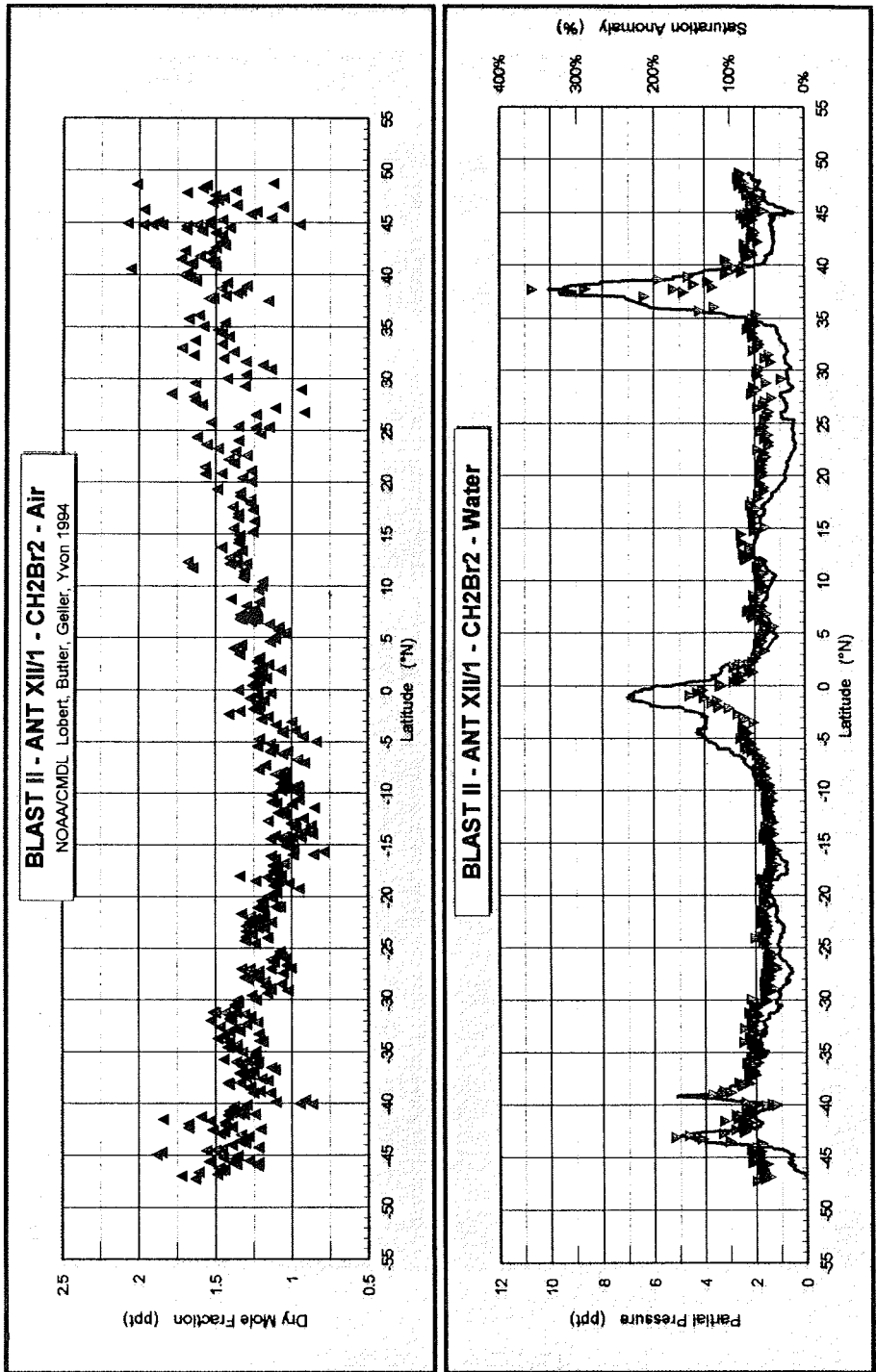


Fig. 1.5.2-2: The dry mole fraction of carbon tetrachloride in the air (a) and its partial pressure in the water (b) as measured with the GC/MS system during ANT XII/1. The solid line represents the net saturation anomaly (right axis).



**Fig. 1.5.2-3:** The dry mole fraction of methyl chloroform in the air (a) and its partial pressure in the water (b) as measured with the ECGC system during ANT XII/1.



**Fig. 1.5.2-4:** The dry mole fraction of dibromo methane relative to a standard of Colorado air in the air (a) and its partial pressure in the water (b) as measured with the GC/MS system during ANT XII/1. The solid line represents the net saturation anomaly (right axis).

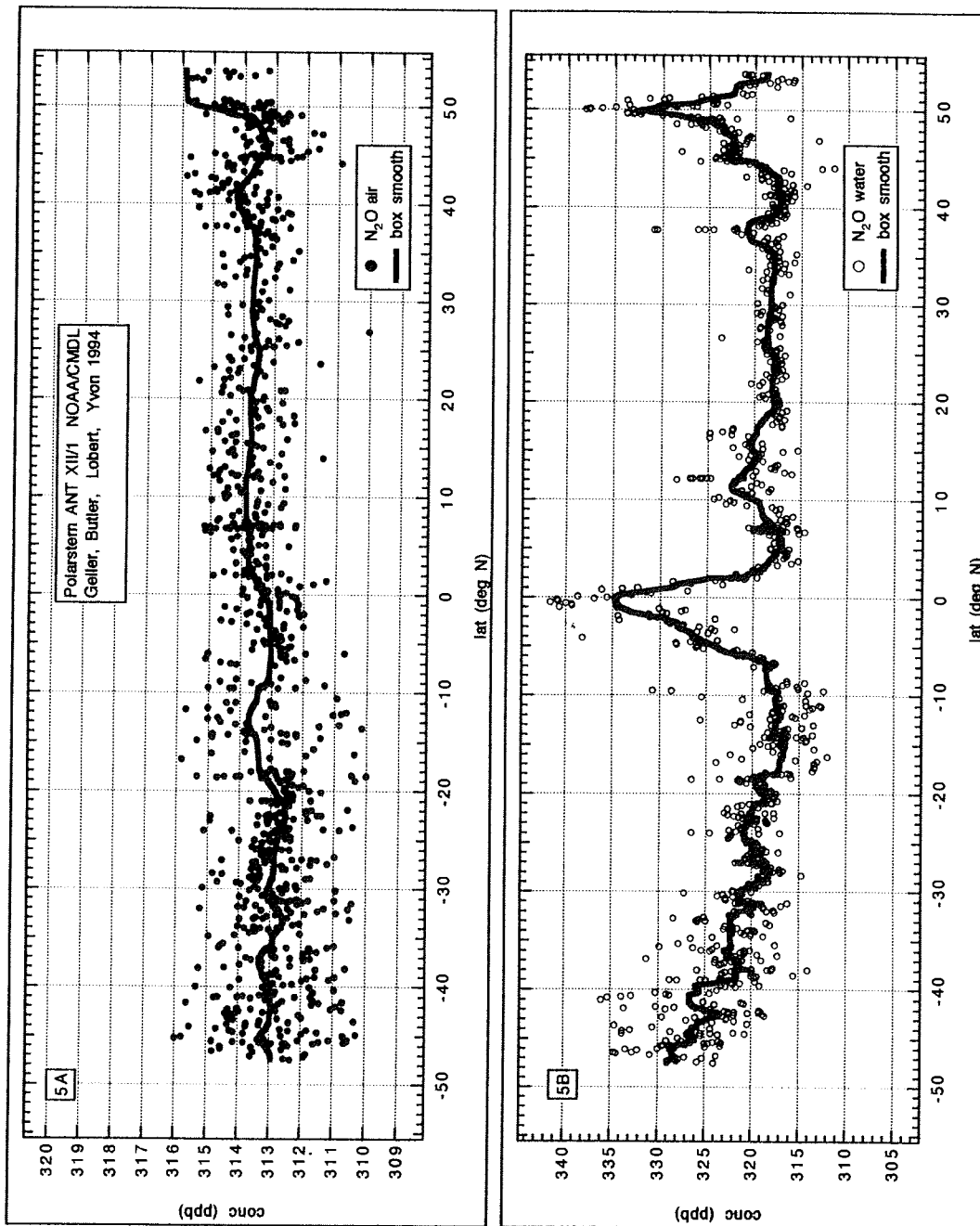
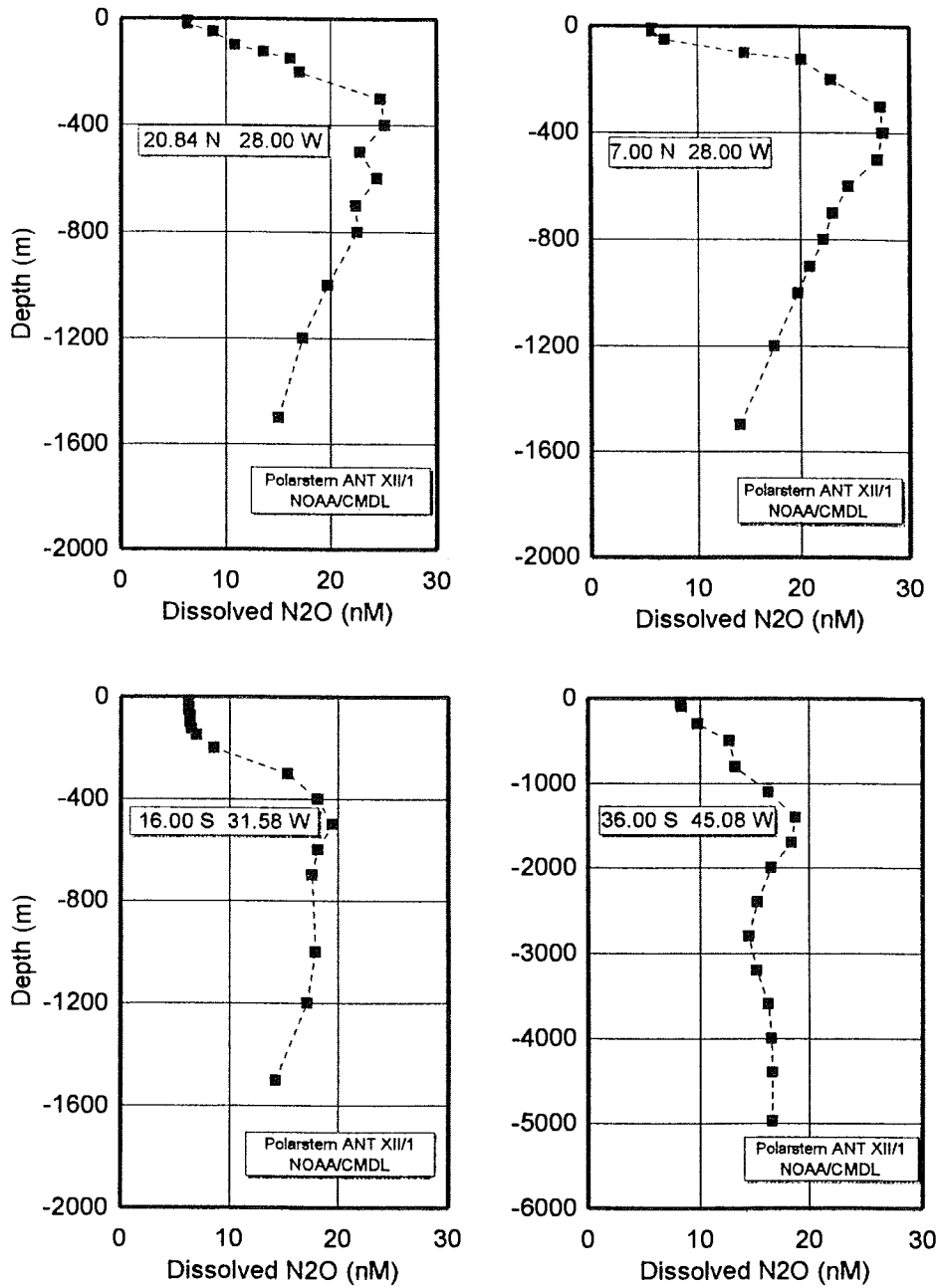
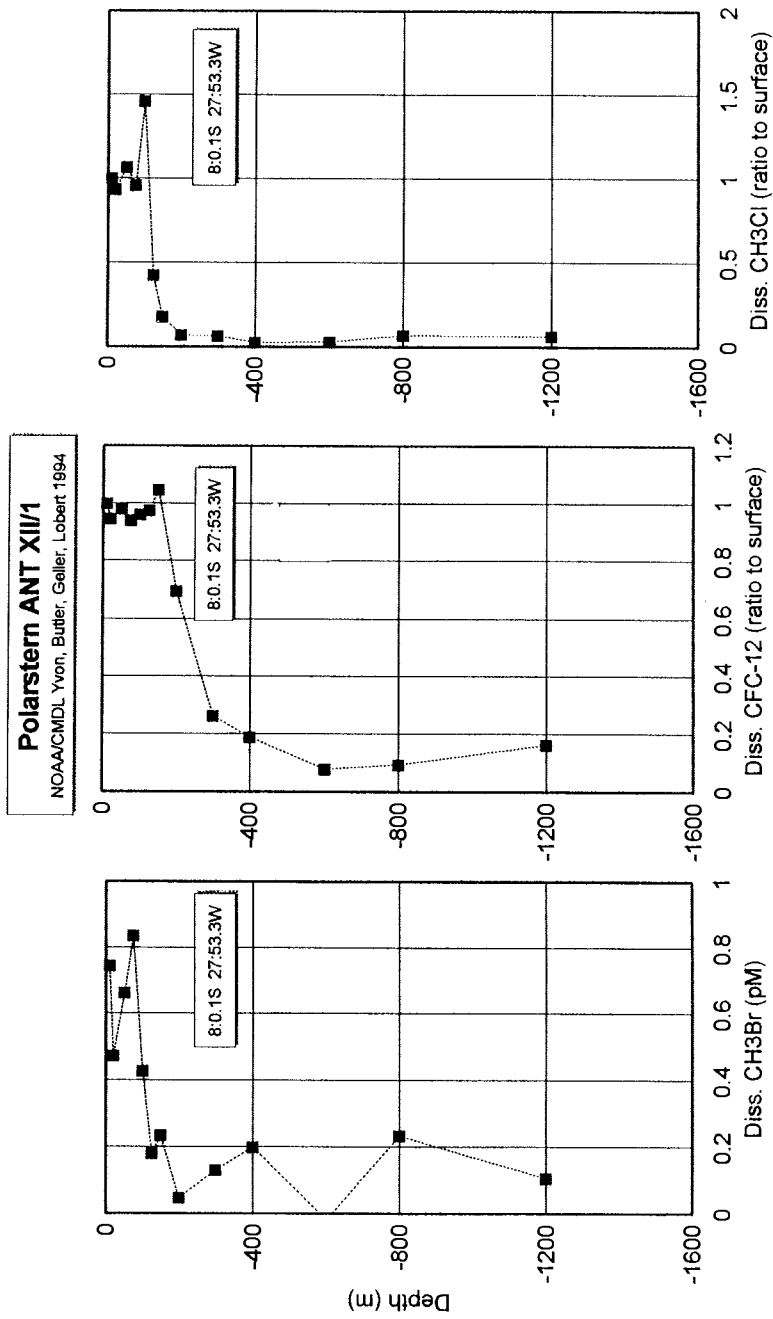


Fig. 1.5.2-5: The mole fraction of nitrous oxide in the air (a) and its partial pressure in the water (b) as measured with the ECGC system during ANT XII/1.



**Fig. 1.5.2-6:** Nitrous oxide at depth for selected stations along the cruise track. Most hydrocasts extended to 1500 m; a few (e.g., 36°S) went to the bottom.



**Fig. 1.5.2-7:** Depth profiles of methyl bromide, CFC-12, and methyl chloride at 8° N, 28° W



however, did appear reasonable, perhaps demonstrating some variability in the surface layer.

#### Other Gases

Data for other halogenated compounds will be evaluated for their behavior as tracers of physical transport in the atmosphere and ocean, chemical production or loss in the water, and biological transformation. Data for most of the compounds analyzed on board ship were excellent, although some incidences of contamination from refrigerants on board the ship (e.g., HCFC-22, CFC-12, HCFC-141b, etc.) compromised some of the surface-water data. Flasks that were filled en route will be transported back to Boulder for further analysis by GCMS and ECGC to confirm and add to the in situ measurements.

We thank the captain and crew of the F.S. Polarstern for their cooperation and assistance during this expedition, and are grateful to AWI for providing the opportunity.

#### References

- Butler, J.H. 1994. The potential role of the ocean in regulating atmospheric  $\text{CH}_3\text{Br}$ . *Geophys. Res. Lett.* 21: 185-189.
- Butler, J. H., and J. W. Elkins., An automated technique for the measurement of dissolved  $\text{N}_2\text{O}$  in natural waters. *Marine Chemistry* 34: 47-61 (1990).
- Butler, J.H., J.W. Elkins, C.M. Brunson, K.B. Egan, T.M. Thompson, T.J. Conway, and B.D. Hall. Trace Gases in and over the West Pacific and the East Indian Oceans During the El Nino Southern Oscillation Event of 1987. NOAA Data Report ERL ARL-16 (1988). Available from NTIS, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161 USA.
- Butler, J.H., J.W. Elkins, T.M. Thompson, and V. Koropalov. 1989.  $\text{N}_2\text{O}$  in and over the Pacific Ocean. *J. Geophys Res.*
- Butler, J.H., J.W. Elkins, T.M. Thompson, and B.D. Hall. Oceanic Consumption of  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$ : Implications for Tropospheric OH. *J. Geophys. Res.* 96D: 22347-22355 (1991)
- Jeffers, P.M., L.M. Ward, L.M. Woytowitch, and N.L. Wolfe. Homogenous hydrolysis rate constants for selected chlorinated methanes, ethanes, ethenes, and propanes. *Environ. Sci. Technol.* 23: 965-969 (1989a).
- Jeffers, P.M., N.L. Wolfe, D.W.R. Wallace, and M. Krysell. Hydrolysis of carbon tetrachloride. *Science* 246: 1638-1639 (1989b).
- Khalil, M.A.K., R.A. Rasmussen, and R. Gunawardena. 1993. Atmospheric methyl bromide: Trends and global mass balance. *J. Geophys. Res.* 98(D2): 2887-2896.
- Lobert, J.M., J.H. Butler, S.A. Montzka, L.S. Geller, R.C. Myers, and J.W. Elkins. 1994. The ocean is a net sink for atmospheric methyl bromide. Submitted to *Science*.
- Lobert, J.M., T.J. Baring, J.H. Butler, S.A. Montzka, R.C. Myers, and J.W. Elkins. 1993. Ocean/Atmosphere Exchange of Trace Compounds 1992: Final report to AFEAS on oceanic measurements of HCFC-22, methyl chloroform, and other selected halocarbons to address the magnitude of the hydrolysis sink. Boulder, CO.

- Reifenhäuser, W. and K.G. Heumann. 1992. Determinations of methyl iodide in the Antarctic atmosphere and the south Polar Sea. *Atmosph. Envir.* 26A(16): 2905-2912.
- Singh, H.B., L.J. Salas, and R.E. Stiles. 1983. Methyl halides in and over the eastern Pacific (40 N - 32 S). *J. Geophys. Res.* 88(C6): 3684-3690.
- Tsuchiya, M., L.D. Talley, and M.S. McCartney. 1992. An eastern Atlantic section from Iceland wouthward across the equator. *Deep-Sea Res.* 39(11/12): 1885-1917.
- Tsuchiya, M., L.D. Talley, and M.S. McCartney. 1994. Water-mass distributions in the western south Atlantic; a section from South Georgia Island (54S) northward across the equator. *J. Mar. Res.* 51: 55-81.
- Wallace, D.W.R., P. Beining, and A. Putzka. 1994. Carbon tetrachloride and chlorofluorocarbons in the south Atlantic Ocean, 19 S. *J. Geophys. Res.* 99(C4): 7803-7819.

## **1.6 Chemical and physical investigations in the atmosphere**

### **1.6.1 Measurement of atmospheric trace components over the Atlantic Ocean (W. Junkermann, K. Maurer and R. Mücke)**

Measurement of hydrogen peroxide and formaldehyde

The importance of hydrogen peroxide in atmospheric chemistry arises from its oxidizing potential in the liquid phase and its involvement into gas and liquid phase radical chemistry. In remote areas with low NO<sub>2</sub> mixing ratios hydrogen peroxide represents the major removal pathway for HO<sub>x</sub> radicals. Its content in the air is assumed to be dependent on the parameters controlling the HO<sub>2</sub> occurrence such as O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>2</sub>O, and solar ultraviolet radiation. Only a few measurements of hydrogen peroxide in remote areas are available up to now. F. Slemr made measurements aboard RV "Polarstern" in 1990 with an enzymatic fluorimetric technique. These measurements were repeated with an improved enzymatic instrument and for intercomparison with a spectroscopic instrument (TDLAS = Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) to reduce the uncertainties in the comparison with model calculations. Additionally to the 1990 data set the ozone photolysis rate leading to the production of OH radicals (JO<sup>1</sup>D) and CH<sub>2</sub>O were measured continuously.

Formaldehyde is another important photochemically active component of the atmosphere. Photolysis of formaldehyde leads to a net production of HO<sub>x</sub> radicals. In the remote atmosphere the major natural sources of CH<sub>2</sub>O are hydrocarbons which react with OH radicals and ozone to form aldehydes. The photooxidation of methane contributes to about 0.1-0.3 ppb of CH<sub>2</sub>O. Another 0.3 ppb are suggested to be produced by the oxidation of nonmethane hydrocarbons. Only very few measurements in the remote marine troposphere have been made, but different background levels were reported. The aim of the measurements is the determination of the background concentration and a possible diurnal variation.

Continuous measurements of hydrogen peroxide and organic peroxides as well as formaldehyde were made with enzyme fluorimetric methods. The instrument

operate on the principle of stripping the water soluble gases from the ambient air with subsequent fluorimetric analysis in the liquid phase.

Both substances were investigated with a high spectral resolution tunable diode laser spectrometer working at wavelengths of 5.6  $\mu\text{m}$  and 8  $\mu\text{m}$  for formaldehyde and hydrogen peroxide, respectively. Due to its high specificity an intercomparison of both techniques helps to explain discrepancies with model calculations that might be the result of interferences to other compounds.

Concurrent measurements of ozone by uv-absorption and of the photolysis rate  $\text{JO}^1\text{D}$  by means of a photoelectric detector were performed continuously. Carbon monoxide, CO, was measured by gas chromatography every 15 min.

#### Trend of atmospheric mercury

The latitudinal distribution of mercury was investigated during previous cruises in the years 1978/88/89 and 1990, indicating an increasing trend of mercury in the air. As currently from measurements in continental air decreasing concentrations are reported mercury has been included in the measurement program to investigate whether this indication of decreasing source strength can be observed on a global basis. About 350 samples were analyzed during the cruise. The aim of the measurements was a) to find out how representative measurements of a remote continental site are for the northern hemisphere and b) to establish the trend for the southern hemisphere.

#### First results

Hydrogen peroxide and formaldehyde show the expected latitudinal distribution with higher mixing ratios in the equatorial area. Compared with measurements of previous cruises a first look into the the formaldehyde data shows mixing ratios about a factor of two higher than measured with the DNPH method in 1984. Mercury mixing ratios in the air were significantly lower than in 1990. They are comparable with the results of the measurements performed in the years 1977-1980.

For a detailed analysis back trajectories, comparison with meteorological data and carbon monoxide values are necessary to exclude anthropogeneously polluted air masses. Model calculations and the evaluation of the intercomparison measurements of formaldehyde and hydrogen peroxide are not yet completed .

### **1.6.2 Measurements of physico-chemical properties of the marine aerosol and gas phase organic acids (R. Van Dingenen and M. Mangoni)**

#### Aims

The ANTXXII/1 cruise of RV "Polarstern" offered the unique opportunity to collect a quasi continuous record of aerosol size distributions in the size range 3 - 600 nm. The instrumentation required to measure the < 10 nm size range is only recently available, and no size resolved number distribution measurements in this size range carried out over the open ocean, have been reported so far. Being able to

"see" the smallest existing aerosol particles, we would get information on the mechanisms and location of new particle formation. The question, we wanted to address is, whether particles are formed in the marine boundary layer, in which case we should observe frequently particles in the < 10 nm size range, or whether they are formed in the upper troposphere being transported with the large scale Hadley-cell circulation, entrained downwards to the troposphere in the sub-tropics. In the latter case particles are aged when they reach the boundary layer, and the typical nucleation size aerosol is less likely to be measured. Furthermore, if aerosol dynamics are mainly governed by Hadley cell circulation, one would expect a decrease in particle concentration with decreasing latitude because of loss mechanisms during the trade wind transport in the boundary layer.

A second aim was to investigate the relative contributions of anthropogenic and biogenic emissions to the number concentration of cloud condensation nuclei (CCN). We did not have a CCN counter on board, but we claim we can obtain good estimates of this number from the fraction of the aerosol occurring in the "accumulation mode" (see Fig. 1.6.2-1). Measured tracers, including black carbon as tracer for continental air masses influenced by combustion processes, and two types of filter samples that will be analyzed by the PIXE technique on the one hand and ion chromatography on the other hand should allow to appoint the main sources that contributed to the aerosol mass in the accumulation mode.

The measured latitudinal profile of the black carbon concentration in the atmosphere will extend the available but rather scarce database on measured BC, strongly needed to support model calculations on global transport of this compound.

Besides a study of the aerosol phase, which contains mainly sulphate and MSA, the low vapour pressure oxidation products of Dimethylsulphide (DMS), we wanted to get a better understanding of the partitioning between gas phase, aerosol phase and rain water of more volatile carboxylic acids that are likely to be formed in the oxidation pathways of DMS, like formic and acetic acid.

#### Work at sea

Black carbon was measured with a commercial "aethalometer", which basically measures the light attenuation through an accumulated filter deposit, assuming that the blackness of the filter is due to black carbon only. An accumulation time of 15 minutes for each attenuation measurement was chosen, and the filter was changed when the total deposit was between 500 and 1000 ng BC/m<sup>3</sup>. The 15 minutes measurements can easily be grouped in larger periods in order to smoothen the results, while the small time base still allows to observe short term features and to reject short contamination periods. The filters were stored for later thermographical analysis which will allow a more quantitative determination of elemental and total carbon

Aerosol size distributions were measured using two "Differential Mobility Analyzers" (DMA) in parallel, each of them coupled to a Condensation Particle Counter (CPC). Each DMA extracts a selectable narrow size range out of the sampled aerosol, using the electrical mobility of the charged aerosol, and this fraction is led to the respective counters where the concentration in the actual size bin is determined.

Each DMA has been designed in order to measure in an optimized way a range of the size distribution. The "Medium DMA" scans the range 20 - 600 nm over 24 channels and is coupled to a CPC with lower detection limit of 15 nm, while the "Small DMA" scans the range 3 - 20 nm in 9 channels, coupled to an ultrafine CPC with 2 nm detection limit. The integrated size distribution gives also immediately total concentration, surface area and volume concentration of the aerosol.

A high volume sampler (500 l/min) was loaded with 5 micron poresize teflon filters every 12 hrs, for later analysis by ion chromatography (IC) for principal anions and cations, and organics (MSA, oxalate,...). A two stage filter, loaded with 8 micron and 0.4 micron Nuclepore filters sampled at 23 l/min over 24 hrs time periods and will be analyzed for elemental composition by the PIXE technique (Proton Induced X-ray Emission) at JRC Geel, Belgium.

Gas phase water soluble compounds (mainly acetic and formic acid) were trapped by a "mist chamber" (Cofer, 1987) which forces sampled air through a nozzle, causing a mist of extracting liquid (in this case UHQ water) in a closed chamber. Sample flow rate was 20 l/min. This provides a high contact surface between sampled air and extracting liquid allowing a strong concentration of trapped compounds. The volume of the extracting liquid was kept round 30 ml, and each sample was collected over 12 hrs, during daytime only. A 0.5 micron poresize teflon filter was placed in front of the sample line to separate aerosols and gas phase products. The filter was stored for later IC analysis and will be compared to the high volume samples. When during gas phase sampling a rain event was occurring, precipitation was collected in a sequential way, dividing the event in fractions of 30 - 60 ml each.

The filter samplers and mist chamber pumps were switched on and off by a data acquisition and control system, which measures relative wind direction, relative wind velocity and total aerosol concentration as criteria, in order to avoid contamination from the stack. The total aerosol concentration was obtained from a third CPC, identical to the one used with the Medium DMA, which provides an independent measurement of the integrated aerosol concentration that can be compared to the integrated value of the size distribution measurements.

Surface seawater samples were taken twice per week in order to determine the sulphate content associated with seasalt, from which the non-seasalt sulphate in the aerosol can be calculated.

The instruments were set up in AWI container 001, placed at starboard side on the Peildeck. A sample tube (stainless steel, diameter 20 mm) for DMAs, aethalometer and the third CPC was mounted vertically upwards from the forward corner of the container reaching out about 30 cm above the container roof and entering the container through the closest side window. Aethalometer and DMA set up together drew a flow of about 25l/min. An interstitial inlet impactor with a cut off size of 2 micrometer was mounted on the tube in order to avoid mist and coarse aerosol particles to enter the instruments. The PIXE filter and mist chamber inlet were mounted about 2.5 m above the rail at the front of the Peildeck. The high volume sampler and windvane were also placed against the forward deck rail. Mist chamber, high volume, PIXE and carbon samples were stored at -27°C.

## Preliminary results

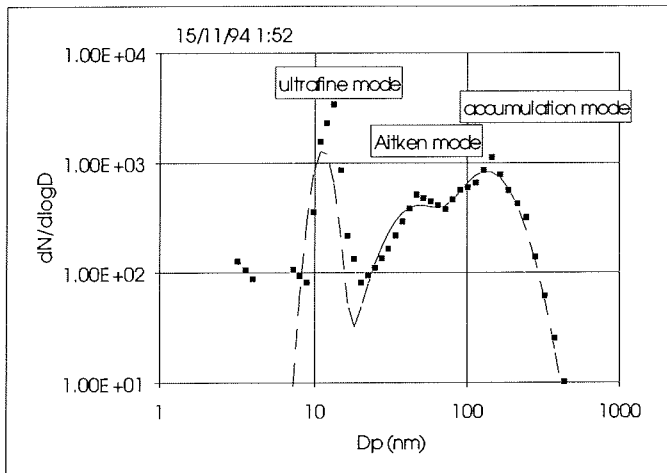
Table 1.6.2-1 gives an overview of the sampling periods obtained with the high volume sampler. Three field blanks have been taken when wind conditions were not favourable for sampling.

Aerosol size distributions have been continuously measured virtually without interruption. One distribution in the size range 3 - 600 nm was obtained every 15 minutes. The latitudinal concentration profile is shown in Figure 1.6.2-2. We did not observe frequent nucleation events. Three episodes have clearly shown a nucleation event, with a duration of some hours to one day. A typical nucleation size spectrum is illustrated in Figure 1.6.2-1. On the other hand, we have longer and more persistent periods where we observed low and noisy concentrations in the <20 nm size range. This happened when the wind was quite strong, making an angle of 90 degrees from portboard side, and when the ship was producing quite some bowspray. Because the wind was out of the clean sector, it is possible that the small particles are coming from the stack exhaust, but they could also be a consequence of sea and/or bowspray. In the latter case, the sea surface should be considered as a source of fine particles. Those measurements clearly need to be investigated more thoroughly.

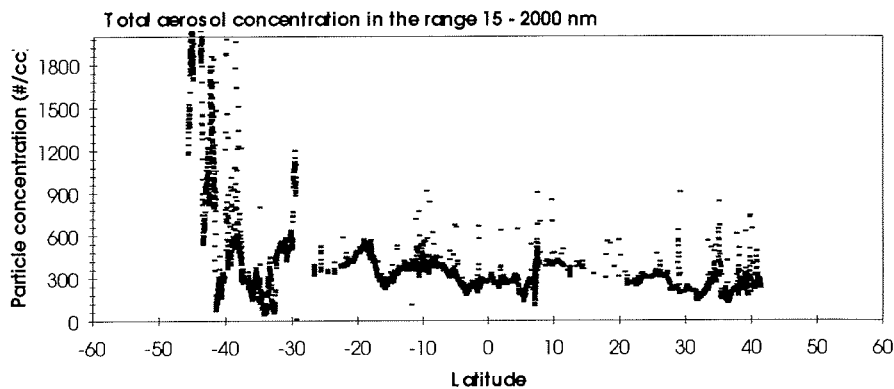
The expected decrease of the total particle concentration with latitude between tropics and Equator is not observed in the Northern Hemisphere, on the contrary, the concentration appears to increase approaching the Equator, but seems to be present in the less perturbed Southern Hemisphere (see Fig. 1.6.2-2). Around 30°S, and south of 35°, highly variable concentrations were measured, including one long nucleation episode on November 15. These events are not associated with local pollution, but coming from air masses that have been over Brazil and Argentina.

Using the particle concentration as a criterion for switching the pumps off has shown to be very useful: We observed several times that, while the ship was on station, the stack exhaust was drifting in the direction of the later course. When the ship continued its course after the station, it passed through its own older exhaust plume, and although windvane and anemometer indicated the "clean" sector, contamination of samples would occur if the pumps would not have been switched off based on particle concentration. We mostly used a (rather arbitrary) switching-off value of 1000 particles cm<sup>-3</sup>, because background particle concentrations were almost always below 500 cm<sup>-3</sup>.

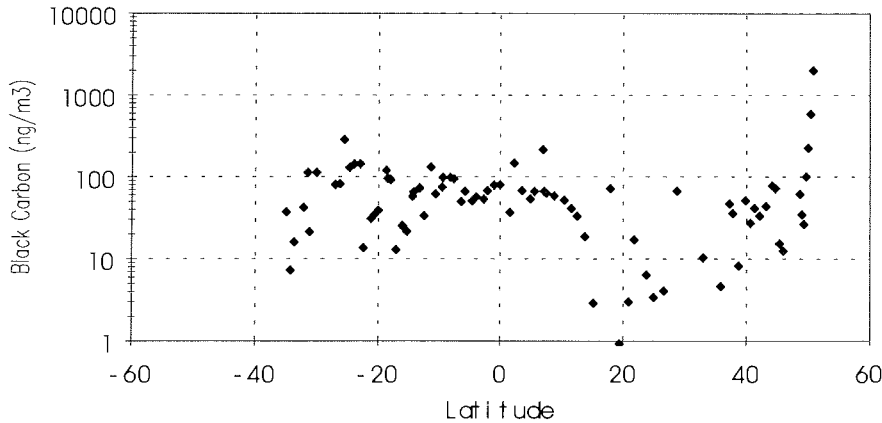
Black carbon concentrations were very high (> 1000 ng/m<sup>-3</sup>) in the North Sea, dropped to background values between 40 and 15°N, and increased again south of the ITCZ (Figure 1.6.2-3). The higher black carbon concentrations in the southern hemisphere agree broadly with model calculations of global transport of black carbon, which attribute the elevated levels to biomass burning, mainly in the African continent.



**Fig. 1.6.2-1:** Aerosol size distribution obtained on 15 November (dots), one of the scarce nucleation events observed during the cruise. The ultrafine mode which is mostly not observed is clearly present in this case. The Aitken mode consists of aged particles and the accumulation mode of aged particles that have been cycled through non-precipitating clouds and thus can be identified with CCN. Also shown is a trimodal lognormal fit (line) to the data which allows separate evaluation of the three modes.



**Fig. 1.6.2-2:** Latitudinal profile of the total aerosol concentration measured with the third particle counter, covering the size range 15-2000 nm. Spikes are mostly stack contamination events that are not edited out of the dataset yet. The sharp increase at 30 degrees and south of 35°S is real and linked with the meteorological conditions and air mass history.



**Fig. 1.6.2-3:** Latitudinal profile of black carbon, measured with the aethalometer during this cruise. The large scatter on the data is a consequence of stack contamination events that have not yet been edited out of the dataset.

**Table 1.6.2-1:** Overview of the high volume sampler filtersamples taken during this campaign. Mist chamber samples have been taken simultaneously during daytime only, two-stage filter samples for PIXE analysis have been taken simultaneously over 24 hrs, starting in the morning.

Label	date & time filter in (UTC)	latitude start	date & time filter out (UTC)	latitude end	accumulated sample time (hrs)
HVS1	19-Oct-94 10:00	51.73	19-Oct-94 19:00	50.55	8.55
HVS2	19-Oct-94 19:00	50.55	20-Oct-94 07:45	49.80	12.85
HVS3	20-Oct-94 07:45	49.80	20-Oct-94 18:30	49.16	10.84
HVS4	20-Oct-94 18:30	49.16	21-Oct-94 08:30	47.96	13.92
HVS5	21-Oct-94 08:30	47.96	21-Oct-94 19:00	46.34	10.61
HVS6	21-Oct-94 19:00	46.34	23-Oct-94 08:25	42.20	31.27
HVS7	23-Oct-94 08:25	42.20	23-Oct-94 19:40	41.01	7.06
HVS8	23-Oct-94 19:40	41.01	24-Oct-94 08:40	38.87	8.28
HVS9	24-Oct-94 08:40	38.87	24-Oct-94 19:50	37.54	9.49
HVS10	24-Oct-94 19:50	37.54	25-Oct-94 08:10	34.56	11.43
HVS11	25-Oct-94 09:10	34.36	25-Oct-94 20:00	31.81	9.16
HVS12	25-Oct-94 20:00	31.81	26-Oct-94 09:37	28.48	13.40
HVS13	26-Oct-94 09:37	28.48	26-Oct-94 21:37	25.66	11.54
HVS14	26-Oct-94 21:37	25.66	27-Oct-94 10:37	23.01	9.98
HVS15	27-Oct-94 11:00	22.92	27-Oct-94 22:35	20.47	6.69
HVS16	27-Oct-94 22:35	20.47	28-Oct-94 11:00	17.51	0.00
HVS17	28-Oct-94 11:00	17.51	28-Oct-94 22:40	14.86	0.26



**Table 1.6.2-1** continued

Label	date & time filter in (UTC)	latitude start	date & time filter out (UTC)	latitude end	accumulated sample time (hrs)
HVS18	28-Oct-94 22:40	14.86	29-Oct-94 22:40	10.07	3.25
HVS19	29-Oct-94 22:40	10.07	30-Oct-94 10:45	7.19	1.96
HVS20	30-Oct-94 10:45	7.19	30-Oct-94 21:45	6.97	8.35
HVS21	30-Oct-94 21:45	6.97	31-Oct-94 10:20	6.74	10.41
HVS22	31-Oct-94 10:40	6.74	31-Oct-94 22:40	4.66	9.50
HVS23	31-Oct-94 22:40	4.66	1-Nov-94 10:45	2.00	12.03
HVS24	1-Nov-94 10:45	2.00	1-Nov-94 22:45	0.43	11.83
HVS25	1-Nov-94 22:45	0.43	2-Nov-94 10:25	-1.22	11.58
HVS26	2-Nov-94 10:25	-1.22	2-Nov-94 22:45	-3.12	10.06
HVS27	2-Nov-94 22:45	-3.12	3-Nov-94 10:25	-4.97	0
HVS28	3-Nov-94 10:25	-4.97	3-Nov-94 20:55	-6.54	5.97
HVS29	3-Nov-94 20:55	-6.54	4-Nov-94 10:35	-8.73	2.41
HVS30	4-Nov-94 10:35	-8.73	4-Nov-94 22:30	-9.86	5.74
HVS31	4-Nov-94 22:30	-9.86	5-Nov-94 10:45	-11.80	7.00
HVS32	5-Nov-94 10:45	-11.80	5-Nov-94 22:25	-13.53	10.94
HVS33	5-Nov-94 22:25	-13.53	6-Nov-94 10:45	-14.59	7.58
HVS34	6-Nov-94 10:45	-14.59	6-Nov-94 22:00	-16.26	8.10
HVS35	6-Nov-94 22:00	-16.26	7-Nov-94 10:25	-18.01	11.00
HVS36	7-Nov-94 10:25	-18.01	7-Nov-94 22:15	-19.08	11.63
HVS37	7-Nov-94 22:15	-19.08	8-Nov-94 10:30	-21.00	11.99
HVS38	8-Nov-94 10:30	-21.00	8-Nov-94 20:35	-21.99	8.03
HVS39	8-Nov-94 20:35	-21.99	9-Nov-94 10:40	-23.22	6.06
HVS40	9-Nov-94 10:40	-23.22	9-Nov-94 21:30	-24.80	1.90
HVS41	10-Nov-94 10:40	-26.63	10-Nov-94 19:30	-27.42	7.11
HVS42	11-Nov-94 14:45	-29.80	11-Nov-94 22:30	-30.67	7.61
HVS43	11-Nov-94 22:30	-30.67	12-Nov-94 11:00	-31.84	12.35
HVS44	12-Nov-94 11:00	-31.84	12-Nov-94 22:35	-33.04	11.62
HVS45	12-Nov-94 22:35	-33.04	13-Nov-94 10:50	-34.63	12.09
HVS46	13-Nov-94 10:50	-34.63	14-Nov-94 10:45	-37.00	18.21
HVS47	14-Nov-94 10:45	-37.00	15-Nov-94 11:45	-39.57	5.13
HVS48	15-Nov-94 11:45	-39.57	16-Nov-94 11:45	-41.52	4.89
HVS49	16-Nov-94 11:45	-41.52	17-Nov-94 11:45	-44.03	0.00
HVS50	17-Nov-94 11:45	-44.03	17-Nov-94 23:35	-45.23	8.53
HVS51	17-Nov-94 23:35	-45.23	18-Nov-94 11:40	-45.91	12.00
HVS52	18-Nov-94 11:40	-45.91	18-Nov-94 23:35	-47.30	10.72

## 1.7 Station list

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
001	18.10.	15.19	53°57'N	07°00'E	25			x				
002		19.00	53°48'N	06°00'E	28			x				
003		21.54	53°38'N	05°08'E	25			x				
004	20.10.	16.23	46°17'N	06°14'W	119			x				
005	21.10.	08.15	48°00'N	10°30'W	2775		x					
006		14.35	46°59'N	12°05'W	4800		x					
007		17.00	46°37'N	12°38'W	4311			x				
008		21.10	46°00'N	12°34'W			x					
009	23.10.	04.17	43°00'N	18°42'W	4310		x					
010		09.01	42°07'N	19°32'W	4012			x				
011		09.47	42°00'N	19°38'W			x					
012		13.24	41°19'N	20°15'W	1825							Hydrosw. test
		15.57	41°11'N	20°14'W	3262							
013		16.06	41°11'N	20°14'W	3297	x						
		18.25	41°11'N	20°14'W	3289			x				
014		19.40	41°01'N	20°29'W	4123		x					
015	24.10.	01.46	40°01'N	21°55'W	4198		x					
016		13.55	38°01'N	24°44'W	2340		x					
017		22.00	37°01'N	25°47'W	3120		x					
018	25.10.	02.13	36°00'N	26°00'W	4300		x					
019		06.22	35°00'N	26°12'W	3829		x					
020		09.00	34°22'N	26°20'W	4732			x				
021		10.40	33°59'N	26°24'W	4696		x					
022		14.41	33°01'N	26°34'W	4208		x					
023		17.00	32°29'N	26°42'W	4897			x				
024		19.06	32°01'N	26°48'W	5110		x					
025		23.22	30°59'N	26°58'W	4759		x					
026	26.10.	03.22	30°01'N	27°09'W	4931		x					
027		07.34	28°59'N	27°21'W	5048		x					
028		09.58	28°24'N	27°27'W	5101			x				
029		11.40	28°00'N	27°31'W	5127		x					
030		15.45	27°01'N	27°42'W	5249		x					
031		18.00	26°30'N	27°47'W	5001			x				
032		20.10	26°01'N	27°53'W	5317		x					
033		22.59	25°20'N	28°00'W	5129	x		x				GOFLO
	27.10.	01.05	25°20'N	28°00'W	5131							
034		02.29	25°01'N	28°00'W	5547		x					
035		06.31	24°01'N	28°00'W	5549		x					
036		10.13	23°06'N	28°00'W	5535		x					
037		11.00	22°55'N	28°00'W	5517			x				
038		14.49	22°01'N	28°00'W	5400		x					
039		18.50	21°01'N	28°00'W	5060		x					
040		19.40	20°50'N	28°00'W	5139	x		x				
		20.55	20°50'N	28°00'W	5142							
041	28.10.	00.30	20°01'N	28°13'W	4765		x					

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
042		04.42	19°01'N	28°29'W	4554		x					
043		08.52	18°01'N	28°44'W	4325		x					
044		11.00	17°31'N	28°52'W	4639			x				
045		13.11	17°01'N	29°00'W	4411		x					
046		14.26	16°01'N	28°48'W	5046		x					
047		17.00	15°41'N	28°44'W	5135			x				
048		21.58	15°02'N	28°35'W	5189		x					
049	29.10.	02.12	14°02'N	28°23'W	5276		x					
050		06.36	13°00'N	28°10'W	5392		x					
051		10.10	12°10'N	28°00'W	5437	x		x				GOFLO
		13.22	12°11'N	28°01'W	5481							
052		14.14	12°01'N	28°00'W	5574		x					
053		18.24	11°01'N	28°00'W	5837		x					
054		18.42	10°57'N	28°00'W	5830		x					
055		19.01	10°54'N	28°00'W	5677			x				
056		22.52	10°01'N	28°00'W	5433		x					
057	30.10.	03.06	09°01'N	28°00'W	5222		x					
058		07.24	08°00'N	28°00'W	5067		x					
059		11.37	07°00'N	28°00'W	4336	x	x	x				
		12.55	07°00'N	28°00'W	4240							
060		14.34	07°13'N	27°43'W	4367			x				
		15.49	07°13'N	27°50'W	4553			x				
		17.02	07°10'N	27°55'W	4500			x				
061		19.27	07°05'N	27°53'W	4370			x				
062		20.20	07°04'N	27°45'W	4452							Rain sampling
063		22.10	06°56'N	27°27'W	3899							
064	31.10.	10.37	06°45'N	26°01'W	4469			x				
065		11.00	06°45'N	26°00'W	4477			x				
066		14.41	06°01'N	25°50'W	4031		x					
067		19.02	05°12'N	25°46'W	4101			x				
068		20.10	05°01'N	25°42'W	4439		x					
069	01.11.	01.25	04°02'N	25°19'W	4212		x					
070		05.54	03°00'N	25°09'W	4391		x					
071		10.04	02°00'N	25°00'W	3877	x	x	x				GOFLO
		13.08	02°00'N	25°00'W	3873						x	
072		16.05	01°30'N	25°00'W	1499						x	
073		19.10	01°00'N	25°00'W	3334		x	x			x	
		19.15	01°00'N	25°00'W	3338							
074		22.18	00°30'N	25°00'W	3871						x	
075	02.11.	00.39	00°04'N	25°00'W	2969	x	x					
		02.54	00°01'N	25°00'W	3460				x			
		03.14	00°00'N	25°00'W	3172						x	
076		06.12	00°30'S	25°00'W	3151						x	
077		08.35	00°56'S	25°00'W	2848		x					
		09.00	00°59'S	25°00'W	3083				x			
		09.11	01°00'S	25°00'W	2999						x	
078		12.00	01°30'S	25°00'W	4721			x			x	

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
079		14.16	01°56'S	25°00'W	4843	x	x					
		16.07	02°00'S	25°00'W	4922				x			
		16.17	02°00'S	25°00'W	4915					x		
		16.32	02°00'S	25°00'W	4901							x
080		21.57	03°00'S	25°29'W	3776			x				
		22.04	03°00'S	25°29'W	4142				x			
		22.09	03°00'S	25°29'W	4129		x					x
081	03.11.	03.01	03°57'S	25°56'W	3900	x	x					
		05.06	04°00'S	25°57'W	3896				x			
		05.11	04°00'S	25°58'W	3578							x
082		10.10	04°56'S	26°24'W	4119		x	x				
		10.39	05°00'S	26°26'W	3401				x			
		10.43	05°00'S	26°26'W	3400							x
083		15.52	05°56'S	26°53'W	3261	x	x					
		17.49	06°00'S	26°55'W	5608				x			
		17.54	06°00'S	26°55'W	5609							x
084		23.08	06°58'S	27°23'W	5600		x	x				
		23.25	07°00'S	27°24'W	5600				x			
		23.29	07°00'S	27°24'W	5600							x
085	04.11.	05.03	08°00'S	27°53'W	5567	x						
		06.36	08°00'S	27°54'W	5567				x			
		06.44	08°01'S	27°54'W	5567							x
		06.56	08°02'S	27°54'W	5566		x					
086		11.57	09°00'S	28°22'W	5525		x					
087		13.25	09°16'S	28°30'W	5424			x				
		13.26	09°16'S	28°30'W	5424					x		
088		15.10	09°30'S	28°44'W	5120					x		
089		16.33	09°30'S	28°30'W	5381	x						
		18.09	09°31'S	28°30'W	5376				x			
		18.26	09°30'S	28°30'W	5381					x		
		18.35	09°30'S	28°30'W	5403							x
090		19.59	09°30'S	28°16'W	5507					x		
091		21.42	09°44'S	28°30'W	4750					x		
092		22.57	09°57'S	28°37'W	5260		x					
		23.16	10°00'S	28°39'W	5230				x			
		23.20	10°00'S	28°39'W	5232							x
093	05.11.	04.44	11°00'S	29°14'W	5406	x						
		06.26	11°01'S	29°14'W	5409				x			
		06.35	11°01'S	29°13'W	5408							x
		06.45	11°02'S	29°14'W	5406		x					
094		11.31	11°57'S	29°47'W	5419		x	x				
		11.52	12°00'S	29°49'W	5423				x			
		11.57	12°00'S	29°49'W	5423							x
095		17.20	12°57'S	30°22'W	5216	x	x	x				
		19.09	13°00'S	30°24'W	5193				x			
		19.15	13°00'S	30°24'W	5190							x
096	06.11.	00.47	13°56'S	30°57'W	4267		x					
		01.22	14°01'S	31°00'W	5004					x		

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
097		03.14	14°15'S	31°14'W	4740						x	
098		04.38	14°15'S	31°00'W	4846	x						
		06.11	14°15'S	31°00'W	4848				x			
		06.38	14°15'S	31°00'W	4845					x		
		06.51	14°15'S	31°00'W	4855						x	
099		08.11	14°15'S	30°46'W	4941					x		
100		10.00	14°29'S	31°00'W	4677					x		
101		12.45	14°57'S	31°11'W	4719		x	x				
		13.11	15°00'S	31°12'W	4712				x			
		13.16	15°00'S	31°12'W	4712						x	
102		18.36	15°58'S	31°35'W	4655	x	x	x				
		20.25	16°00'S	31°36'W	4657				x			
		20.32	16°00'S	31°36'W	4657						x	
103	07.11.	01.37	16°56'S	31°58'W	4654		x					
		02.15	17°00'S	32°00'W	4667				x			
		02.18	17°00'S	32°00'W	4668						x	
104		07.29	17°56'S	32°22'W	4521		x					
		07.58	18°00'S	32°24'W	4469	x		x				
		10.25	18°01'S	32°24'W	4464				x			
		10.29	18°01'S	32°24'W	4467						x	
105		12.05	18°16'S	32°30'W	4425					x		
106		13.48	18°30'S	32°44'W	4325					x		
107		15.11	18°30'S	32°30'W	4331	x						
		16.51	18°30'S	32°30'W	4332				x			
		16.44	18°30'S	32°30'W	4336					x		
		17.01	18°30'S	32°29'W	4335						x	
108		18.21	18°30'S	32°16'W	4378					x		
109		20.13	18°44'S	32°30'W	4215					x		
110		21.44	18°59'S	32°35'W	4151		x					
111	08.11.	02.42	19°57'S	32°53'W	4134	x	x					
		04.34	20°00'S	32°54'W	4138				x			
		04.39	20°00'S	32°54'W	4139						x	
112		09.50	20°57'S	32°56'W	4271	x	x	x				
		12.53	21°00'S	32°56'W	4288				2 x			
		13.01	21°00'S	32°56'W	4288						x	
113		18.57	21°58'S	32°49'W	4451	x	x	x				
		20.42	21°59'S	32°49'W	4458				x			
		20.46	21°59'S	32°49'W	4456						x	
114		22.22	22°16'S	32°50'W	4494					x		
115	09.11.	00.08	22°30'S	33°05'W	4525					x		
116		01.29	22°30'S	32°50'W	4496	x						
		02.45	22°30'S	32°50'W	4490				x			
		02.57	22°30'S	32°50'W	4498					x		
117		04.23	22°30'S	32°35'W	4500					x		
118		06.13	22°44'S	32°50'W	4764					x		
119		07.30	22°56'S	32°55'W	4740		x					
		07.55	23°00'S	32°57'W	4701	x						
		09.21	23°00'S	32°57'W	4699				x		x	

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
120		14.34	23°57'S	33°23'W	4640		x	x				
		15.12	24°00'S	33°25'W	4630	x						
		17.00	24°00'S	33°25'W	4630				x			
		17.03	24°00'S	33°25'W	4564							x
121	10.11.	22.20	24°57'S	33°52'W	4788	x	x	x				
		00.12	25°00'S	33°54'W	4816				x			
122		00.16	25°00'S	33°54'W	4816							x
		05.44	26°00'S	34°22'W	4558	x						
		07.06	26°00'S	34°21'W	4559				x			
		07.10	26°00'S	34°21'W	4562							x
123		07.19	26°00'S	34°22'W	4399		x					
		12.23	26°57'S	34°47'W	4445		x	x				GOFLO
		13.47	27°00'S	34°48'W	4345	x						
		16.29	27°00'S	34°49'W	4347				x			
124		16.32	27°00'S	34°49'W	4349							x
		23.15	27°57'S	35°54'W	4417		x					
		23.42	28°00'S	35°57'W	4418	x						
	11.11.	01.14	28°00'S	35°57'W	4417				x			
01.18		28°00'S	35°57'W	4417							x	
125		07.51	28°57'S	36°57'W	3597	x	x					
		09.37	29°00'S	37°01'W	3453				x			
126		15.48	29°57'S	38°00'W	3873		x					
		16.14	30°00'S	38°03'W	3864	x		x				
		17.43	30°01'S	38°03'W	3837				x			
		17.47	30°01'S	38°03'W	3839							x
127	12.11.	00.19	30°57'S	39°05'W	4053		x					
128		01.57	31°12'S	39°21'W	4549			x				GOFLO
		03.14	31°12'S	39°22'W	4560	x						
		06.15	31°13'S	39°22'W	4510				x			
129		11.49	31°57'S	40°13'W	3961		x					
		12.17	32°00'S	40°16'W	3961	x						
		13.51	32°00'S	40°16'W	3953				x			
		13.55	32°00'S	40°16'W	3953							x
130		20.21	32°56'S	41°22'W	4521		x					
		20.51	33°00'S	41°27'W	4528	x		x				
		22.09	33°00'S	41°27'W	4523				x			
131	13.11.	05.00	34°00'S	42°39'W	4480	x						
		06.24	34°00'S	42°39'W	4486		x		x			
132		13.05	34°57'S	43°48'W	4683		x					
		13.28	35°00'S	43°51'W	4825			x				GOFLO
		14.17	35°01'S	43°51'W	4825	x						
		15.37	35°01'S	43°50'W	4825				x			
133		22.25	35°57'S	45°01'W	4891	x	x					
	14.11.	01.52	36°00'S	45°07'W	4906				x			
134		09.07	36°57'S	46°16'W	4331		x					
		09.35	37°00'S	46°19'W	4919	x		x				
		11.09	37°00'S	46°20'W	5044				x			

Station	Date 1994	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth (m)	CTD	XBT	MWS	Raf.	Mar.	Drift.	Others
135		19.02	37°58'S	47°30'W	5127		x					
		19.31	38°00'S	47°35'W	5133	x		x				
		20.52	38°01'S	47°34'W	5134				x			
136	15.11.	05.30	39°00'S	48°51'W	5310	x						
		07.05	39°01'S	48°52'W	5312				x			
		07.10	39°01'S	48°52'W	5311		x				x	
137		14.37	39°56'S	50°04'W	5411		x					
		15.02	39°59'S	50°07'W	5416							Sound source deployed
		17.46	40°03'S	50°08'W	5468							
		18.17	40°03'S	50°13'W	5476	x		x				
		19.44	40°04'S	50°13'W	5419						x	
138	16.11.	03.19	40°58'S	51°25'W	5556		x					
		03.44	41°00'S	51°28'W	5579	x						
		08.02	41°02'S	51°34'W	5587						x	
139		15.52	41°58'S	52°45'W	5639		x					
139		16.22	42°01'S	52°49'W	5637			x			x	
140	17.11.	11.31	44°00'S	55°22'W	5339		x					
141		14.41	44°25'S	55°55'W	5274							ALACE
		14.47	44°25'S	55°56'W	5270							ALACE
		15.00	44°26'S	55°56'W	5271						x	
		15.26	44°28'S	55°59'W	5277	x						
142		20.51	44°57'S	56°46'W	5045		x					
		21.18	45°00'S	56°50'W	5002			x				
		21.36	45°00'S	56°50'W	4996							ALACE
143	18.11.	01.42	45°25'S	57°25'W	4046							ALACE
144		09.04	45°45'S	57°55'W	3303	x						
		10.20	45°45'S	57°55'W	3301							ALACE
145		12.22	46°00'S	58°18'W	2844		x					
146		13.02	46°05'S	58°25'W	2702			x				ALACE
		13.14	46°05'S	58°26'W	2690						x	
147		16.00	46°25'S	58°55'W	1868							ALACE

## **2 FAHRTABSCHNITT ANT-XII/2 (Punta Arenas - Kapstadt) 23.11.1994 - 3.1.1995**

### **2.1 Zusammenfassung und Fahrtverlauf (D.K. Fütterer)**

Der zweite Fahrtabschnitt der Expedition ANT-XII führte FS *Polarstern* in den Bereich der Antarktischen Halbinsel und in das südöstliche Weddellmeer. Neben dem wissenschaftlichen Programm auf See standen vor allem logistische Aufgaben bei der Neumayer Station und bei der britischen Station Halley im Vordergrund. Bei der Neumayer-Station wurde die neue Überwinterungsmannschaft und das wissenschaftliche Personal für das Sommerprogramm abgesetzt und sowie die Versorgung der Station durchgeführt. Anschließend wurde die britische Station Halley angelaufen um die Teilnehmer der "European Expedition to the Shackleton Range" (EUROSHACK) mit ihrer Ausrüstung an Land zu setzen.

Auf See wurden zunächst über 10 Tage Untersuchungen zum Krillbestand und Zooplankton im Rahmen der "Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources" (CCAMLR) durchgeführt. Ergänzt wurden diese Arbeiten durch ökologische und taxonomische Untersuchungen am Crustaceen-Benthos, zur Taxonomie der Meereis-Ciliaten und der Auswirkung der UV-Strahlung auf das antarktische Phytoplankton.

Während der gesamten Transitfahrten wurden kontinuierliche Messungen zur physikalischen Ozeanographie durchgeführt. Um den folgenden Fahrtabschnitt zeitlich zu entlasten wurden vor Kap Norvegia und im Bereich der Polarfrontzone Langzeitverankerungen aufgenommen und ausgelegt.

FS *Polarstern* verließ die Reede von Punta Arenas, Chile, um 18.30 Uhr Ortszeit des 23. November 1994 mit 56 wissenschaftlichen Fahrtteilnehmern an Bord. Bei Sonnenschein und für diese Region ungewöhnlich milden Temperaturen lief *Polarstern* mit östlichem Kurs durch die Maghellan-Straße. Quer ab Punta Dangeness wurde in den frühen Morgenstunden des 24.11. die offene See erreicht und Kurs auf die Süd-Shetland-Insel Elephant Island genommen.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen begannen am Südausgang der Estrecho De Le Maire am Abend des 24.11. mit dem Werfen der ersten XBT-Sonde (Expendable Bathy-Thermograph). Dieses Programm wurde *en route* über die gesamte Drake Passage in 15 Meilen Abstand bis zum Morgen des 27.11. fortgesetzt.

Die Überfahrt über die Drake-Passage zu den Süd-Shetland-Inseln erfolgte problemlos ohne Verzögerungen bei ruhigem Wetter, so daß schon am Morgen des 26.11. mit den Stationsarbeiten zur Krillfischerei nordwestlich von Elephant Island begonnen werden konnte. In regelmäßigen Abständen von jeweils 15 bzw. 30 Meilen kamen RMT (Rectangular Mid-Water Trawl) und CTD-Sonde (Conductivity-Temperature-Depth-Sonde) zum Einsatz. Bis zum frühen Nachmittag des 5.12. wurde in einem Gebiet von 105 x 120 Meilen um Elephant Island ein regelmäßiges Muster von 77 Stationen für ein Langfristprogramm im Rahmen CCAMLR abgearbeitet. Für spezielle benthologische Untersuchungen wurden im gleichen Gebiet ergänzend insgesamt 10 Stationen mit Beyerschlitten, Bodengreifer und Rechteckdredge gefahren. Die Arbeiten um Elephant Island waren durch ruhige Wetterbe-



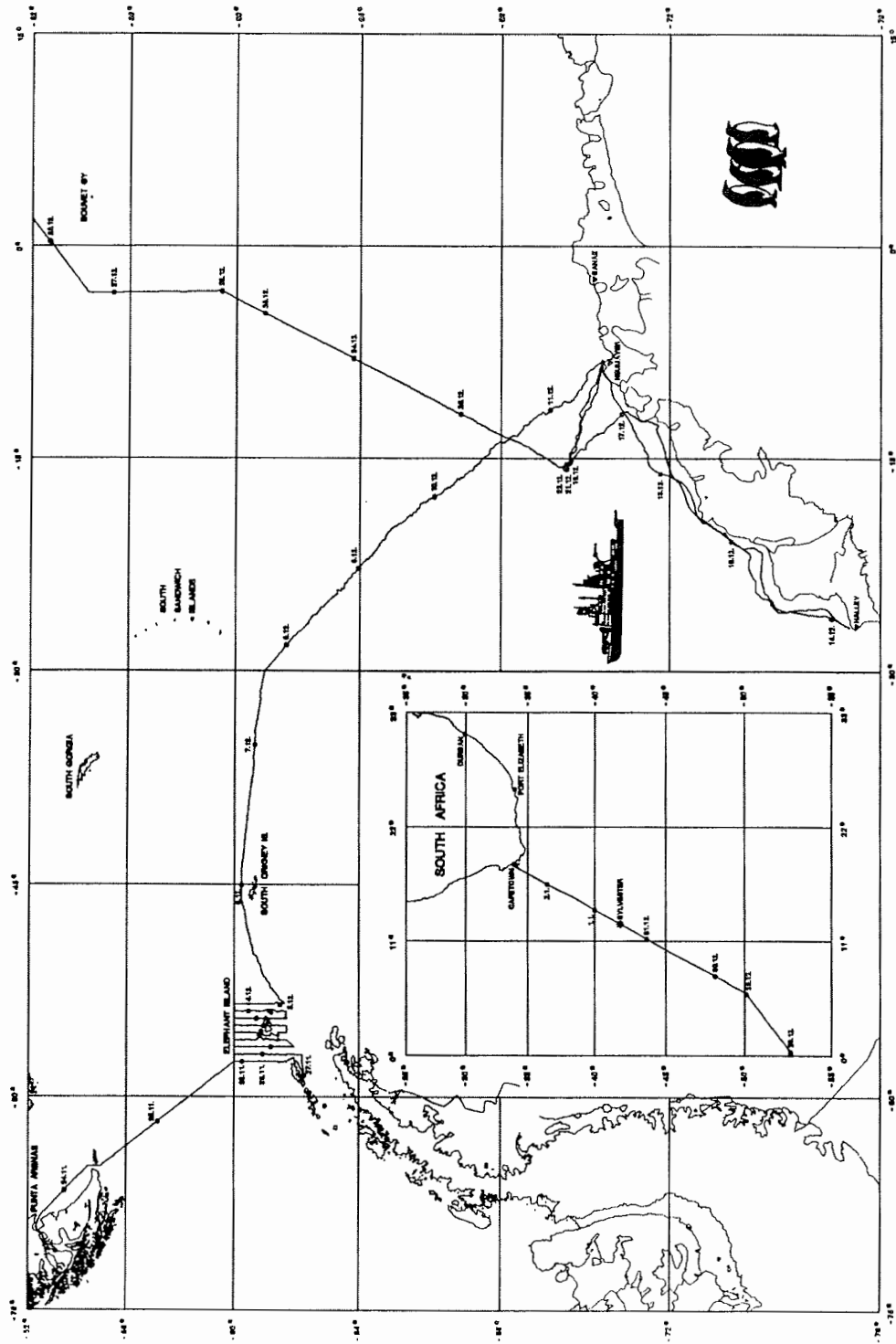


Abb. 2.1-1: Fahrtroute und Arbeitsgebiete von FS *Polarstern* während ANT-XII/2.

dingungen, leider verbunden mit sehr viel Nebel, begünstigt, so daß das gesamte Programm ohne Ausfallzeiten durchgeführt werden konnte. Lediglich auf den südöstlichen Stationen wurden die Arbeiten durch leichtes Treibeis etwas behindert.

Kurzfristig unterbrochen wurde das biologische Beprobungsprogramm am 27.11. als *Polarstern* die deutsche Sommerstation Dallmann-Jubany in der Potter Cove auf King-George-Insel anlieft, um zwei Biologen mit ihrer Ausrüstung für längere Sommeruntersuchungen an der Station abzusetzen.

Am frühen Nachmittag des 05. 12. lief *Polarstern* bei Nebel und 4/10 Packeis-Bedeckung vom Arbeitsgebiet um Elephant Island mit östlichem Kurs auf die deutsche Überwinterungsstation Neumayer an der Atka Bucht ab. Wegen des für diese Jahreszeit ungewöhnlich weit nach Norden reichenden und noch sehr dichten Packeises wählte *Polarstern* einen Kurs, der nördlich an den South Orkney Inseln vorbei bis auf 30° W weit nach Osten führte, um erst von dort einen direkteren südöstlichen Kurs zur Neumayer Station zu wählen. Starke Konzentration an Alteis, die großflächig 6-8/10 Bedeckung aufwies, erschwerten *Polarstern* ein zügiges Vorankommen vor allem im Bereich des Weddellmeer-Ausstromes. Häufige Nebelfelder und häufig schlechte Sicht behinderten *Polarstern* weiter.

Am 11.12. abends um 22.00 erreichte *Polarstern* bei inzwischen stark verbesserten Sichtverhältnissen die Atka Bucht. Mit einigen Anläufen rammte sich das Schiff einen Liegeplatz in das Meereis am westlichen Ausgang der Atka Bucht. Die Entladung des Schiffes auf das Meereis und Transport zur Neumayer-Station begann am 12.12. um 06.00 UTC morgens bei sehr guten äußeren Bedingungen. Eine an den Vortagen gefallene mächtige Neuschneeeauflage erschwerte den Abtransport der Containerschlitten über das Meereis. Dennoch konnte die Entladung noch am gleichen Tage abgeschlossen werden und die neue Überwinterungsmannschaft sowie die Wissenschaftler des Sommerprogramms das Schiff verlassen.

Um 20.00 Uhr UTC am 12.12. verließ *Polarstern* die Atka Bucht mit südwestlichen Kurs auf Halley. Quer ab Kap Norvegia schloß *Polarstern* zum Versorgungsschiff HMS *Bransfield* des British Antarctic Survey (BAS) auf, mit dem schon vorher über Funk wegen der in dieser Saison nicht einfachen Eisverhältnisse eine gemeinsame Weiterfahrt nach Halley abgesprochen worden war. Die über weite Strecken offene Küstenpolynya gestattete beiden Schiffen eine zügige Weiterfahrt. Dichtes Packeis über längere Strecken wurde lediglich westlich Kapp Norvegia und zwischen Cape Variable und Halley angetroffen.

Am 14.12. nachmittags 15.00 UTC erreichten beide Schiffe die Anlegestelle am vorgelagerten Meereis der Halley-Station in Maggie's Ditch. *Polarstern* führte die Entladearbeiten der Ausrüstung für die geologische EUROSHACK-Expedition in die Shackleton Range und für das aeromagnetische Flugprogramm MAGRAD am 15.12. durch, die trotz einiger Transportprobleme, die durch die mächtige Neuschneeeauflage auf dem Meereis entstanden, noch am selben Nachmittag abgeschlossen werden konnte. Gegen 19.00 UTC verließ *Polarstern* die Anlegestelle in Maggie's Ditch.

Nur von kurzen Stops zur biologischen Probennahme auf dem Schelf vor Drescher Inlet und Kalibrierungsarbeiten für das ADCP unterbrochen, erreichte *Polarstern* am Morgen des 17.12. Kapp Norvegia. Im Verlauf dieses und des nächsten Tages

wurden Verankerungsarbeiten durchgeführt; AWI-214-4 wurde erfolgreich aufgenommen, nach AWI-212-3 leider erfolglos gedredst. Der Plan, am 18.12. die Verankerung AWI-210-3 im Packeis bei 69°38'S / 15°43'W aufzunehmen, mußte abgebrochen werden, da eine große Eisscholle die Verankerungsposition überdeckte.

So lief *Polarstern* zurück zur Atka Bucht, um dort am 19. und 20.12. die Rückladung der Neumayer-Station für Kapstadt zu übernehmen. Trotz sich verschlechternder Wetterbedingungen konnten die Arbeiten programmgemäß durchgeführt werden und Gelegenheit zum Besuch der Neumayer-Station gegeben werden.

Am 20.12. um 14.30 UTC verließ *Polarstern* die Atka Bucht zur Rückreise nach Kapstadt. Nach biologischer Probenahme auf dem Schelf der Atka-Bucht wurde nochmals die Position der Verankerung AWI-210-3 angelaufen. Hier erfolgte im Verlauf des 21. und 22.12. ein vergeblicher Versuch, die Verankerung in einer offenen Wasserfläche im Packeis zu dreden.

Am Nachmittag des 22.12. lief *Polarstern* ab mit Kurs auf die Verankerung AWI-227-1 bei 59°28'S / 03°12'W. Mit dem Erreichen offeneren Wassers wurde am 23.12. Begonnen XBT-Sonden im 3-Stunden-Rhythmus zu werden. Der sehr zergliederte Eisrand wurde im Bereich von 62°-61°S am 24./25.12. erreicht.

Im Verlauf des 26.12. erfolgte bei auffrischenden Winden die problemlose Aufnahme der Verankerung AWI-227-1 und anschließend die Auslage der Verankerung AWI-227-2. Nach nächtlicher Transitfahrt mit Kurs Nord erfolgte im Verlaufe des 27.12. bei 54°20' S / 03°20'W auf der Höhe von Bouvet Island die Aufnahme der Verankerung BO-4 und die Auslage der Verankerung BO-5. Der Abschluß der Stationsarbeiten erfolgte am 29.12. bei Posstion 50°09'S / 05°50'E mit der Aufnahme der Verankerung PF-7, der Auslage der Verankerung PF-8 und dem nur teilweise erfolgreichen Dreden der Verankerung PF-6.

Auf dem verbleibenden Kurs nach Kapstadt wurden weiterhin regelmäßig XBT-Sonden geworfen; lediglich im Verlauf des 01.01.95 mußten diese Arbeiten wegen starken Sturmes (Bft. 10) aus Sicherheitsgründen zeitweise eingestellt werden.

Am Morgen des 03.01.95 erreichte *Polarstern* nach einer erfolgreichen Reise über 7.700 Seemeilen den Hafen von Kapstadt und machte um 09.00 LT im Duncan-Dock fest.

### 2.1.1 Kunst trifft Wissenschaft - Wissenschaft trifft Kunst (L. Fritsch und B. Lauer)

Ein außergewöhnlicher Ort der Begegnung,  
das Forschungsschiff *Polarstern*.  
Auf dem Weg ins Eis  
schauen die Künstler  
Britta Lauer  
Lutz Fritsch  
den Wissenschaftlern über die Schulter,  
schauen die Wissenschaftler den Künstlern kritisch in die Augen.  
Die Sonderlinge auf dem Schiff,  
von vielen belächelt,  
mit Skepsis beobachtet  
stellen sich vor,  
stellen zur Diskussion.  
Dialog ohne Ausweg,  
Erkenntnisse, daß Kunst und Wissenschaft doch eigentlich...  
-doch nicht unbedingt jetzt.  
Die Fotografin fotografiert,  
der Bildhauer setzt Zeichen,  
der Wissenschaftler untersucht.  
Alle zusammen forschen,  
jeder auf seinem Gebiet:  
nach dem Neuen,  
den neuen Erkenntnissen.  
Die Kunst erfaßt den Ort ANTARKTIS anders,  
nimmt ihn anders wahr,  
kann sich auf andere Art und Weise auf ihn einlassen,  
kann das Erkannte in anderer Form aufzeigen,  
geht anders mit dem DA-SEIN um.  
Die Wissenschaftler sind überrascht.  
Nach dieser "Expedition" ist zu spüren,  
die Wissenschaft braucht die Kunst  
und die Künstler wollen mehr von den Wissenschaftlern erfahren.  
Zusammen entwickelt sich mehr.

Kunst hilft Wissenschaft  
Wissenschaft hilft Kunst.

## 2.2 Wetterbedingungen (M. Peters und H. Köhler)

Beim Auslaufen aus Punta Arenas am 23.11.1994 gab es unter Hochdruckeinfluß nur geringe Bewölkung und schwachen Wind. Nach Durchzug eines flachen Tiefs wurde die Drake Passage auf der Ostseite eines Hochdruckrückens überquert. Dadurch wehten bis zum 26.11. vorherrschend südliche Winde mit lediglich Bft 5 bis 6. Dies sind für die Drake Passage recht niedrige Windgeschwindigkeiten.

Während der Krillfischerei im Bereich Elephant Island drehte der Wind nach Durchschwenken des Hochkeils Richtung Osten über West auf Nord, und erreichte nur in der Nacht zum 28.11. für wenige Stunden Bft 7 bis 8. Da sich in der kurzen Zeit jedoch keine hohe Dünung aufbauen konnte, brauchte die Fischerei nicht eingestellt werden.

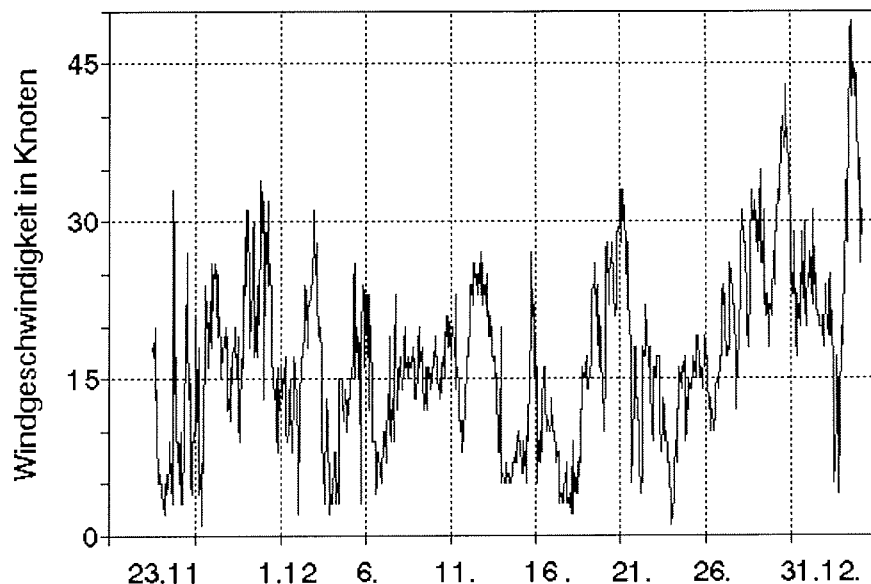
Aufgrund der nördlichen Winde strömte zunehmend feucht-milde Luft heran, so daß besonders am 28. und 29.11. verbreitet Nebel mit Sichten um 300 m herrschte. In den darauffolgenden Tagen gab es am Rande eines Hochdruckgebiets südöstlich von *Polarstern* zunächst nordöstliche Winde, die von Bft 6 auf Bft 3 bis 4 abnahmen. Am 2.12. wanderte das Hoch unter Abschwächung über unseren Bereich hinweg, so daß die Winde auf West drehten und wieder etwas zunahmen. Mit einer nordwestlichen Strömung kam am 4.12. erneut feucht-milde Luft heran. Dadurch mußte wieder zeitweise mit Nebel gerechnet werden.

Während der Fahrt Richtung Neumayer-Station stellten sich zwischen einem Hoch bei South Georgia und den Süd-Sandwich-Inseln sowie mehreren Tiefkernen westlich der *Polarstern* Nordwest- bis Nordwinde um Bft 5 ein. In dieser Luftmasse bildete sich jedoch immer wieder Nebel oder Hochnebel. Auf dem weiteren Weg nach Neumayer verlagerte sich der Hochkeil mit der *Polarstern* ebenfalls ostwärts, so daß sich an der Wetterlage grundsätzlich nichts änderte. So läßt sich sagen, daß es bis zu diesem Zeitpunkt der Fahrt außergewöhnlich viel Nebel gab; aufgrund der Hochdruckrandlage traten aber kaum Niederschläge und hohe Windgeschwindigkeiten auf.

Kurz vor Erreichen der Neumayer-Station sorgte dann am 10. und 11.12. jedoch ein südlich der *Polarstern* ostwärts ziehendes Tief für etwas Schneefall und eine vorübergehende Windzunahme auf Bft 6 bis 7. Das Tief zog an der Eiskante entlang ostwärts und füllte sich rasch auf, so daß auch der Wind schnell wieder abflaute und auf Süd drehte.

Auf dem Weg nach Halley herrschten unter Hochdruckeinfluß schwache Südwinde vor, die am 13.12. trockene Kaltluft heranzuführten, so daß die Temperaturen erstmals seit Fahrtbeginn -10 °C unterschritten. Bei der Fahrt entlang der Eiskante nahm nachmittags die Windgeschwindigkeit innerhalb von zwei Stunden durch katabatische Winde von Bft 2 bis 3 auf Bft 6 zu, um nach wenigen Stunden wieder abzuflauen.

Bei Halley verzögerte sich der Abflug der EUROSHACK-Wissenschaftler am 15.12., weil sich durch die Polynya mit ihrer etwas wärmeren und feuchteren Luft Nebel gebildet hatte, so daß die Helikopter bei der Halley-Station erst nachmittags landen konnten.

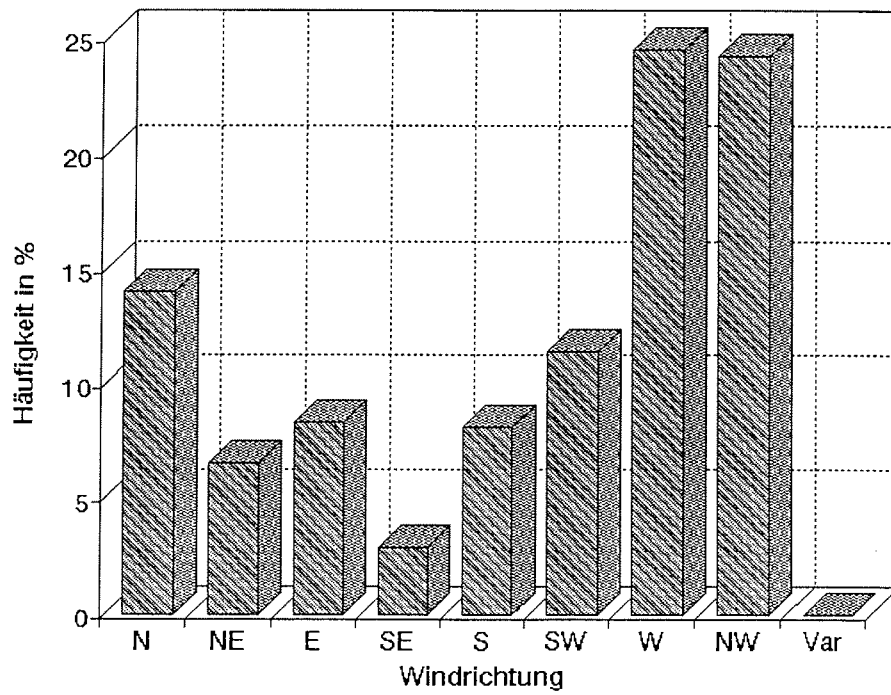
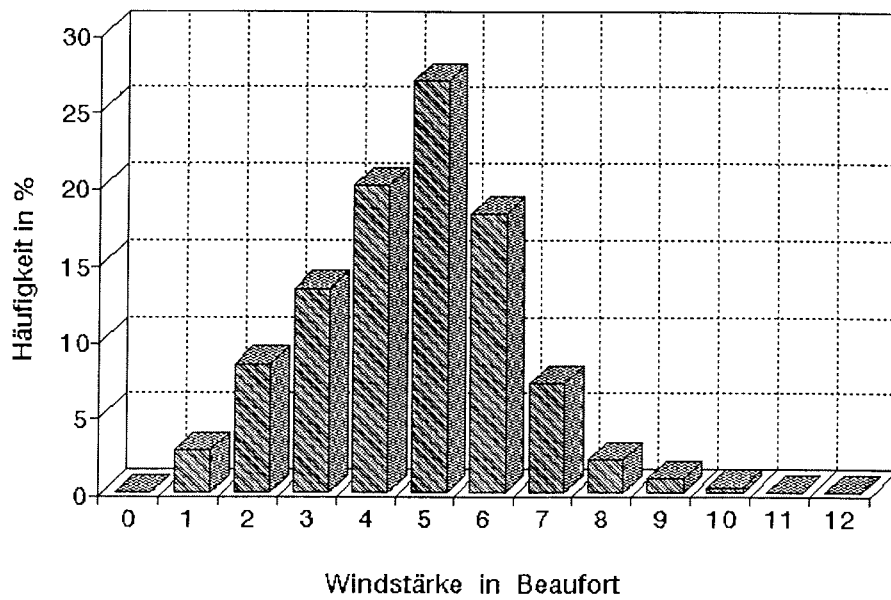


**Abb. 2.2-1:** Verlauf der Windgeschwindigkeiten während der Reise ANT-XII/2.

Auf der Rückfahrt nach Neumayer bestimmte ein von Westen heranziehendes Tief mit Schneefall und auffrischenden nördlichen Winden unser Wetter. Das Tief zog am 18.12. südlich der *Polarstern* ostwärts, und auf seiner Rückseite wurden zeitweise Südwestwinde mit Bft 7 bis 8 gemessen, wobei die Temperaturen in der Nacht zum 19.12. in der Atka-Bucht unter  $-12\text{ °C}$  sanken (entsprechend einer Windchill-Temperatur von etwa  $-37\text{ °C}$ ). Am nächsten Morgen herrschte bei den logistischen Arbeiten Zwischenhocheinfluß, wobei die Temperaturen wieder rasch stiegen und der Wind abnahm. Doch schon ab mittags überquerten uns die Ausläufer eines neuen Weddellmeer-Tiefs mit Schneefällen, die bis zum 20.12. mit nur kurzen Unterbrechungen anhielten.

An den darauffolgenden Tagen näherte sich ein umfangreiches Tief, das sich im Lee der Südan den gebildet hatte und unter Intensivierung über die Falklands südostwärts zog, wobei es sich auf etwa 965 hPa vertiefte. Da der Luftdruck aber großräumig fiel, wurden auf der Ostseite des Tiefs auf der *Polarstern* nur Bft 5 aus nördlichen Richtungen beobachtet. Bei Durchschwenken der dazugehörigen Ausläufer gab es wieder zeitweise Schneefall und in Verbindung mit den nördlichen Winden Nebelfelder.

Dieses Tief wurde am 23.12. westlich der *Polarstern* stationär und schwächte sich ab. Gleichzeitig entwickelte sich an der Spitze Südamerikas ein neues Tiefdrucksystem. Es zog unter rascher Vertiefung nördlich um das alternde Tief herum und passierte die *Polarstern* am 25. und 26.12. mit einem Kerndruck von fast 950 hPa dicht südlich. Zwischen ihm und dem südatlantischen Subtropenhoch gab es dabei Nordwestwinde um Bft 7 und über 3 m hohe Dünung aus Nord. Mit dem Durchgang der Tiefausläufer wurde in der Nacht zum 26.12. bei Temperaturen etwas unter  $0\text{ °C}$



**Abb. 2.2.-2:** Häufigkeiten von Windstärke und Windrichtung während der Reise ANT-XII/2.

gefrierender Regen beobachtet.

An den darauffolgenden Tagen wurde die Frontalzone (d.h. der Übergangsbereich zwischen südatlantischem Subtropenhoch und subantarktischer Tiefdruckrinne) mit Bft 7 bis 8 aus West bis Nordwest durchquert. Am 28.12. zog ein in die Strömung eingebettetes Tief dicht südlich an der *Polarstern* vorbei. Dadurch wurden kurzzeitig Bft 9 mit 6 m hoher See erreicht. Auf der Weiterfahrt Richtung Kapstadt nahmen die westlichen Winde dann kontinuierlich auf Bft 4 ab.

Am 31.12. 1994 näherte sich ein am Südrand des Subtropenhochs sehr rasch ostwärts ziehendes Tief. Am 1.1. 1995 zog auch dieses Tief dicht südlich an der *Polarstern* vorbei südostwärts, wobei die Windstärke rasch auf Bft 9 zunahm und zeitweise Bft 10 erreichte. Erneut baute sich eine über 6 m hohe See auf. Der Wind drehte dabei im Tagesverlauf von Nordost auf Westsüdwest und nahm in der Nacht wieder auf Bft 6 ab. Auf der Rückseite des Tiefs trat schließlich unter Hochdruckeinfluß wieder Wetterbesserung ein.

## **2.3 Biologische Untersuchungen**

### **2.3.1 Untersuchungen zur Krillbiologie um Elephant Island** (V.Siegel, D. Pietschock, S. Gollasch und U. Mühlenhardt-Siegel)

Seit der Saison 1977/78 werden im Gebiet der Antarktischen Halbinsel und hier speziell um Elephant Island (Süd-Shetland-Inseln) biologische Untersuchungen zur Krillverbreitung, Krillhäufigkeit und Populationsdynamik durchgeführt. Erfolgten diese Arbeiten anfangs ausschließlich durch deutsche Forschungsinstitutionen, so wurden diese Aktivitäten ab 1981 im internationalen BIOMASS-Programm (Biological Investigations On Marine Antarctic Systems and Stocks) weitergeführt. Nach Ablauf der Freilanduntersuchungen dieses Programmes im Jahre 1986 konzentrierten sich deutsche (Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg) und US amerikanische (Southwest Fisheries Center, La Jolla) Programme auf das Gebiet um Elephant Island als Monitoringgebiet für den Krillbestand im westlichen Atlantischen Sektor des Südozeans. Dieses Gebiet ist von besonderem Interesse, da sich hier regelmäßig große Krillkonzentrationen bilden, was dazu führte, daß sich dieses Gebiet ebenfalls zu einem der Hauptfanggebiete der kommerziellen Krillfischerei entwickelte. In der Saison 1994/95 werden diese Feldstudien, an denen mehrere Forschungsschiffe im Verlauf der Saison teilnehmen, von CCAMLR (Konvention zum Schutze der Antarktischen Meeresschätze) koordiniert und in einer gemeinsamen internationalen Arbeitsgruppe ausgewertet.

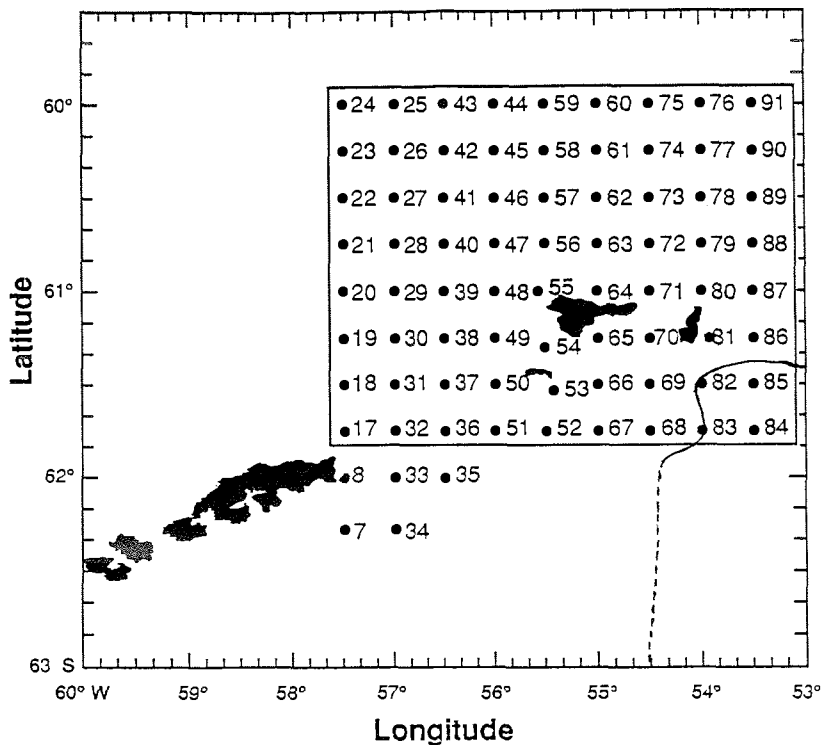
Waren die Krilluntersuchungen anfangs darauf ausgerichtet, mögliche neue Fischereiresourcen zu erschließen, so hatte sich bald anhand der wissenschaftlichen Ergebnisse gezeigt, daß der Krill nicht nur in riesigen Schwärmen in der Antarktis auftritt, sondern daß diese Art auch sehr langlebig und langsamwüchsig ist, eine lange Jugendphase besitzt und erst nach mehreren Lebensjahren zur Fortpflanzung schreitet. Damit ist jedoch die Produktivität viel geringer als ursprünglich angenommen, was die Art gegenüber einer potentielle Überfischung weit anfälliger macht, auch wenn der Gesamtbestand sehr groß ist. Inzwischen ist es ein Hauptinteresse des Programms, mögliche Auswirkungen einer bereits etablierten



Krillfischerei abzuschätzen sowie fundierte Basisdaten für ein sinnvolles Management der Krillfischerei zu sammeln., um zu verhindern, daß die Fischerei in zu starke Konkurrenz zu den natürlichen Krillkonsumenten tritt und es zu negativen Effekten im System kommt.

Durch die Langzeitdatenserie wurde zudem offensichtlich, daß es immer wieder zu starken Schwankungen in der Krillhäufigkeit kommt. Einerseits zeigen sich regelmäßige saisonale Fluktuationen, mit einem Krillmaximum in den Sommermonaten, zum anderen treten unregelmäßige starke Abweichungen zwischen den Jahren auf. Ursachen für den totalen Ausfall oder für das Auftreten extrem guter Krilljahrgänge werden zur Zeit anhand der vorhandenen Daten untersucht. Sowohl Umweltparameter (z.B. Eisbedingungen) wie auch biologische Parameter (starke Salpenkonkurrenz) scheinen wesentliche Auslöser für die Schwankungen im Krillbestand zwischen den Jahren zu sein. Die Entwicklung eines Modells, das die Wechselwirkungen beschreibt, ist daher ein weiteres Ziel, um einerseits ökologische Zusammenhänge und Abhängigkeiten besser verstehen zu lernen aber auch Vorhersagen für das Management zu erlauben.

Um die genannten Bestrebungen voranzutreiben, werden in einem Standardstationsnetz von maximal 91 Stationen um Elephant Island biologische Daten gesammelt. Wichtige Parameter für die Beurteilung des Zustandes der Krillpopulation sind z.B. der Altersaufbau des Krillbestandes, Wachstumsraten, Sterblichkeitsraten,



**Abb. 2.3.1-1:** Bearbeitetes Stationsnetze des Krillprogramms um Elephant Island mit Eisgrenze im Südosten in der Zeit vom 26. November bis 5. Dezember 1994.

Veränderlichkeit der Stärke von Nachwuchsjahrgängen, Bestandsaufbau, Entwicklung des Laicherbestandes, Auftreten von Salpen als Nahrungskonkurrenten etc. Daneben werden ozeanographische Messungen zur Beschreibung des Zustandes und der Dynamik der Umweltbedingungen durchgeführt. Die internationale Kooperation mit mehreren Schiffen ermöglicht es in dieser Saison neben dem Vergleich der Daten verschiedener Jahre auch den saisonalen Entwicklungsablauf im Krillbestand zu beschreiben, da ein wesentlicher Teil des Jahreszyklus vom Frühjahr bis zum Herbst abgedeckt wird.

## Untersuchungen

Vom 26. November bis 5. Dezember 1994 wurde an 77 der 91 Standardstationen das RMT1+8 Planktonnetz (Rectangular Midwater Trawl) eingesetzt. Von den Stationen 1 bis 16 nördlich und südlich von King George Island wurden aus Zeitgründen nur zwei Stationen bearbeitet, hingegen konnten alle Stationen der zentralen Box um Elephant Island erfolgreich befischt werden (Abb. 2.3.1-1). Drei weitere Stationen wurden zu Vergleichszwecken im östlichen Weddellmeer vor dem Drescher-Inlet, bei Kap Norvegia und vor der Atka-Bucht beprobt. Routinemäßig wurden die oberen 200 m der Wassersäule befischt, auf den flacheren Schelfstationen wurde das RMT bis in Bodennähe gefahren. Das Netz war mit Flowmeter und TDR (Tiefenschreiber) ausgerüstet, so daß sich aus den gewonnenen Daten das von den beiden Netzen filtrierte Wasservolumen berechnen läßt. Während der doppelten Schräghols durchfischte das RMT8 im Mittel 10000 m<sup>3</sup> während das RMT etwa 1500 m<sup>3</sup> Wasser filtrierte. Die Schleppdauer lag im Durchschnitt bei ca 30 Minuten, die Schleppgeschwindigkeit bei zwei Knoten. Die Maschenweite des großflächigen Netzes beträgt 4 mm und ist in erster Linie für die Analyse des Makrozooplanktons wie Krill, Salpen und andere Euphausiacea geeignet. Das kleinere RMT1 weist eine Masche von 0,320 mm auf und diente vorwiegend der Aufsammlung von pelagischen Fischlarven und Ostracoden.

Die Planktonproben wurden unmittelbar nach dem Fang in 4% Formalin-Seewasser Lösung für einige Tage fixiert, bevor sie an Bord weiterverarbeitet wurden. Die dominanten Arten wurden aussortiert, gezählt und vermessen. Für den Krill wurden über 4000 Längenmessungen mit der Unterscheidung in verschiedene Reifegradstadien vorgenommen. Sämtliche Stationsdaten sowie die gemessenen biologischen Daten wurden protokolliert und an Bord auf Datenträger im dBASE Format eingegeben.

## Vorläufige Ergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungen lagen relativ früh in der Jahreszeit und ließen daher noch keine sommerlichen Krillhäufigkeiten erwarten. Trotzdem wurden bereits im Nordwesten und Osten von Elephant Island größere Krillkonzentrationen gefunden. Der Maximalfang mit dem RMT8 erbrachte 90 kg (entsprechend 7739 Krill/1000 m<sup>3</sup>) in einem normalen Standardhol. Dieser Einzelwert verfälscht auch stark den Mittelwert der Krillhäufigkeit in Tabelle 2.3.1-1. Einen wesentlich realistischeren Eindruck über die durchschnittliche Krilldichte gibt sicherlich der Medianwert von 1,3 Krill/1000 m<sup>3</sup>. Dieser Wert ist damit im Vergleich niedriger als bei früheren Untersuchungen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß die früheren

Surveys alle in den Sommermonaten mit höchster saisonaler Krilldichte lagen. Die Krilldichte im November/Dezember 1994 ist wahrscheinlich so zu interpretieren, daß sie bereits relativ früh in der Saison fast an das Sommerniveau heranreicht. Ähnliches gilt für *Thysanoessa macrura*, einer weiteren neben dem Krill sehr häufigen aber kleineren Euphausiacea Art. Auffallend hingegen ist das sehr geringe Auftreten von Salpen im Untersuchungsgebiet (Tab. 2.3.1-1). Waren die Jahre 1993 und 1994 (Sommermonate) extrem gute Salpenjahre, so fehlen sie in dieser Saison 1994/95 in weiten Gebieten oder erscheinen in nur sehr geringen Dichten. Da Salpen als Nahrungskonkurrenten zum Krill auftreten, dürfte dieser negative Effekt in diesem Jahr sehr gering sein.

Vorläufige Analysen bestätigten, daß verschiedene Größenklassen und Altersgruppen des Krill im Untersuchungsgebiet nicht gleichmäßig verteilt sind. Eine Clusteranalyse der Krill-Längenverteilungen ergab eine deutliche geographische Dreigliederung der Krill-Größengruppen. Große, ältere Tiere fanden sich vorwiegend im Bereich des Kontinentalabhangs und in ozeanischen Wassermassen, während jüngere Stadien über dem Schelf bzw weiter südlich ihren Verbreitungsschwerpunkt haben (Abb. 2.3.1-2). Dabei traten zwei verschiedene Gruppierungen von juvenilen Tieren auf. Im Westteil des Gebietes am Ausgang der Bransfield-Stra-

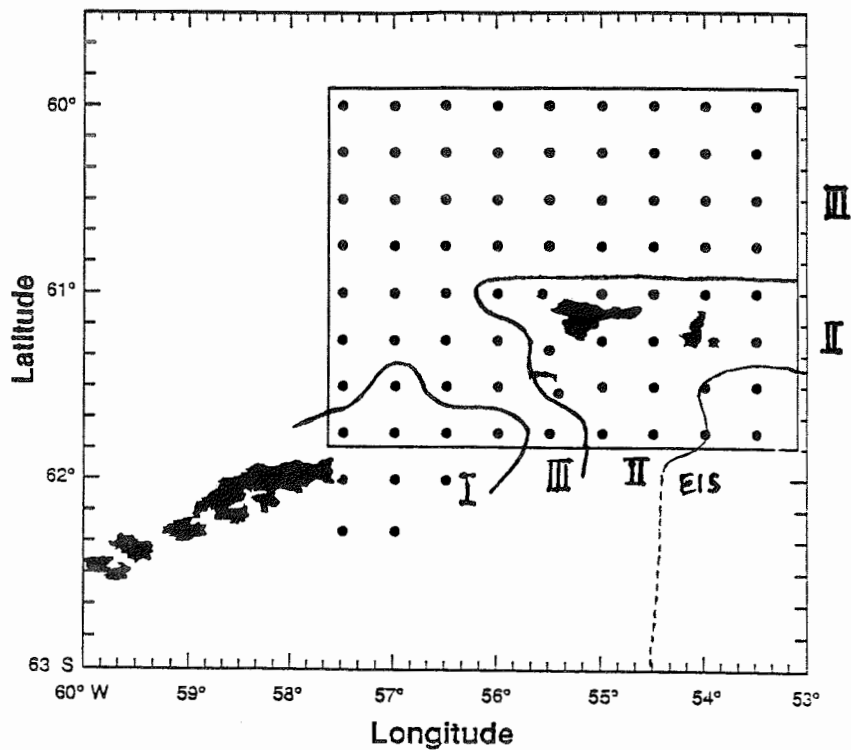
**Tabelle 2.3.1-1:** Relative Häufigkeit von Krill und anderen dominanten Zooplankton-Arten im Untersuchungsgebiet Elephant Island während verschiedener Jahre.

<i>Euphausia superba</i>	Jan. 1992	Jan. 1993	Jan. 1994	Nov./Dec. 1994
No. stations	63	70	63	7
N/1000 m <sup>3</sup>				
Median	5.7	8.2	3.1	1.3
Mean	23.7	28.8	34.5	129.1
Std.Dev	78.0	64.4	94.2	882.5
Min	0.0	0.0	0.0	0.0
Max	594.1	438.9	495.9	7739.4
 <i>Thysanoessa macrura</i>	 Jan 1992	 Jan 1993	 Jan 1994	 Nov/Dec 1994
No. stations	63	70	63	77
N/1000 m <sup>3</sup>				
Median	22.5	27.5	25.4	5.4
Mean	48.1	48.6	74.6	13.8
Std.Dev	57.0	60.1	144.3	20.8
Min	0.0	0.0	0.0	0.0
Max	233.7	307.1	901.6	109.4
 <i>Salpa thompsoni</i>	 Jan 1992	 Jan 1993	 Jan 1994	 Nov/Dec 1994
No. stations	63	70	63	77
N/1000 m <sup>3</sup>				
Median	14.0	245.8	582.3	0.6
Mean	94.3	1213.4	931.9	3.7
Std.Dev	192.3	2537.7	950.2	8.6
Min	0.0	6.9	9.5	0.0
Max	1231.1	16078.8	4781.7	43.2

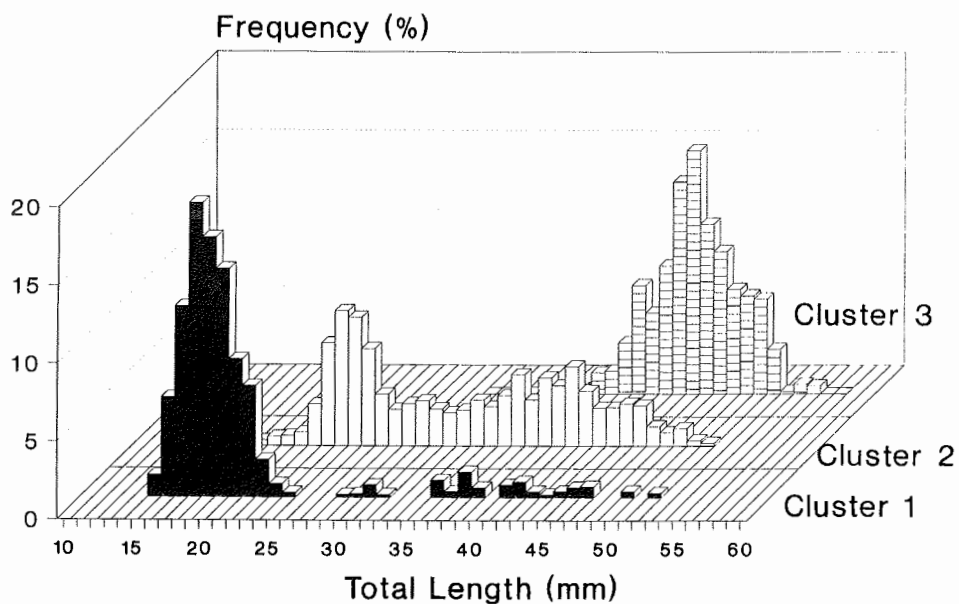
Straße wurden überwiegend Juvenile mit einer Modallänge um 18 bis 20 mm gefangen (Abb. 2.3.1-3). Dies entspricht dem Erwartungswert des Krillbestandes aus dem Bereich der Antarktischen Halbinsel der knapp einjährigen Altersgruppe, also des Jahrgangs 1993/94. Cluster 2 im SE der Box und in der Nähe des zurückweichenden Packeises repräsentiert juvenilen und sub-adulten Krill, wobei der juvenile Krill mit ca. 25 mm Modallänge größer ist als im Westteil. Erfahrungsgemäß handelt es sich hierbei höchstwahrscheinlich aber um Krill der zweijährigen Altersgruppe (Jahrgang 1992/93) aus den eisbedeckten Gebieten des Weddellmeeres. Dieser Krill hätte somit für sein Alter eine sehr geringe Größe.

Weitere Phänomene fallen sofort in der Gesamtverteilung auf (Abb. 2.3.1-4). Zum einen ist die Häufigkeit der juvenilen Altersgruppe um 20 mm insgesamt betrachtet nicht sehr hoch, was darauf schließen läßt, daß die Laichsaison 1993/94 nicht sehr erfolgreich war. Zum anderen sind die auf das juvenile Stadium folgenden sub-adulten Reifegruppen (Stage 2) wie auch die Längengruppen 30 bis 35 mm unterrepräsentiert. Hierbei handelt es sich um zweijährige Tiere des Jahrgangs 1992/93 aus dem Bereich der Halbinsel. Dieser Krill war im letzten Jahr juvenil und das Fehlen in den Proben des vorjährigen Surveys zeigte bereits den weitgehenden Ausfall dieses Jahrgangs an. Interessanterweise waren diese beiden Jahre extrem gute Salpenjahre (vgl. Tab. 2.3.1-1). Somit sind die letzten beiden nachwachsenden Jahrgänge des Krill als schwach einzustufen.

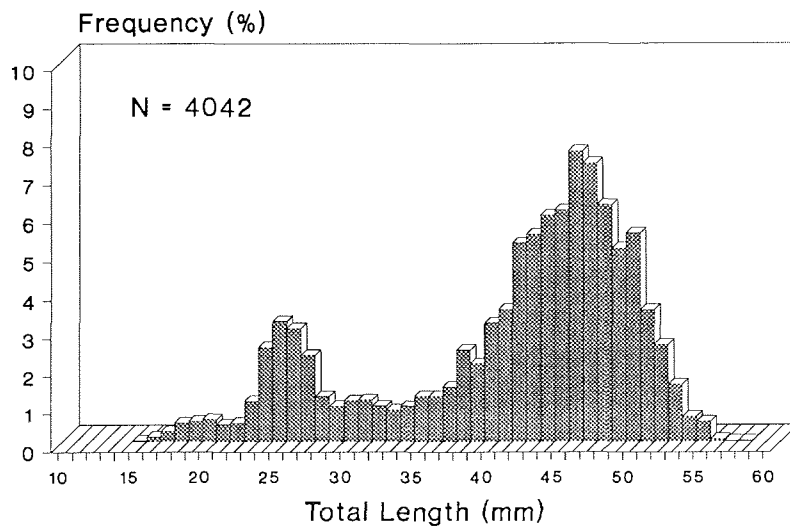
Hingegen deutet die Zusammensetzung des adulten Bestandes zur Zeit auf eine positive Entwicklung in diesem Jahr hin. Etwa 32 % der adulten Weibchen (= 18 % aller Krill in Abb. 2.3.1-4) trugen bereits Spermatophoren und 88 % der adulten Männchen waren laichreif, was bedeutet, daß die Laichzeit des Krill schon Ende November begonnen hatte. Dies ist im Vergleich zu anderen Jahren ein sehr früher Zeitpunkt, meist erstreckt sich die Laichzeit von Januar bis Februar. In der Vergangenheit hatte sich aber gezeigt, daß eine sehr frühe Laichzeit zu einem überdurchschnittlichen Erfolg beim Aufwuchs der juvenilen Altersgruppe führte. Positiv beeinflusst wird die Entwicklung dadurch, daß die Salpenkonzentration in diesem Jahr sehr gering ist, und so den in einigen Wochen schlüpfenden Krillarven keine starke Nahrungskonkurrenz gegenübersteht.



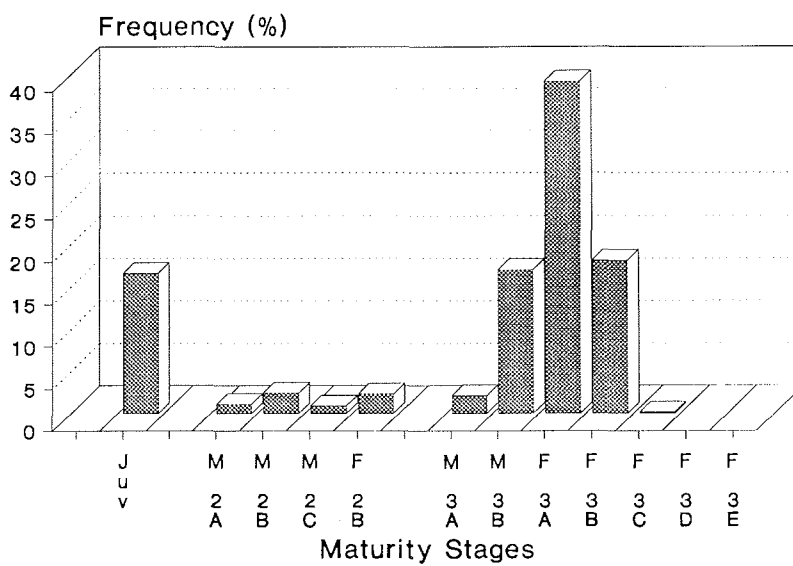
**Abb. 2.3.1-2:** Verbreitung verschiedener Krill-Größengruppen (Cluster I bis III) im Untersuchungsgebiet um Elephant Island (siehe hierzu auch Abb. 2.3.1-3).



**Abb. 2.3.1-3:** Krill Längen-Häufigkeitsverteilungen in den verschiedenen geographischen Clustern in der Zeit vom 26. November bis 5. Dezember 1994.



Krill Maturity Stages Nov/Dec 94



**Abb. 2.3.1-4:** Oben: Gesamte Krill-Längenverteilung für das Untersuchungsgebiet um Elephant Island in der Zeit vom 26. November bis 5. Dezember 1994. Unten: Reifegrad-Zusammensetzung des Krillbestandes (M = Männchen, F = Weibchen, Stage 2 = subadult, Stage 3 = adult).

### 2.3.2 Antarktische Cumacea, Mysidacea und Pantopoda (U. Mühlenhardt-Siegel und C. Stiboy-Risch)

Die Vertreter der beiden Krebsgruppen Cumacea und Mysidacea wurden auf Grund ihrer teilweise hyperbenthischen Lebensweise und geringen Körpergröße bisher mit den üblichen Benthos-Fanggeräten wie Agassiz-Trawl und Bodengreifer nur unzureichend erfaßt. Aus diesem Grund konnten bislang nur wenig Aussagen über Entwicklungs-, Reifungs- und Verbreitungsbiologie getroffen werden. Um diese Aspekte neben Taxonomie und Zoogeographie besser berücksichtigen zu können, sollten verstärkt Epibenthos-Fangmethoden und feine Siebe zur Anreicherung der Proben verwendet werden.

Pantopoda oder Pycnogonida gehören zu den Arthropoden und sind weltweit vorkommende Benthosbewohner. In der Antarktis kommen sie in hoher Diversität vor und erreichen außergewöhnliche Körpergrößen (bis zu 50 cm Spannweite). Mit spezifischem Benthos-Fanggerät sollten vor allem die großen zur Familie der Colossendeidae gehörenden Pantopoda gefangen werden. Lebendbeobachtungen und Versuche zur Temperatur-, Salinitäts- und Lichttoleranz sollten in einem gekühlten Raum durchgeführt werden.

An insgesamt 15 Stationen mit Fangtiefen zwischen 36 m und maximal 300 m (Tab. 2.3.2-1) wurden Benthosuntersuchungen im antarktischen Schelfbereich durchgeführt, 11 Stationen lagen im Bereich um Elephant Island und King George Island, zwei vor der Station Halley und zwei in der Atka-Bucht vor der Neumayer-Station. Für die Benthosuntersuchungen wurden der Beyerschlitten und die Rechteck-Zackendredge acht mal sowie der kleine van-Veen-Backengreifer mit der Fläche 0,1 m<sup>2</sup> sechs mal eingesetzt. Der Beyerschlitten und die Kastendredge wurden in der Regel 10 Minuten über Grund geschleppt.

Die Kastendredge sollte vor allem Pantopoda fangen, die beiden anderen Geräte wurden eingesetzt, um peracaride Krebse zu sammeln. Hierfür wurden die Greiferfänge mehrmals über ein feinmaschiges Netz (0,3 mm Maschenweite) dekantiert, um auch kleine Arten bzw. Jungendstadien zu erfassen.

Besonderes Augenmerk wurde auf die beiden Gruppen Cumacea und Mysidacea gerichtet, weitere Peracarida wie Amphipoda und Isopoda wurden für chemotaxonomische Untersuchungen speziell fixiert. Die Mysidacea wurden wegen ihrer Zerbrechlichkeit noch nicht taxonomisch bearbeitet, die Cumacea konnten nach Gattungen sortiert werden. Die dominanten Gattungen auf Weichböden sind *Vaunthompsonia* (Bodotriidae) und *Diastylopsis* (Diastylidae). Auf Substraten mit Schwämmen waren überwiegend *Cyclaspis* (Bodotriidae) anzutreffen. Von diesen drei am häufigsten auftretenden Gattungen konnten sowohl Jungtiere als auch reife Männchen und eiertragende Weibchen gefangen werden.

Es sind 103 Pantopoda aus 14 Gattungen gefunden worden: *Nymphon*, *Pentanympion*, *Callipallene*, *Austrodecus*, *Austroraptus*, *Cilunculus*, *Ammothea*, *Achelia*, *Aduncorostris*, *Ascorhynchus*, *Pallenopsis*, *Endeis*, *Colossendeis* und *Pycnogonum*. Die weitere Bestimmung bis zum Artniveau erfolgt später.

**Tab. 2.3.2-1:** Die Benthosprobenstationen der Reise ANT-XII/2 Nov./Dez. 1994 mit FS *Polarstern*. Ba = Backengreifer, BS = Beyerschlitten, KD = Kastendredge.

Datum	Stations-Nr.	Position	Tiefe	Fanggerät	Untergrund
27.11.94	PS33/180	61°59,84'S 57°23,64'W	72 m	BS KD Ba	steinig mit Schluffauflage
27.11.94	PS33/181 (Potter Cove)	62°14,05'S 58°41,46'W	36 m	Ba	Weichboden
27.11.94	PS33/181 (Maxwell Bay)	62°14,70'S 58°42,21'W	108 m	KD	
30.11.94	B4 PS33/205	61°04,51'S 55°54,47'W	171 m	Ba KD	sandiger Schlick
30.11.94	B7 PS33/207	60°53,35'S 55°46,58'W	275 m	KD BS	
30.11.94	B6 PS33/208	60°51,10'S 55°39,22'W	229 m	KD	
01.12.94	B8 PS33/218	60°54,85'S 55°24,44'W	223 m	Ba	Weichboden
01.12.94	B3 PS33/220	61°13,07'S 55°43,47'W	109 m	KD BS	
01.12.94	B5 PS33/217	60°51,00'S 55°33,09'W	280 m	KD	Schlick mit Steinen
02.12.94	B10 PS33/227	61°14,51'S 54°53,85'W	109 m	Ba KD	Weichboden mit Bryozoa, schlickiger
02.12.94	B9 PS33/229	61°00,69'S 55°02,79'W	239 m	BS	Feinsand mit Schwammnadeln
14.12.94	Halley 1 PS33/261	75°25,29'S 26°45,19'W	236 m	BS	viele kleine und mittlere Schwämme
15.12.94	Halley 2 PS33/262	75°27,79'S 26°49,30'W	219 m	BS	viele Ascidien
20.12.94	Atka 1 PS33/269	70°30,07'S 08°11,18'W	265 m	BS	große Schwämme
20.12.94	Atka 2 PS33/269	70°29,03'S 08°04,51'W	300 m	BS	Mittelsand

Bei der Auswertung der Proben hat sich gezeigt, daß auf weichem schlickigem Untergrund weniger Pantopoda vorkommen, als auf steinigem Substrat. Besonders viele Organismen kamen in einer Beyerschlitten Probe vor, in der ein sehr großer Kieselschwamm zu finden war.

Nach einem Vergleich der Fanggeräte hat sich gezeigt, daß die grobe Kastendredge ungeeigneter für das Fangen von diesen z.T. sehr graziilen Tieren ist. Es waren nur wenige und dann meist stark beschädigte Pantopoda in den Proben.



Der Beyerschlitten hat sich als erfolgreichstes Gerät bewährt. Mit ihm konnten die meisten Tiere gefangen werden. Mit dem Backengreifer wurde kein einziger Pantopode gefangen, was sich damit erklären läßt, daß diese Organismen nicht in großer Dichte vorkommen und zufällig von einem Greifer "erwischt" werden müssen.

Besonders niedrig scheint die Dichte bei Individuen der Gattung *Colossendeis* zu sein: Es wurde nur ein Exemplar gefangen, das frisch gehäutet und außerdem verletzt war. Vermutlich ist es daher nach sehr kurzer Zeit eingegangen. So konnten die Hälterungsversuche, die vor allem mit Tieren aus dieser Gattung gemacht werden sollten, nicht im geplanten Maße durchgeführt werden. Zusätzliche Beobachtungen an lebenden Pantopoda haben gezeigt, daß diese vermutlich sehr temperaturempfindlich sind. Größere Toleranz zeigten die Organismen gegenüber Salinitätsveränderungen und Lichteinwirkung.

Es ist geplant, über die Familie Colossendeidae eine Monographie anzufertigen. Um mehr Material zu bekommen, müßten Probennahmen häufiger und großflächiger angelegt werden.

### **2.3.3 Bestandsaufnahme der planktischen Ostracoden (Crustacea) im Gebiet King George und Elephant Island (Antarktische Halbinsel) und im südöstlichen Weddell Meer (S. Gollasch)**

Ostracoden sind weit verbreitete etwa 0.2 bis 3 mm große Crustacea. Sie zählen zu den charakteristischen Zooplanktonorganismen im limnischen und marinen Milieu. Untersuchungen über antarktisches Zooplankton konzentrieren sich zumeist auf den Krill (*Euphausia superba*) der neben ökologischem auch auf wirtschaftliches Interesse stößt. Auch Copepoden sind intensiv untersucht worden. Zumeist wird das Auftreten der Ostracoden als Gruppe erwähnt, die jedoch nicht bis zur Art bestimmt wurden. Eine der wenigen Aufnahmen antarktischer Ostracoden wurde im westlichen Bereich der antarktischen Halbinsel Ende der 80er Jahre von Kock (1993) durchgeführt.

Diese Untersuchung soll die Ergebnisse von Kock um ein weiteres Probennahmegebiet ergänzen wobei der geographische Schwerpunkt diesmal auf die Süd-Shetland-Inseln gelegt wurde. Zusätzlich wurden einige Proben im südöstlichen Weddellmeer nahe des Drescher-Inlets, vor Kap Norvegia und nahe der Atka-Bucht genommen.

Im Rahmen einer Langzeituntersuchung über das Krillvorkommen konnten die Ostracoden im "Beifang" untersucht werden. Genaue Stationspositionen finden sich in Kapitel 2.3.1. Die Probennahmen erfolgten mit einem RMT-Planktonnetz mit einer Maschenweite von 320 µm. In 93,8 % der 80 Proben wurden Ostracoden folgender Gattungen gefunden: *Alacia*, *Boroecia*, *Conchoecissa*, *Discoconchoecia* und *Metaconchoecia*. Es ist geplant an Hand des gesammelten Materials artspezifische Verbreitungsgebiete zu diskutieren.

Bei weiteren populationsdynamischen Untersuchungen soll der Anteil an Jugendstadien denen der Adulti gegenübergestellt werden, um den noch weitgehend unbekanntem Lebenszyklus aufzuklären.

#### **2.3.4 Antarktische Ciliaten (Protozoa) im Meerwasser und Meereis (N. Wilbert und M. Sering)**

Den Lebewesen im Meereis, Organismengesellschaften mit Bakterien, Protozoen, Metazoen und Algen, kommt im Bereich der Substratumgestaltung eine wichtige Rolle zu. Sie machen einen bedeutenden oder gar dominierenden Teil der gesamten Organismenbesiedlung im antarktischen Winter aus und haben so größte Bedeutung für den biologischen Energiehaushalt des südlichen Atlantik. Für das Verständnis der Vorgänge im Wirkungsgefüge dieses ökologischen Systems ist es daher notwendig, Kenntnisse über die Biologie und Ökologie dieser Lebewesen zu erarbeiten.

Erst in jüngster Zeit sind die Lebensgemeinschaften im antarktischen Meereis genauer untersucht worden. Eine eigene, erste Bestandsaufnahme von Ciliaten im Meereis wurde zu Beginn des antarktischen Winters im Rahmen von ANT-X/3 (1992) vorgenommen. Hier zeigte sich, daß unter den Protozoen (Foraminiferen, Amöben, Flagellaten) die Ciliaten mit über 70 Arten die nach Art- und Individuenzahl wichtigsten Vertreter sind. Während dieser Expedition wurde nun Meereis im antarktischen Sommer, dem angenommenen Höhepunkt der Eisbesiedlung, auf seine Ciliatenfauna hin untersucht.

Schollen von braunem Eis aus verschiedenen Standorten des Weddellmeeres wurden nach dem Verfahren von Spindler in Meerwasser aufgetaut und in dem so gewonnenen Schmelzwasser die Ciliaten qualitativ und quantitativ erfaßt. Parallel hierzu erfolgte auch eine qualitative Bestandsaufnahme der Ciliaten im Plankton mit einem Apstein-Netz (20 µm) von 0-50 m Tiefe.

Die lebenden Organismen wurden zunächst mit einem eigens vorgekühlten Mikroskop einer eingehenden Lebendbeobachtung unterzogen. Die Darstellung der Infraciliatur erfolgte durch die Silberfärbung mit Protargol und durch Silbernitrat-Imprägnation. Von allen angetroffenen Arten sind mikroskopische Präparate angefertigt worden.

Die aktive Ciliatenabundanz im Eis wurde nach Fixierung in Kolkwitzkammern bestimmt und dazu von jeder Probe drei Kammern à 1 ml ausgezählt. Mehr als 40 verschiedene Arten konnten gefunden und bearbeitet werden, wie Lebendaspekt, Morphometrik und Infraciliatur. Hiervon leben 30 Arten ausschließlich im Meereis. Acht Arten kommen nur im Plankton vor.

Die Individuenzahl pro Liter geschmolzenen Brauneis liegt gewöhnlich bei 5000/l. Der begrenzende Faktor für Ciliaten in diesem Lebensbereich ist neben anderen in erster Linie die Verfügbarkeit der Nahrung. Das sind in der Hauptsache Algen (Diatomeen) und Bakterien. Dies belegen Eisalgenblüten in zwei Eisproben, die eine aus über 100 µm breiten, millimeterlangen Diatomeenbändern, eine andere aus Phaeocystis-Kolonien. Dieses reiche Nahrungsangebot konnte von den Ciliaten wegen ihrer geringen Körpergröße nicht genutzt werden. Sie fehlten daher hier

völlig. Darüber hinaus ist das Brauneis im antarktischen Sommer die Kinderstube für zahlreiche Arten, die hier ihre Larvalentwicklung durchmachen, wie Ctenophoren, Copepoden und Polychaeten, um dann nach dem Auftauen freigesetzt, pelagisch weiterzuleben. Im Eis sind sie die Nahrungs- aber auch Raumkonkurrenten der Ciliaten. So erklärt sich, daß die Abundanz der Ciliaten zu dieser Jahreszeit nur halb so groß ist wie zu Beginn der Eisbildung, wenn diese Konkurrenten fehlen.

Die Ciliatenzönosen im Eis und Plankton sind von der Diversität der Arten her unterschiedlich strukturiert. So kommen im freien Wasser hauptsächlich Tintinnen- und Strombidium-Arten vor. Im Eis fehlen sie. Dominante Arten sind hier Vertreter der Gattung *Spiroprorodon* und *Lacrymaria* sowie hymenostome und hypotriche Ciliaten.

**Tab. 2.3.4-1:** Zusammenstellung der Beprobungsstationen für die Ciliatenuntersuchungen.

Planktonproben			Eisstationen		
Stations-Nr.	Koordinaten		Stations-Nr.	Koordinaten	
08	61°59,09'S	57°23,20'W	258	60°39,00'S	35°43,30'W
20	61°00,31'S	57°30,11'W	259	60°54,00'S	22°27,80'W
22	60°29,84'S	57°29,84'W	260	71°52,70'S	16°06,80'W
24	59°59,93'S	57°30,49'W	264	73°09,90'S	20°10,90'W
25	60°00,82'S	56°59,99'W	266	70°58,00'S	11°58,50'W
27	60°30,18'S	56°59,85'W	268	69°35,50'S	15°45,90'W
29	60°59,86'S	56°59,85'W	270	69°39,10'S	15°45,50'W
33	61°59,90'S	56°59,80'W	271	67°15,20'S	12°16,70'W
35	61°59,36'S	56°30,50'W			
37	61°30,04'S	56°29,88'W			
39	61°00,16'S	56°29,89'W			
44	60°00,00'S	56°00,00'W			
46	60°30,37'S	55°59,60'W			
48	61°00,30'S	55°59,70'W			
55	61°00,21'S	55°40,66'W			
61	60°14,80'S	55°00,00'W			
62	60°30,98'S	55°00,20'W			
63	60°45,50'S	54°59,95'W			
64	60°59,81'S	55°00,37'W			
69	61°29,50'S	54°30,20'W			
71	60°59,23'S	54°30,01'W			
73	60°30,11'S	54°29,53'W			
76	60°00,60'S	53°59,00'W			
78	60°30,00'S	53°59,57'W			
85	61°29,17'S	53°31,22'W			
87	60°59,41'S	53°29,95'W			
91	60°00,18'S	53°30,50'W			
B8	61°01,20'S	55°41,20'W			
265	71°04,00'S	11°44,50'W			
292	59°29,30'S	03°10,20'W			

### 2.3.5 Wirkung der UV-A- und UV-B-Strahlung auf die Pigmente und den $^{15}\text{N}$ -Einbau in die Aminosäuren von antarktischem Phytoplankton und Eisalgen (G. Döhler)

Der seit 1979 über der Antarktis beobachtete Ozonabbau und die über der Nordhalbkugel in neuerer Zeit festgestellte Reduktion der Ozonschicht waren der Anlaß, die Auswirkungen der UV-Strahlung auf biologische Systeme intensiver zu untersuchen. Neben dem unmittelbaren Einfluß auf den Menschen ist die Beeinträchtigung des terrestrischen und aquatischen Ökosystems durch die UV-B-Strahlung insbesondere für die Artenzusammensetzung und die Nahrungskette von Bedeutung. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse von Freiland- und Laboruntersuchungen konnte ein art- und stadienspezifisches Verhalten der Phytoplanktonarten gegenüber der UV-Strahlung nachgewiesen werden. Neuerdings wird die Wirkung des UV-Anteils der Sonnenstrahlung und die von künstlichen Lichtquellen auf das marine Phytoplankton der Antarktis und der gemäßigten Zone von mehreren Arbeitsgruppen untersucht.

Im Rahmen unseres Forschungsprogrammes ist der Einfluß der UV-Strahlung verschiedener Wellenlängenbereiche auf die Aufnahme von  $^{15}\text{N}$ -markierter anorganischer Stickstoffverbindungen und teilweise auch der  $^{15}\text{N}$ -Einbau in die Aminosäuren bei antarktischem Phytoplankton während vorausgegangener *Polarstern*-Fahrten erfaßt worden. Da die bisher verwendeten UV-Lampen noch einen UV-A-Anteil aufweisen, ist während des Fahrtabschnittes ANT-XII/2 die Wirkung von UV-A und UV-B getrennt untersucht worden. Dazu fanden Speziallampen der Fa. Philips (TL 40 W/09 N für UV-A und TL 40 W/01 für UV-B), die ein engbegrenztes Spektrum aufweisen, Verwendung. Gleichzeitig wurde während der Experimente Weißlicht mittels Projektoren eingestrahlt; die Intensität des Weißlichtes betrug  $103 \text{ W m}^{-2}$ , UV-A  $17,6 \text{ W m}^{-2}$  und UV-B  $1,16 \text{ W m}^{-2}$ . Die mit einem Planktonnetz an 12 Stationen nahe Elephant Island genommenen Proben (40-0 m Tiefe) wurden im Labor in speziellen Plexiglasküvetten bei  $+4 \text{ }^\circ\text{C}$  mit UV-A oder UV-B bestrahlt. Dabei fanden UV-transparente und UV-undurchlässige Plexiglasgefäße Verwendung. Außerdem konnten Experimente mit Eisalgen, die Dr. Wilbert zur Verfügung stellte, durchgeführt werden.

Die Planktonproben enthielten vor allem die Diatomee *Corethron criophilum* während bei den Eisalgen zahlreiche *Nitzschia*-Arten dominierten. Mit Beginn der UV-Bestrahlung wurde die  $^{15}\text{N}$ -markierte Verbindung ( $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$  oder  $\text{K}^{15}\text{NO}_3$ ) zugegeben und Proben nach verschiedenen Photosynthesep perioden (1-8 h) entnommen und auf Whatman-Glasfaserfilter (GF/C, 2,5 cm) gesaugt. Die Filter wurden für die Bestimmung der Aufnahme raten bei  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  getrocknet, für die Pigmentanalysen bei  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  aufbewahrt und für die Analysen der Aminosäuren in 10 ml 80% Ethanol eingebracht. Die Trennung und Analyse der Pigmente und Aminosäuren erfolgt mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) im Frankfurter Labor. Die  $^{15}\text{N}$ -Anreicherung in den Proben wird mit einem Emissionsspektrometer (Jasco Modell N150) gemessen.

Im Anschluß an die *Polarstern*-Fahrt ANT-XII/2 werden im Frankfurter Labor der Einfluß von UV-A und UV-B auf das aus der Antarktis mitgebrachte Phytoplankton und auf Unialgalkulturen von isolierten Arten weiterhin untersucht. Experimente mit  $^{14}\text{C}$ - und  $^{15}\text{N}$ -Substanzen stehen dabei im Vordergrund der Untersuchungen. Das Vorhandensein von mycosporin-ähnlichen Aminosäuren, die als UV-schützendes

System fungieren, soll ebenfalls geprüft werden. Außerdem werden die UV-Effekte auf das Wachstum, die Zellinhaltsstoffe und den Stickstoffmetabolismus nach längeren Betrachlungszeiten bearbeitet.

**Tab. 2.3.5-1:** Zusammenstellung der Beprobungsstationen für die Phytoplankton-untersuchungen.

Plankton-Proben			Eisalgen-Proben		
Station	Breite	Länge	Station	Breite	Länge
24	60° 00' S	57° 30' W	258	60° 39' S	35° 43' W
25	60° 01' S	57° 00' W	259	60° 54' S	22° 27' W
33	62° 00' S	56° 30' W	260	71° 52' S	16° 06' W
35	61° 59' S	56° 30' W	264	73° 09' S	20° 10' W
37	61° 30' S	56° 29' W			
53	61° 30' S	55° 30' W			
55	61° 00' S	55° 40' W			
64	60° 59' S	55° 00' W			
69	61° 29' S	54° 30' W			
71	60° 59' S	54° 30' W			
76	60° 00' S	53° 59' W			
85	61° 29' S	53° 31' W			

#### 2.4 Physikalische Ozeanographie (A. Wisotzki und S. Ronski)

Die während ANT-XII/2 gewonnenen physikalisch-ozeanographischen Daten tragen zum Verständnis des Antarktischen Zirkumpolarstroms, seines meridionalen Wärmetransports und seines vertikalen Impulstransports bei. Ferner werden sie zur Erstellung eines großskaligen Datensatzes in polaren Gebieten verwendet. Dazu wurden verschiedene ozeanographische Meßgeräte zu Messungen in der Deckschicht und in der Wassersäule eingesetzt. Es wurden Temperatur und Salzgehalt an der Meeresoberfläche als Horizontalprofile, sowie Temperatur, Salzgehalt und Strömungen in der Wassersäule als Vertikalprofile gemessen.

Zur statistischen Erfassung der Fluktuationen im Bereich des Antarktischen Zirkumpolarstroms wurden drei Verankerungen eingesetzt. Die ausgelegten Strömungsmesser und CTDs (conductivity, temperature, depth) liefern Zeitreihen, die zur Untersuchung der räumlichen und der zeitlichen Variation der Fluktuationen beitragen.

Im Gebiet der Süd-Shetland-Inseln wurde ein Stationsnetz mit der CTD-Sonde durchgeführt, wobei die verhältnismäßig engen Stationsabstände regionale Untersuchungen im Bereich der Weddell-Scotia Konfluenz ermöglicht haben. Insgesamt wurden 50 hydrographische Stationen ausgeführt.

##### Geräte und Messungen

Für das hydrographische Meßprogramm wurde eine CTD-Sonde Neil Brown Mark III mit drei Meßfühlern (Leitfähigkeit-, Druck- und Temperatursensor) eingesetzt. Die CTD-Daten wurden als vertikale Meßprofile gemessen und mit einem PC

aufgezeichnet. Die Wasserprobennahme erfolgte mit einem in das CTD-System integrierten Kranzwasserschöpfer mit 24 Flaschen zu je 12 l. Insgesamt wurden 272 Wasserproben für die Salzgehaltsbestimmung genommen und an Bord gemessen. Der Salzgehalt der Wasserproben wurde mit einem Labor-Salinometer Guildline AUTOSAL 8400A bestimmt und zur Korrektur der Leitfähigkeitsmessungen der CTD-Sonde benutzt. Als Referenz für die Salzgehaltsmessungen wurde das I.A.P.S.O. Standardwasser verwendet.

Die Temperatur- und Drucksensoren wurden vor der Reise im Scripps Institute of Oceanography (USA) kalibriert. Die Genauigkeit der vorläufig korrigierten CTD-Daten beträgt für die Temperatur 4 mK, den Druck 3 dbar und den Salzgehalt 0,005. Die Lage der CTD-Stationen ist in der Abb. 2.4-1 dargestellt.

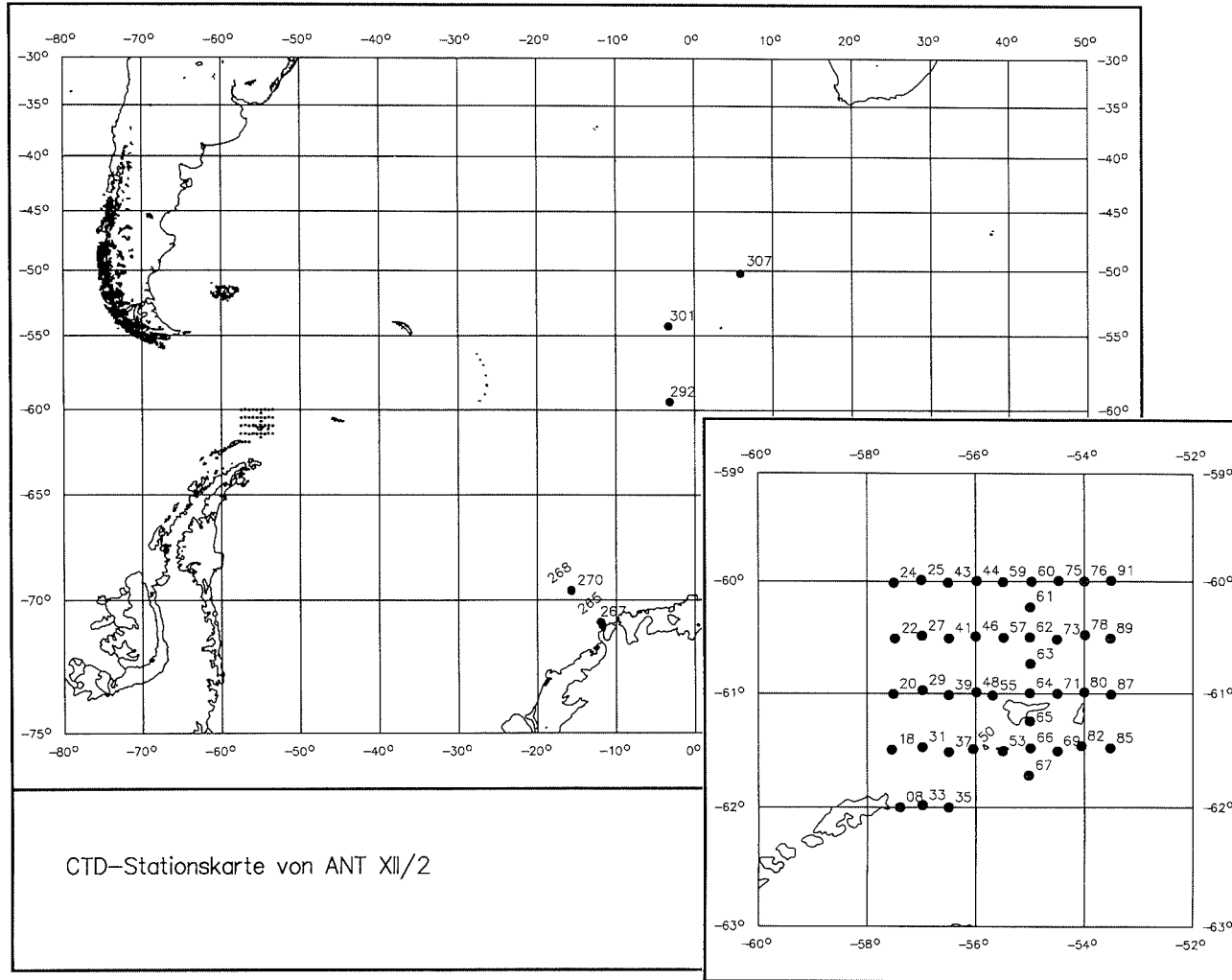
Die automatische Oberflächenregistrierung von Temperatur und Salzgehalt wurde mit Hilfe von zwei festinstallierten Thermosalinographen durchgeführt. Täglich wurden Wasserproben an den Einlässen der beiden Thermosalinographen entnommen, und der Salzgehalt mit dem Labor-Salinometer gemessen. Bei der Salzgehaltsmessung vom Bugstrahl-Thermosalinographen wurde ein fast konstanter Offset von ca. 0,010, vom Kielschacht-Thermosalinographen kein Offset festgestellt.

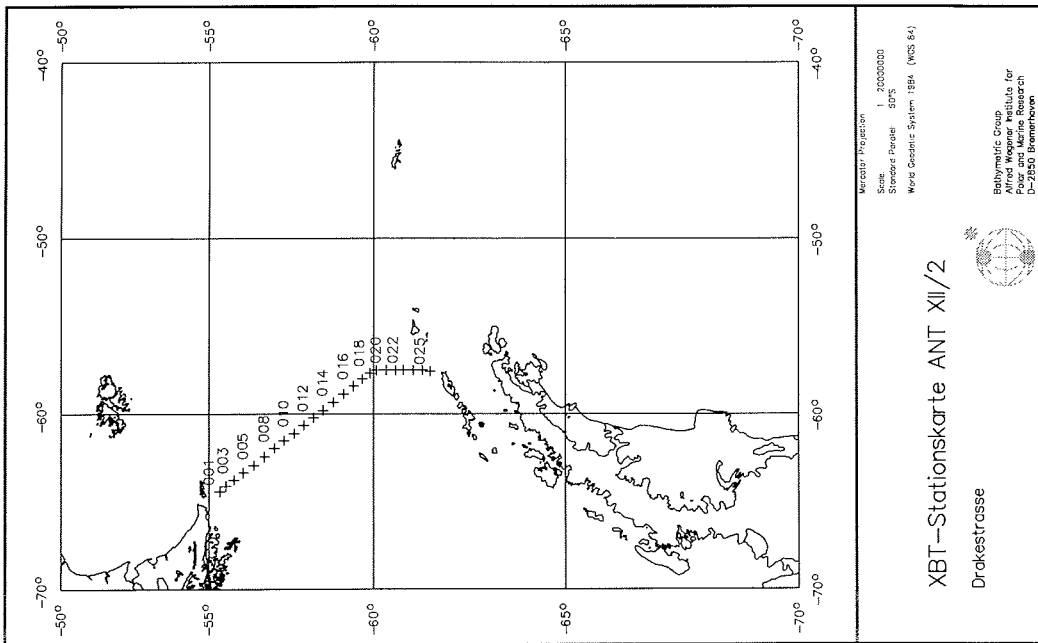
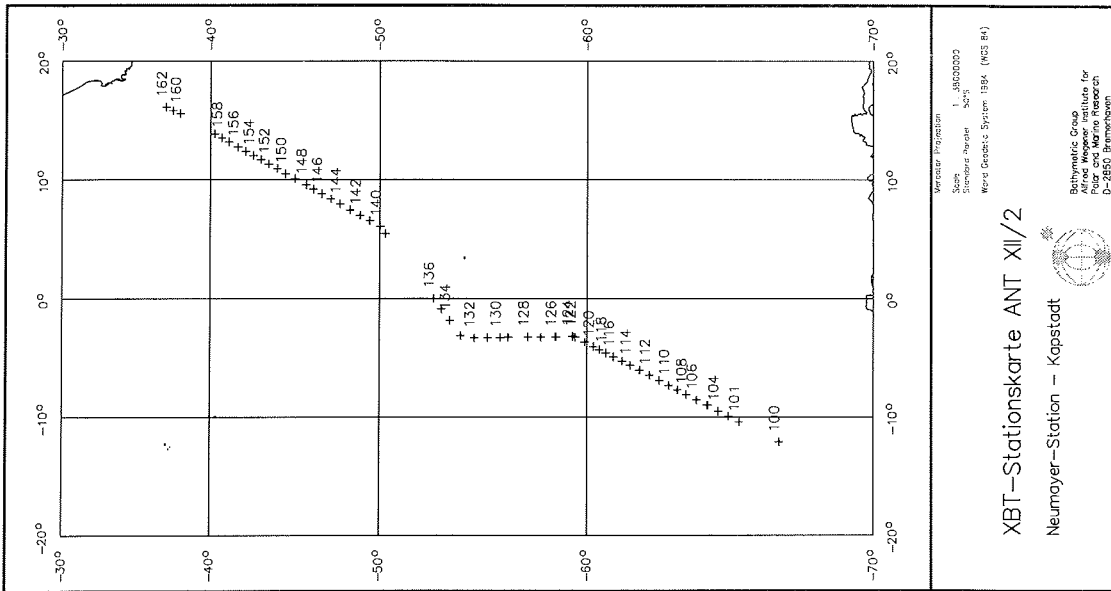
Im Rahmen des langfristigen Vorhabens, einen klimatologischen Datensatz für den Südatlantik zu erstellen, wurden 89 XBTs (Expendable Bathythermograph) eingesetzt. Dazu wurden XBTs vom Typ T-7 (Deep Blue) benutzt, die ein vertikales Temperaturprofil bis in eine Tiefe von 750 m liefern. Die XBT-Daten wurden mit einem PC aufgenommen und von einer DCP (Data Collection Platform) in Form einer IGOSS-Meldung (Integrated Global Ocean Services System) über Satelliten nach Die XBTs wurden auf Schnitten über die Drakestraße und zwischen der Neumayer-Station und Kapstadt eingesetzt. Der letzte XBT-Schnitt mußte aufgrund der schlechten Wetterbedingungen mehrmals unterbrochen werden. Die Lage der XBT-Abwürfe ist in der Abb. 2.4-2 dargestellt.

Mit einem ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), der in einem Schacht am Kiel eingebaut ist, wurden vertikale Strömungsprofile vom fahrenden Schiff bis in Tiefen von 330 m gemessen. Das Gerät erfaßt mit vier Schallstrahlen drei Strömungskomponenten. Die Geschwindigkeitsprofile wurden mit einem PC aufgenommen und gespeichert, später werden sie im AWI aufbereitet und ausgewertet.

Die Verankerungsarbeiten im Weddellmeer waren nur teilweise erfolgreich. Von drei Verankerungen, die vor zwei Jahren ausgebracht wurden, konnte nur eine aufgenommen werden. Zwei wurden trotz Dredgens nicht auf ihren Positionen aufgefunden. Im Antarktischen Zirkumpolarstrom wurden drei Verankerungen ausgetauscht und eine teilweise aufgenommen (während des Dredgens wurde das Verankerungsseil unter dem obersten Strömungsmesser abgeschnitten). Bei jeder Verankerungsposition wurde ein CTD-Profil für die Kalibrierung der Strömungsmesser gemessen. Eine Übersicht über die Zeiten, Positionen, Einsatz Tiefen und Meßgrößen der Geräte der aufgenommenen und ausgelegten Verankerungen ist in den Tabellen 2.4-1a und -1b dargestellt.

Abb. 2.4-1: CTD-Stationskarte während ANT XII/2.





**Abb. 2.4- 2:** XBT-Stationkarten während ANT XII/2.  
 Hamburg zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) übertragen.



**Tabelle 2.4-1a:** Liste der aufgenommenen Verankerungen während ANT-XII/2. AV = Aanderaa Strömungsmesser, ACM = Strömungsmesser FSI (Falmouth Scientific, Inc.), SF = Sinkstoff-Falle, T = Temperatursensor, P = Drucksensor, C = Leitfähigkeitssensor.

Verankerung	geogr. Breite und Länge	Ausgelegt Datum, Zeit (UTC)	Aufgenommen (Datum, Zeit (UTC))	Wasser-tiefe (m)	Typ des Geräts	Instrument Nr.	Tiefe des Geräts (m)
AWI 214 -4	71°03,2'S 11°43,9' W	18.12.199 2 13:13	17.12.199 4 10:15	360	AV TP	9193	195
					AV TPC	8401	301
					WLR	850	359
AWI 227-1	59°27,9'S 3°12,3'W	18.04.199 4 13:06	26.12.199 4 9:45	5030	ACM-TPC	1317	181
					AV TP	9215	442
					SF	89006	494
					AV T	9786	1540
					AV T	9183	3586
					SF	910104	3638
ACM-TPC	1318	4994					
BO 4	54°20,2'S 3°20,2'W	16.04.199 4 13:45	27.12.199 4 20:15	2734	ACM-TPC	1315	246
					AV TP	9213	457
					SF	930020	509
					AV T	9214	1555
					SF	930057	2252
ACM-TPC	1316	2698					
PF 6	50°06,7'S 5°54,0'E	07.12.199 2 18:05	29.12.199 4 19:00	3778	AV TP	9765	190
PF 7	50°09,1'S 5°49,7'E	13.04.199 4 18:57	29.12.199 4 10:15	3778	ACM-TPC	1313	214
					SF	930058	636
					AV T	9211	712
					AV T	9212	1508
					AV T	9768	3014
					SF	93001	3056
AV T	9770	3742					

**Tabelle 2.4-1b:** Liste der ausgelegten Verankerungen während ANT-XII/2. AV = Aanderaa Strömungsmesser, SF = Sinkstoff-Falle, T = Temperatursensor, P = Drucksensor, C = Leitfähigkeitssensor.

Verankerung	geogr. Breite und Länge	Ausgelegt Datum, Zeit (UTC)	Aufgenommen Datum, Zeit (UTC)	Wassertiefe uncorr. (m)	Typ des Geräts	Instrument Nr.	Tiefe des Geräts uncorr. (m)
AWI 227-2	59°27,5'S 3°11,2'W	26.12.1994 13:21		5007	AV TP AV TP SF AV T AV T SF AV T	10002 9998 920042 9179 10531 890004 10532	215 476 528 1574 3620 3672 4969
BO 5	54°20,6'S 3°17,6'W	27.12.1994 22:41		2730	AV TPC AV TP SF AV T SF AV T	9766 8037 910015 9188 910003 9184	272 483 535 1581 2278 2683
PF 8	50°11,1'S 5°53,7'E	29.12.1994 22:13		3838	AV TP SF AV TP AV T AV T SF AV T	1313 890107 7727 10534 10495 910020 10497	258 680 756 1552 3060 3100 3785

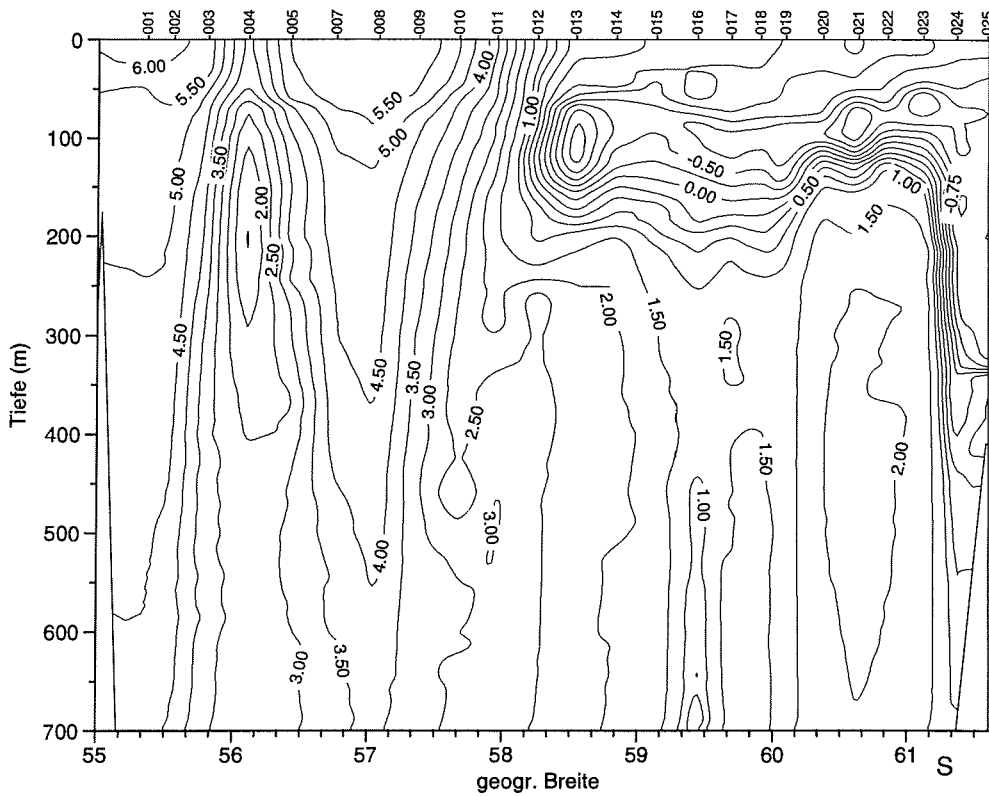
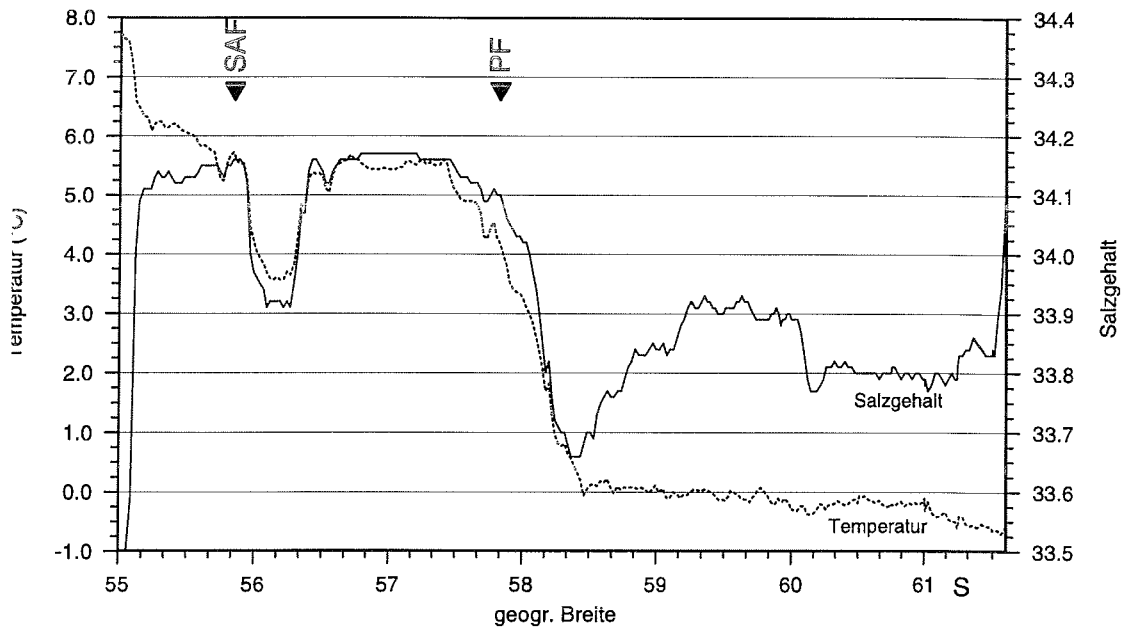
## Erste Ergebnisse

Nach dem Auslaufen aus Punta Arenas wurden ab  $55^{\circ} 22' S$  XBTs eingesetzt. Die Subantarktikfront (SAF) wurde bei  $55^{\circ} 52' S$  angetroffen. Sie trennt die Subantarktische Zone (SAZ) und die Polarfrontzone (PFZ). Südlich der Subantarktikfront wurde je eine kalte und eine warme Zelle beobachtet, die sowohl durch Wirbel oder einen Mäander erzeugt werden können. Bei  $57^{\circ} 50' S$  wurde die Polarfront überquert, die als nördliche Grenze des Winterwassers (WW) ausgeprägt ist. Diese Front war auch an der Oberfläche durch eine Abnahme der Temperatur um ca. 5 K und des Salzgehalts um ca. 0,4 gut erkennbar. In der Abb. 2.4-3 sind der Salzgehalt, die Temperatur an der Wasseroberfläche und die Vertikalverteilung der Temperatur auf dem Schnitt über die Drakestraße dargestellt.

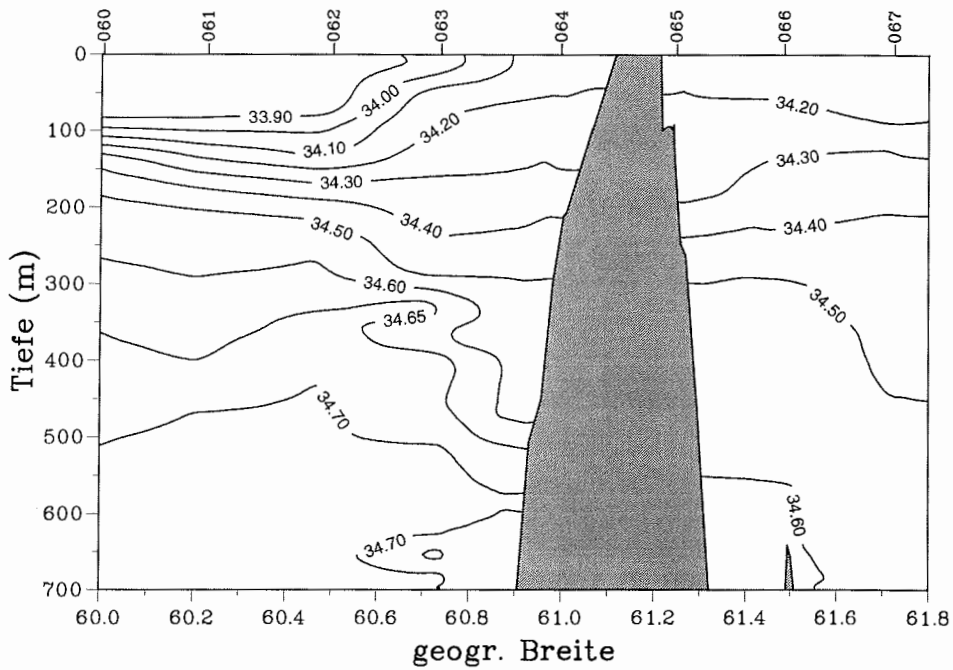
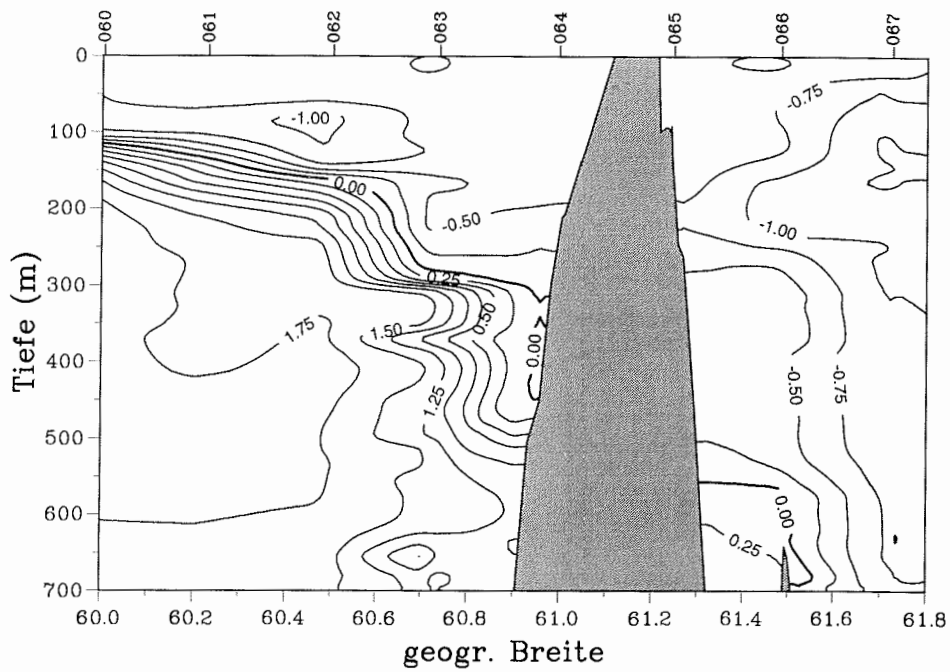
Im Gebiet der Süd-Shetland-Inseln wurden in engen Abständen (12-30 Seemeilen) 44 CTD-Profile bis in eine Tiefe von 750 m aufgenommen. In der Abb. 2.4-4 sind meridionale Schnitte der Temperatur und des Salzgehalts entlang  $55^{\circ} W$  dargestellt. Zwischen Stationen 62 und 63 kann man deutlich eine hydrographische Front erkennen, die einen Teil der Weddell-Scotia-Konfluenz (WSC = Weddell Scotia Confluence) darstellt. Als ein Beispiel für die Salz- und Temperaturinversionen, die in der WSC auftreten, sind vertikale Temperatur- und Salzgehaltsprofile an der Station 63 in der Abb. 2.4-5 abgebildet. In der Abb. 2.4-6 sind zonale Schnitte der Temperatur und des Salzgehalts entlang  $60^{\circ} S$  dargestellt. Auf dem Schnitt sieht man das salzreiche und warme Zirkumpolare Tiefenwasser (CDW, Circumpolar Deep Water) aus der Drakestraße, in das kalte und salzarme Zellen eingelagert sind. Diese Zellen haben Ursprung in der Bransfieldstraße. Auf dem hydrographischen Schnitt entlang  $60^{\circ} 30' S$  (Abb. 2.4-7) sind die kalten Zellen nicht zu erkennen, nur am östlichen Rand findet einen Einschub von kaltem Wasser aus dem Weddellmeer statt.

In der Abb. 2.4-8 sind die Oberflächentemperatur und der Oberflächensalzgehalt auf dem Stationsnetz wiedergegeben. Hier wird der nördliche Rand der WSC, die Scotiafront durch einen horizontalen Salzgehaltsgradienten sichtbar.

Zwischen der Neumayer-Station und Kapstadt wurden wieder XBTs eingesetzt. Die Temperatur und der Salzgehalt an der Wasseroberfläche und die Vertikalverteilung der Temperatur auf diesem Profil ist in der Abb. 9 gezeigt. Die Polarfront wurde bei  $51^{\circ} S$ , die Subantarktikfront bei  $46^{\circ} 30' S$  beobachtet.



**Abb. 2.4-3:** Oberflächentemperatur und -salzgehalt, Lage der ozeanischen Fronten und vertikale Temperaturverteilung (XBT-Daten) auf dem Schnitt von Südamerika zur Antarktischen Halbinsel, PF = Polarfront, SAF = Subantarktikfront.



**Abb. 2.4-4:** Vertikalverteilung der potentiellen Temperatur (oben) und des Salzgehalts (unten) entlang 55° W.

CTD-PROFIL Station 63 (ANT XII/2)

60 44.20S 54 59.30W

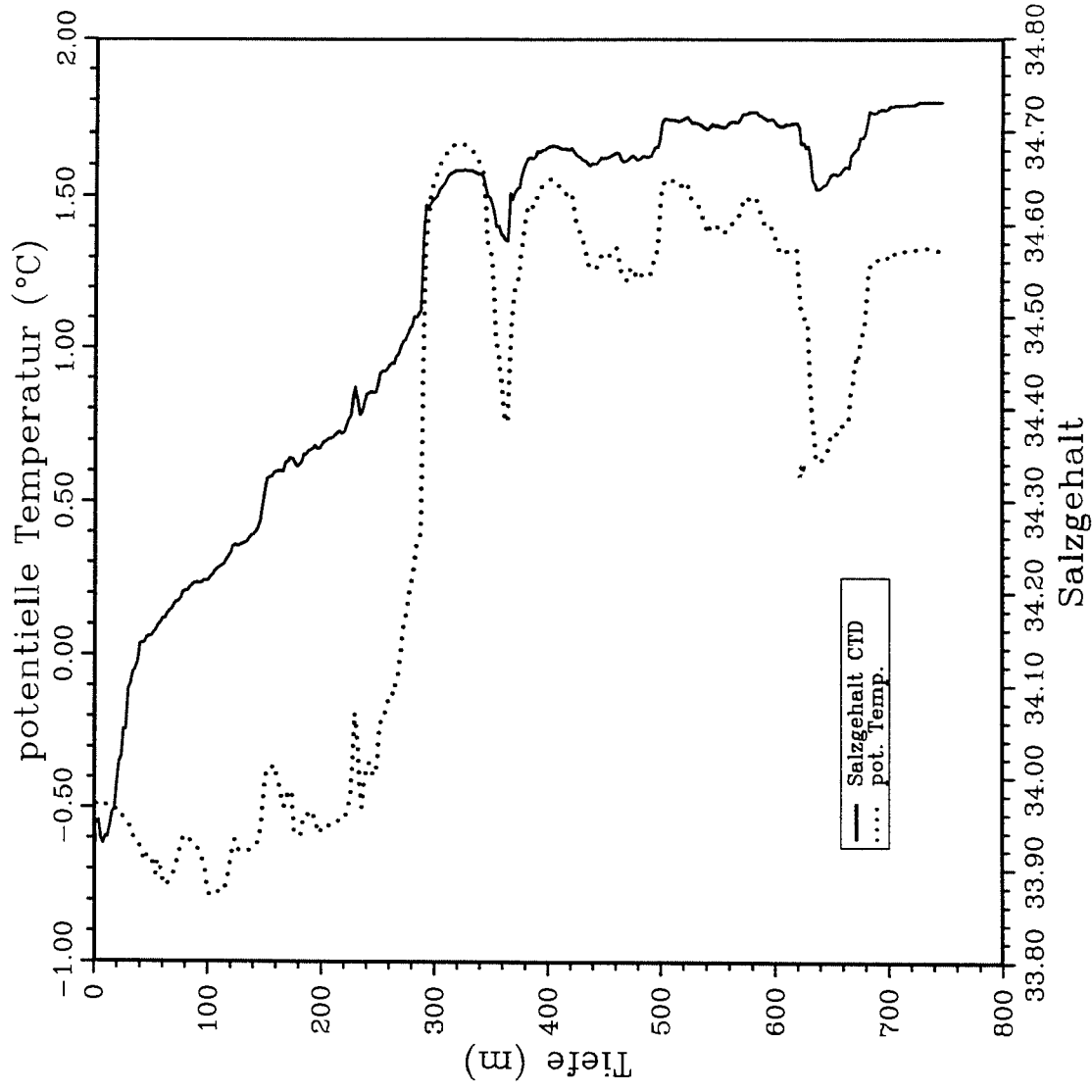
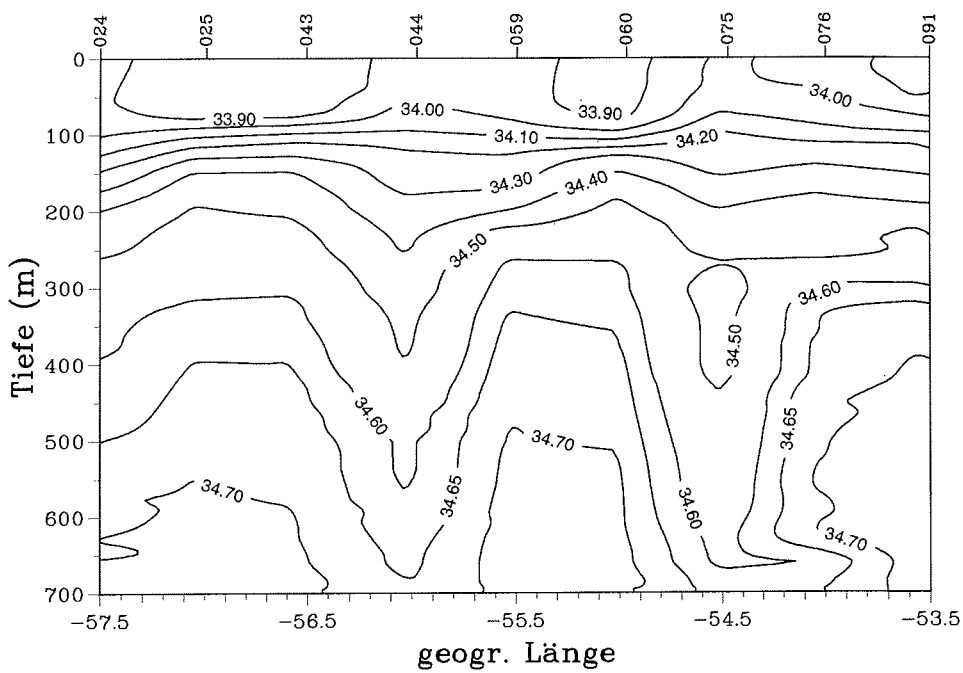
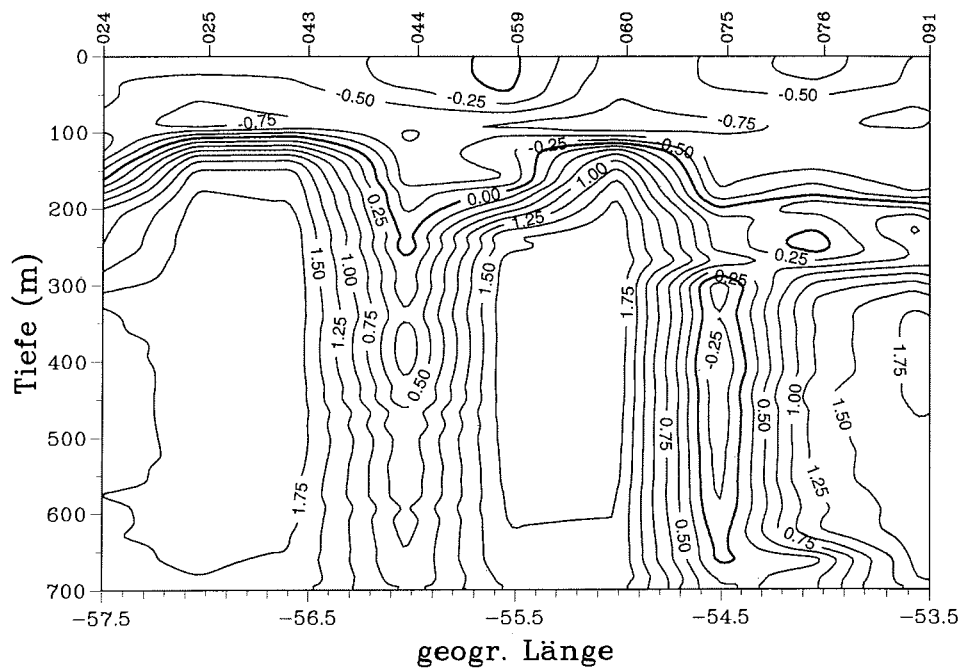
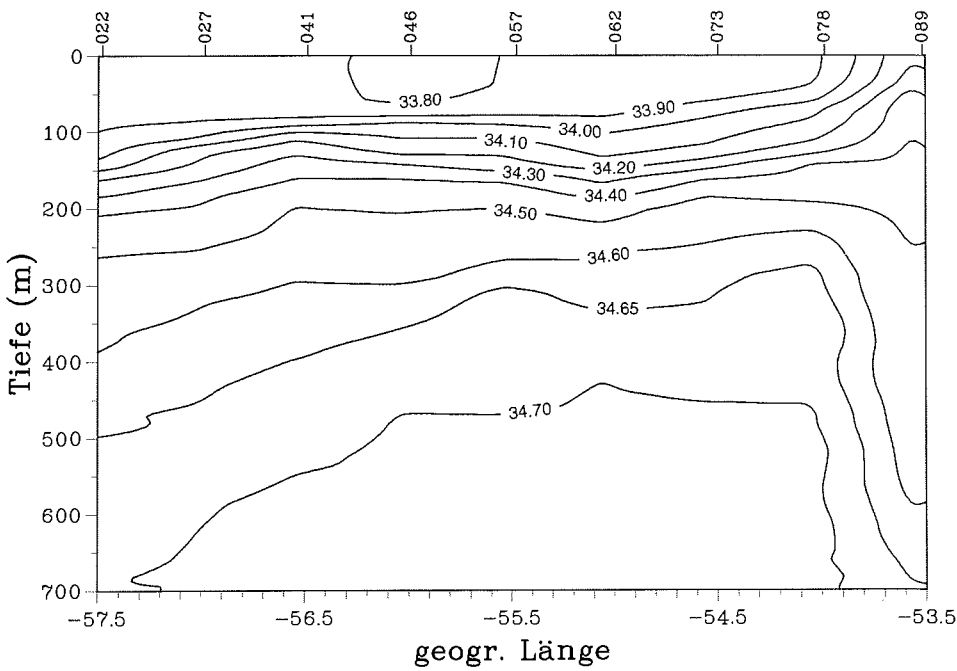
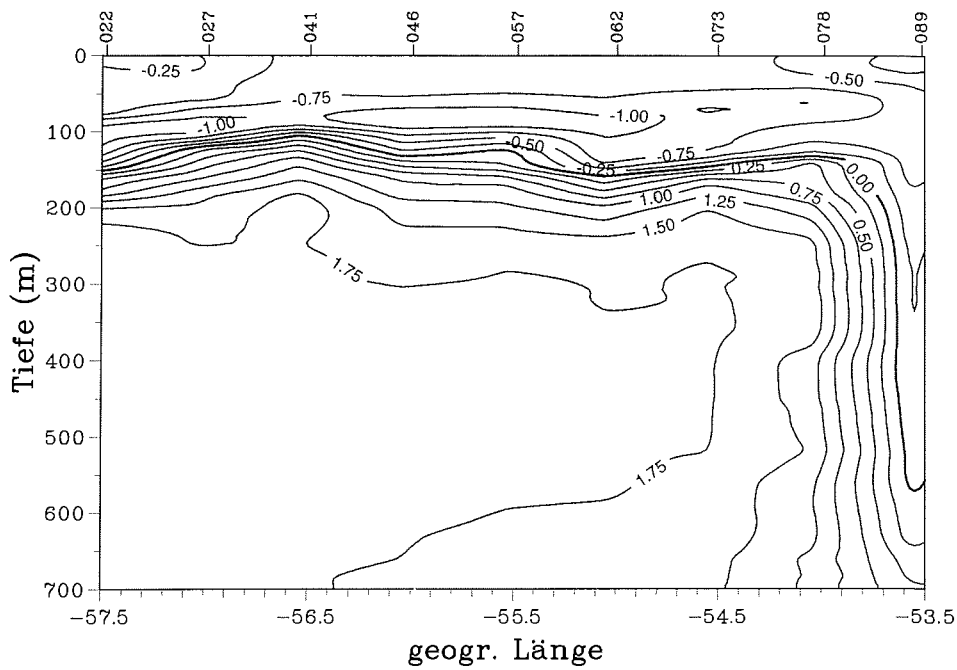


Abb. 2.4-5: Tiefenprofil der potentiellen Temperatur und des Salzgehalts an der Station 63.

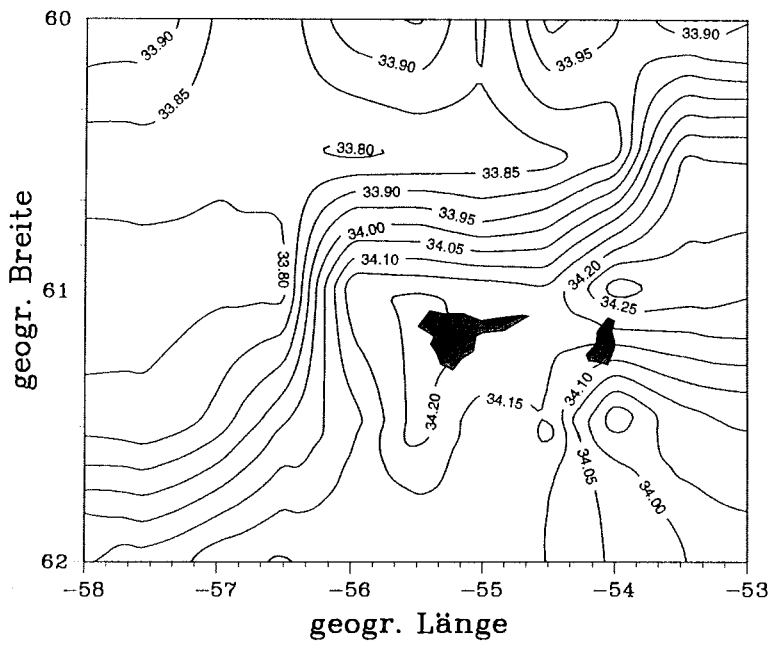
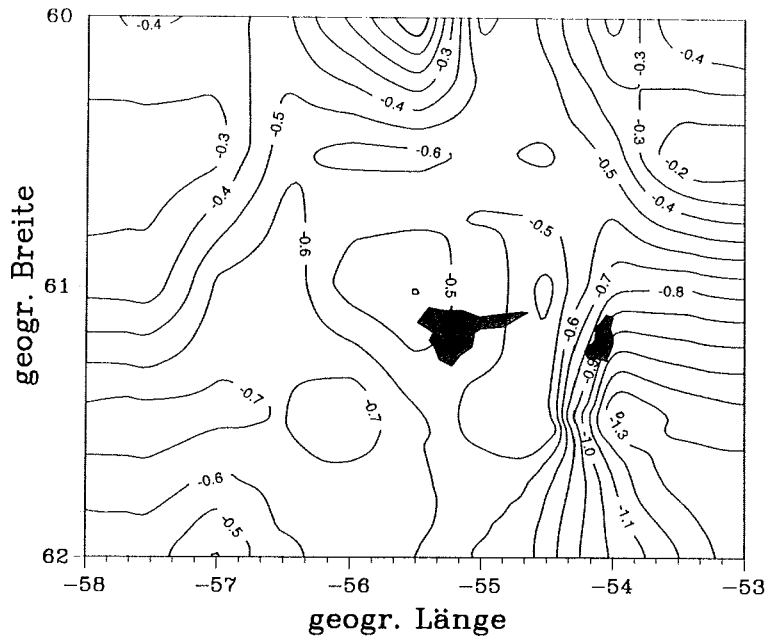


**Abb. 2.4-6:** Vertikalverteilung der potentiellen Temperatur (oben) und des Salzgehalts (unten) entlang 60° S.

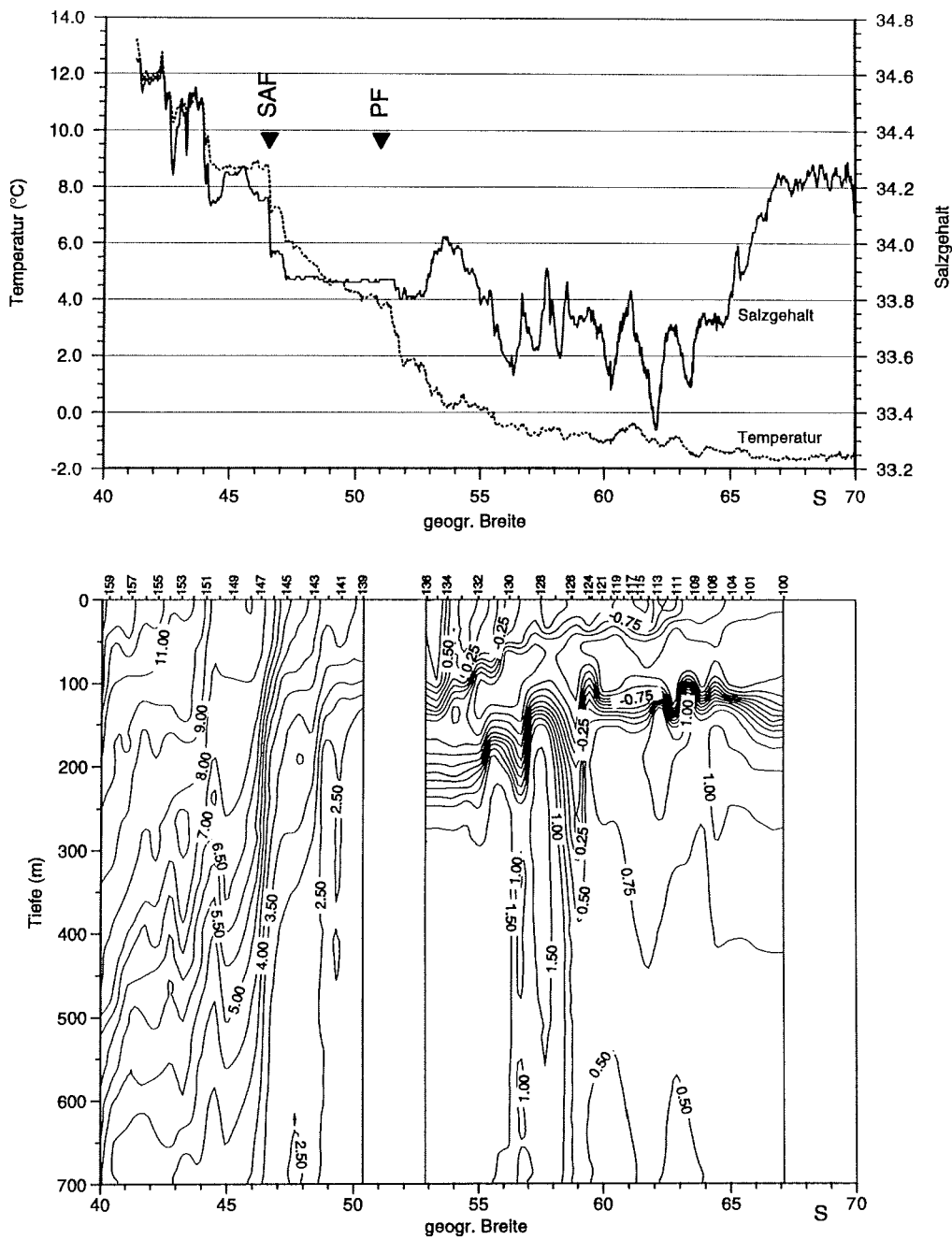


**Abb. 2.4-7:** Vertikalverteilung der potentiellen Temperatur (oben) und des Salzgehalts (unten) entlang 60° 30' S.





**Abb. 2.4-8:** Oberflächentemperatur und -salzgehalt auf dem Stationsnetz im Gebiet Süd-Shetland-Inseln.



**Abb. 2.4-9:** Oberflächentemperatur und -salzgehalt, Lage der ozeanischen Fronten und vertikale Temperaturverteilung (XBT-Daten) auf dem Schnitt zwischen der Neumayer-Station und Kapstadt, PF = Polarfront, SAF = Subantarktische Front.

**Tabelle 2.4-2:** CTD Stationsliste während ANT XII/2

Stat. Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Breite	Länge	max. Druck CTD-Profil (dbar)	Tiefe (m)
024	26.11.1994	08:43	60° 00' S	57° 30' W	772	3876
022		13:52	60° 30' S	57° 29' W	772	1783
020		18:46	61° 00' S	57° 30' W	772	4122
018	27.11.1994	00:22	61° 29' S	57° 33' W	598	616
008		06:09	61° 59' S	57° 23' W	60	60
033	28.11.1994	00:32	61° 58' S	56° 58' W	496	523
031		05:43	61° 28' S	56° 58' W	460	481
029		11:22	60° 58' S	56° 58' W	744	2842
027		16:18	60° 29' S	56° 59' W	744	1463
025		21:03	59° 59' S	56° 59' W	744	3566
043		23:47	60° 00' S	56° 30' W	744	3716
041	29.11.1994	04:42	60° 30' S	56° 29' W	752	3890
039		09:56	61° 00' S	56° 29' W	744	2165
037		14:45	61° 31' S	56° 29' W	498	521
035		19:51	62° 00' S	56° 30' W	744	1657
050	30.11.1994	01:20	61° 29' S	56° 02' W	270	287
048		08:04	60° 59' S	55° 59' W	428	442
046		17:03	60° 29' S	55° 59' W	744	3884
044		22:20	59° 59' S	55° 58' W	746	3723
059	01.12.1994	01:28	60° 00' S	55° 29' W	744	3565
057		06:47	60° 30' S	55° 28' W	754	3624
055		13:43	61° 01' S	55° 41' W	44	54
053		20:07	61° 30' S	55° 30' W	218	228
067	02.12.1994	00:43	61° 43' S	55° 01' W	744	2104
066		03:25	61° 29' S	54° 59' W	744	982
065		05:58	61° 14' S	55° 00' W	152	173
064		11:39	60° 59' S	55° 00' W	452	466
063		15:29	60° 44' S	54° 59' W	746	3228
062		18:19	60° 30' S	54° 59' W	754	3437
061		21:17	60° 13' S	54° 59' W	762	3381
060	03.12.1994	00:02	60° 00' S	54° 57' W	744	3589
075		03:06	59° 59' S	54° 28' W	1500	3297
073		09:12	60° 31' S	54° 30' W	1506	3220
071		14:20	61° 00' S	54° 29' W	578	598
069		19:04	61° 30' S	54° 29' W	756	1559
082	04.12.1994	02:40	61° 28' S	54° 03' W	752	843
080		07:43	60° 59' S	54° 00' W	758	1082
078		12:35	60° 28' S	53° 59' W	756	2892
076		17:30	60° 00' S	53° 59' W	744	2906
091		20:07	59° 59' S	53° 30' W	744	3300
089	05.12.1994	01:03	60° 30' S	53° 31' W	746	2486
087		05:50	61° 00' S	53° 30' W	756	1981
085		10:52	61° 29' S	53° 31' W	696	702
265	17.12.1994	08:05	71° 04' S	11° 45' W	332	341
267		12:57	70° 55' S	11° 57' W	1546	1571
268	18.12.1994	08:16	69° 36' S	15° 44' W	4810	4749
270	21.12.1994	08:35	69° 37' S	15° 43' W	4812	4752
292	26.12.1994	14:02	59° 29' S	03° 10' W	5128	5061
301	27.12.1994	22:59	54° 19' S	03° 18' W	2716	2720
307	29.12.1994	22:35	50° 14' S	05° 52' E	3868	3855

**Tabelle 2.4-3** : XBT Stationsliste während ANT XII/2; XBT Schnitt über Drakestraße.

XBT-Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Breite	Länge	Wassertiefe (m)
000	24.11.1994	19:12	54° 30' S	64° 54' W	110
001		23:50	55° 21' S	64° 26' W	3519
002	25.11.1994	01:14	55° 33' S	64° 08' W	3854
003		03:07	55° 48' S	63° 47' W	1769
004		04:56	56° 06' S	63° 22' W	4068
005		06:56	56° 25' S	62° 57' W	4008
007		09:05	56° 45' S	62° 27' W	4158
008		11:08	57° 04' S	61° 58' W	3821
009		13:04	57° 22' S	61° 32' W	3715
010		15:01	57° 40' S	61° 06' W	4024
011		16:59	57° 57' S	60° 39' W	3519
012		19:06	58° 15' S	60° 13' W	3195
013		20:59	58° 32' S	59° 47' W	3612
014		22:57	58° 50' S	59° 20' W	3971
015	26.11.1994	00:59	59° 08' S	58° 51' W	3777
016		03:00	59° 26' S	58° 24' W	3583
017		05:08	59° 41' S	58° 00' W	3603
018		06:56	59° 54' S	57° 40' W	3854
019		10:05	60° 05' S	57° 30' W	4075
020		12:39	60° 22' S	57° 30' W	4120
021		15:31	60° 38' S	57° 30' W	4162
022		17:28	60° 51' S	57° 29' W	5219
023		20:22	61° 07' S	57° 30' W	3002
024		22:42	61° 22' S	57° 30' W	1916
025	27.11.1994	01:30	61° 35' S	57° 33' W	413

**Tabelle 2.4-34:** XBT Stationsliste während ANT XII/2; XBT Schnitt von Neumayer nach Kapstadt

XBT-Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Breite	Länge	Wassertiefe (m)
100	23.12.1994	10:38	67° 07' S	12° 06' W	4927
101		20:07	65° 47' S	10° 24' W	4931
103		22:54	65° 25' S	09° 55' W	5044
104	24.12.1994	01:53	65° 03' S	09° 30' W	4889
105		04:54	64° 40' S	09° 00' W	5024
106		08:01	64° 17' S	08° 33' W	5161
107		11:02	63° 54' S	08° 07' W	5180
108		11:11	63° 54' S	08° 05' W	5180
109		14:02	63° 35' S	07° 43' W	5207
110		16:55	63° 15' S	07° 20' W	5230
111		19:53	62° 53' S	06° 55' W	5263
112		22:58	62° 30' S	06° 27' W	4993
113	25.12.1994	01:50	62° 07' S	06° 03' W	5281
114		04:54	61° 45' S	05° 38' W	5263
115		07:56	61° 26' S	05° 17' W	4638
116		10:59	61° 05' S	04° 55' W	5146
117		11:09	61° 05' S	04° 54' W	5046
118		13:59	60° 47' S	04° 35' W	5303
119	25.12.1994	17:08	60° 31' S	04° 18' W	4956
120		20:05	60° 16' S	04° 04' W	5317
121	26.12.1994	00:30	59° 55' S	03° 40' W	5363
122		05:01	59° 30' S	03° 14' W	5064
123		16:59	59° 24' S	03° 10' W	4570
124		17:05	59° 23' S	03° 10' W	4515
125		20:02	58° 42' S	03° 13' W	4168
126		20:08	58° 40' S	03° 13' W	4035
127		23:02	58° 02' S	03° 16' W	4669
128	27.12.1994	02:03	57° 27' S	03° 14' W	3768
129		06:26	56° 32' S	03° 16' W	3314
130		08:11	56° 10' S	03° 17' W	2654
131		11:07	55° 33' S	03° 18' W	2057
132		14:06	54° 55' S	03° 20' W	2848
133	28.12.1994	01:01	54° 15' S	03° 08' W	2312
134		05:08	53° 41' S	01° 50' W	2397
135		08:11	53° 16' S	00° 53' W	2312
136		11:02	52° 52' S	00° 00' E	2677
139	29.12.1994	05:19	50° 19' S	05° 28' E	3311
140	30.12.1994	01:52	50° 02' S	06° 04' E	3734
141		05:03	49° 28' S	06° 33' E	2172
142		08:00	48° 56' S	07° 00' E	3748
143		10:57	48° 23' S	07° 27' E	2894
144		14:03	47° 48' S	07° 57' E	2886
145		17:05	47° 17' S	08° 23' E	1843
146		20:07	46° 45' S	08° 49' E	3664
147		22:53	46° 16' S	09° 13' E	4682
148	31.12.1994	01:14	45° 51' S	09° 33' E	4581
149		04:55	45° 12' S	10° 04' E	4751
150		08:08	44° 38' S	10° 30' E	4775
151		11:02	44° 08' S	10° 55' E	5087
152		13:54	43° 37' S	11° 19' E	4591
153		16:29	43° 09' S	11° 41' E	4612
154		19:12	42° 41' S	12° 02' E	4644
155		21:51	42° 13' S	12° 22' E	3473
156	01.01.1995	00:54	41° 43' S	12° 45' E	4051
157		04:11	41° 10' S	13° 10' E	2254

**Tabelle 2.4-34** Continued

XBT-Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Breite	Länge	Wassertiefe (m)
158		07:00	40° 43' S	13° 30' E	4708
159		10:01	40° 16' S	13° 51' E	4818
160	02.01.1995	04:34	38° 00' S	15° 34' E	4806
161		06:58	37° 31' S	15° 47' E	4757
162		09:30	37° 05' S	16° 06' E	4483

**2.5 EUROSHACK - Ein praktisches Beispiel für Kooperation in der Antarktis** (F. Tessensohn, G. Kleinschmidt und M.R.T. Thomson)

Die Shackleton Range nimmt in der Antarktis eine geologische Schlüsselstellung ein. Seit der Entdeckung der Gebirgskette hat ihre Orientierung im rechten Winkel zum Streichen des Transantarktischen Gebirges den Geologen Rätsel aufgegeben. Die Lage der Gebirgskette am Rand des kontinentalen Schields der Ostantarktis, zwischen den Mobilgürteln des Transantarktischen Gebirges und der stabilen Plattform von Queen-Maud-Land sowie der geologische Aufbau des Gebirges bieten Forschungsmöglichkeiten zur Lösung der folgenden Problemkreise:

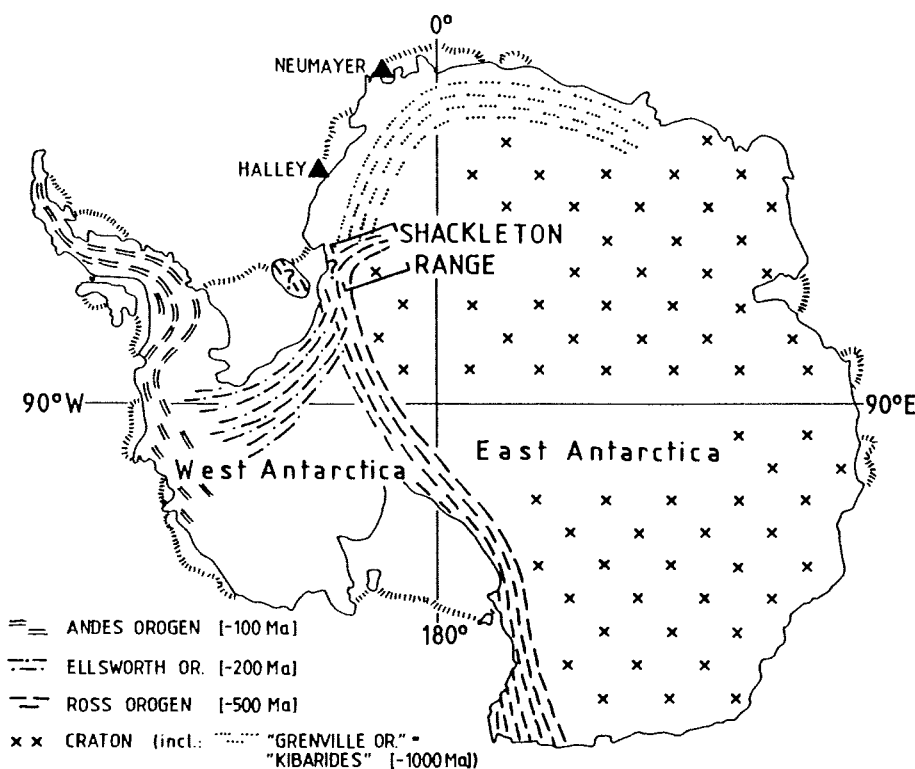
- Natur des "pazifischen" Kontinentalrandes des ostantarktischen Kratons während des Paläozoikums,
- Unterscheidung von Subduktions- bzw. Kollisions-Tektonik an einem alten Kontinentalrand,
- Geowissenschaftliche Beziehungen zwischen Ost- und West-Antarktis,
- Belege für oder gegen die SWEAT-Hypothese (Southwest US-East Antarctica Connection), die eine Verbindung zwischen Antarktis und Nord-Amerika in der geologischen Vergangenheit postuliert. Die Shackleton Range gilt als einer der Verbindungspunkte.
- Entstehung des Gondwana-Superkontinents und die Mechanismen der Bildung solcher Mega-Kontinente. Hierfür sind besonders die ca. 1 Mrd-Jahre alten Gesteinskomplexe der Antarktis geeignet, die u.a. in der Shackleton Range vorkommen,
- Block-Tektonik im Zusammenhang mit der Öffnung des Weddellmeeres und der Abtrennung vom südlichen Afrika. Hierfür können neben der regionalen Geologie vor allem die geplanten aeromagnetischen Messungen beitragen.

Die Ziele für die EUROSHACK-Expedition wurden erstmals 1990 auf einem internationalen Arbeitstreffen in Hannover diskutiert, auf dem sich 29 Wissenschaftler aus vier europäischen Ländern (Bundesrepublik, DDR, Großbritannien und UdSSR) trafen, um die Geologie des Shackleton Gebirges zu diskutieren. Trotz der damaligen völlig anderen politischen Situation wurden auf diesem Arbeitstreffen schon Pläne für eine gemeinsame europäische Expedition in die Shackleton Range entwickelt, um die noch bestehenden Differenzen in der Interpretation zu beseitigen und um eine Reihe offener Fragen zu klären.

Die sogenannte SWEAT-Hypothese (Southwest U.S.-East Antarctic connection) postuliert, daß im Rahmen einer früheren Rekonstruktion der Kontinente die Shackleton Range der Antarktis einen der kritischen Verbindungspunkte darstellt, an dem eine Fortsetzung des amerikanischen Grenville Orogens zu erwarten wäre.

Die Diskussion um SWEAT hat einen Punkt sehr deutlich gemacht: Nach 30jährigen Forschungsanstrengungen zu Rekonstruktions- und Zerfallsgeschichte des Super-Kontinents Gondwana ist kaum etwas über seine Entstehung bekannt. Um die hochmetamorphen Terranes des Grenville Gürtels in Gondwana richtig zuzuordnen, sind kinematische Analysen der Schlüsselgebiete, insbesondere in der Shackleton Range notwendig.

Die Expedition, die im Rahmen der *Polarstern*-Expedition ANT-XII zustande gekommen ist, wurde mit britisch-deutscher Logistik und Beiträgen von Italien und Russland durchgeführt. 19 Teilnehmer aus Deutschland, Großbritannien, Russland und Italien reisten gemeinsam auf der *Polarstern* von Punta Arenas aus an. Die Expedition nahm ihren Ausgang von der britischen Station Halley. Von dort aus wurde mit einer britischen Twin Otter das Basiccamp im Shackleton-Gebirge eingerichtet., von welchem mit Unterstützung von zwei deutschen Hubschraubern die achtwöchigen Geländearbeiten durchgeführt wurden. Entsprechend der Planung wurden die Teilnehmer am Ende der Saison, Anfang März 1995, auf dem nächsten Fahrtabschnitt der *Polarstern* (ANT-XII/3) über Punta Arenas und der britischen HMS *Bransfield* über die Falkland Inseln wieder in ihre Heimat zurückgebracht. 10-15 Tonnen Gesteinsproben wurden dabei in die europäischen Labors zur weiteren Auswertung mitgenommen.



**Abb. 2.5-1:** Schlüsselstellung der Shackleton Range in der Geologie der Antarktis.

### 3 Participants

#### ANT XII/1

Name	Institution
Auffret, Ives	LPO
Bayer, Anke	AWI
Bierboms, Marc (till Azores)	BIBA
Boebel, Olaf	IFM K
Braun, Michael (till Azores)	ATLAS
Butler, James H.	NOAA
Chakraborty, Bishwajit (till Azores)	AWI
Cortès, Norbert	LPO
Dittmer, Klaus	DWD
Dobro-Wolski, v. Eberhard (till Azores)	ATLAS
Feldmann, Ulrich (till Azores)	ATLAS
Freking, Benno (till Azores)	ATLAS
Geller, Laurie	NOAA
Gerchow, Peter (till Azores)	AWI
Grumme, Ingo (till Azores)	ATLAS
Hagen, Rick (till Azores)	AWI
Junkermann, Wolfgang	FhG IFU
Kattner, Gerhard	AWI
Kirchhoff, Berit	AWI
Köhler, Herbert	DWD
Kriews, Michael	AWI
Lara, Rubén	AWI
Lobert, Jürgen M.	NOAA
Lüttecke, Ulrich (till Azores)	ATLAS
Makedanz, Siegfried (till Azores)	AWI
Mangoni, Monica	EC JRC
Marx, Beate	AWI
Maurer, Karl	FhG IFU
Menzel, Martin	IFM K
Mücke, Robert	FhG IFU
Niederjasper, Fred (till Azores)	AWI
Ollitrault, Michel	LPO
Pinck, Andreas	IFM K
Rannou, Jean-Philippe	CISI
Schmid, Claudia	IFM K
Stölting, Ilsetraut	AWI
Tietze, Gunnar (till Azores)	ATLAS
Van Dingenen, Rita	EC JRC
Yvon, Shari	NOAA



## ANT XII/2

Name Institution

---

Brinkmann, Dirk	HSW
Döhler, Günter	BIF
Fritsch, Lutz	AWI
Fütterer, Dieter Karl	AWI
Gollasch, Stephan	BFA
Köhler, Herbert	DWS
Krüger, Karin	BFA
Lauer, Britta	AWI
Mühlenhardt-Siegel, Ute	ZIH
Peters, Manno	DWS
Riewesell, Christian	HSW
Ronski, Stephanie	AWI
Serig, Matthias	ZIB
Siegel, Volker	BFA
Stiboy-Risch, Christine	ZIH
Wilbert, Norbert	ZIB
Wisotzki, Andreas	AWI

### Überwinterer Neumeyer

Günter, Sven	AWI-Üwi
Hofinger, Stephan	AWI-Üwi
Krawietz, Rüdiger	HLT&S-Üwi
Loewenstein, Johannes	AWI-Üwi
Rogenhagen, Johannes	AWI-Üwi
Rühlemann, Stefan	HLT&S-Üwi
Schmidt, Thomas	AWI-Üwi
Schmidt, Torsten	AWI-Üwi
Tanger, Joachim	HLT&S-Üwi
Wicht, Manfred	HLT&S-Üwi

### Neumeyer Sommerprogramm

El Naggat, Saad	AWI
Hofmann, Jörg	AWI
Junghans, Hans-Georg	IUH
Minikin, Andreas	AWI
Werbach, Johann	AWI/Käss.
Wübber, Chresten	AWI

### EUROSHACK Halley

Benning, Roland	BGR-Heli
Brommer, Axel	GIF
Buggisch, Werner	GIE
Henjes-Kunst, Friedhelm	BGR

Hermichen, Wolf-Dieter	AWI-P
Hoven, Holger	BGR-Heli
Kerr, Andrew	BAS
Kleinschmidt, Georg	GIF
Kroner, Uwe	GBF
Millar, Ian	BAS
Newham, Brian	BAS
Sergeyev, Mikhail	VNIIO
Talarico, Franco	DTS
Tessensohn, Franz	BGR
Thomson, Mike C.A.	BAS
Wagner, Knut	BGR-Heli
Weber, Bernd	UNP
Zeh, Armin	MIW

Aerogeophysik Halley

Eckstaller, Alfons	AWI
Seidel, Carsten	AED
Wachs, Peter	AED

#### 4 Beteiligte Institutionen / Participating Institutions

Adresse /Address		Participants / Teilnehmerzahl	
<u>Bundesrepublik / Federal Republic</u>		ANT-XII/1	ANT-XII/2
AED	Aerodata Flugmeßtechnik GmbH Forststraße 33 38108 Braunschweig	-	2
ATLAS	STN ATLAS, Elektronik GmbH Sebaldsbrücker Heerstr. 235 D-28305 Bremen	7	-
AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung 27515 Bremerhaven	12	17
AWI-P	AWI-Forschungsstelle Potsdam Postfach 60 01 49 14401 Potsdam	-	1
BFA	Bundesforschungsanstalt für Fischerei Institut für Seefischerei Palmaille 9 22767 Hamburg	-	3
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Stilleweg 3 30655 Hannover	-	5
BIBA	Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften An der Universität Bremen Hochschulring 20 D-28359 Bremen	1	-
BIF	Fachbereich Biologie Universität Frankfurt Siesmayerstraße 70 60054 Frankfurt am Main	-	1
DWD	Seewetteramt Hamburg Deutscher Wetterdienst Bernhard-Nocht-Straße 76 20359 Hamburg	2	2

FhG IFU	Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung Kreuzeckbahnstr. 19 82467 Garmisch-Partenkirchen	3	-
GBF	Geologisches Institut Bergakademie Freiberg Bernhard von Cotta Straße 2 09596 Freiberg	-	1
GIE	Geologisches Institut Universität Erlangen Schlossgarten 5 91054 Erlangen	-	1
GIF	Geologisch-Paläontologisches Institut Universität Frankfurt Postfach 11 19 32 60054 Frankfurt am Main	-	2
HLT&S	Hapag-Lloyd Transport und Service Geo Plate 27568 Bremerhaven	-	4
HSW	Helicopter Service Wasserthal Kätnerweg 43 D-2000 Hamburg 65, Germany	-	2
IFM K	Institut für Meereskunde an der Universität Kiel Abteilung Meeresphysik Düsternbrooker Weg 20 D-24105 Kiel	4	-
IUH	Institut für Umweltphysik Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 366 D-22393 Heidelberg	-	1
MIW	Mineralogisches Institut Universität Würzburg Am Hubland 97074 Würzburg	-	1
UNP	Projektgruppe Naturstoffe Universität Potsdam Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow	-	1

ZIB	Zoologisches Institut Universität Bonn Poppelsdorfer Schloß 53115 Bonn	-	2
-----	---	---	---

ZIH	Zoologisches Institut und Museum Universität Hamburg Martin-Luther-King-Platz 3 20146 Hamburg	-	2
-----	--	---	---

Frankreich / France

LPO	Laboratoire de Physique des Océans (CNRS-IFREMER-Université) Centre de Brest B.P. 70 - 29280 Plouzané	3	-
-----	---	---	---

CISI	Technopole Brest-Iroise Place Copernic 29280 Plouzane	1	-
------	---	---	---

Großbritannien / United Kingdom

BAS	British Antarctic Survey High Cross Madingley Road Cambridge CB3 0ET	-	4
-----	--	---	---

Italien / Italy

DTS	Dipartimento Sci. della Terra Univ. di Siena Via delle Cerchia 3 53100 Siena	-	1
-----	---	---	---

EC JRC	European Commission, Joint Research Centre Environment Institute I-21020 Ispra (VA)	2	-
--------	---	---	---

Rußland / Russia

VNIIO	All-Russian Research Institute for Geology and Mineral Resources of the World Ocean VNIIOkeanologia 1 Maklina prospekt St. Petersburg 190121	-	1
-------	--	---	---

Vereinigte Staaten von Amerika / U.S.A.

NOAA/CMDL	National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, R/E/CG1, 325 Broadway, Boulder, CO 80303	4	-
-----------	--	---	---

**5 Ship's crew**

Master	K. Allers
Ch. Mate	M. Müller
Naut. Offc.	M. Rodewald
Naut. Offc.	U. Grundmann
Doctor	Dr. Schuster
Ch. Eng.	V. Schulz
2. Eng.	G. Erreth
2. Eng.	O. Ziemann
2. Eng.	S. Köppe
Electronician	U. Lembke
Electronician	H. Muhle
Electronician	A. Greitemann-Hacke
Electronician	J. Roschinsky
Electrician	G. Schuster
Radio Offc.	L. Pietsch
Radio Offc.	J. Butz (ANT XII/1) A. Hecht (ANT XII/2)
Boatswain	R. Zulauf
Carpenter	H. Brunotte
Decks Crew	M. Winkler
Decks Crew	K. Bindernagel
Decks Crew	H. Voges (ANT XII/2)
Decks Crew	B. Iglesias Bermudez
Decks Crew	J. Soage Curra
Decks Crew	S. Pousada Martinez
Decks Crew	L. Gil Iglesias
Decks Crew	B. Caneda Gracia (ANT XII/2)
Store Keeper	K. Müller
Motormen	E.-U. Hartmann (ANT XII/1) A. Schade (ANT XII/2)
Motormen	E. Heurich
Motormen	E. Arias Iglesias (ANT XII/1) G. Fritz (ANT XII/2)
Motormen	U. Husung
Motormen	T. Rosenthal
Cook	H.J. Schäfer
Cook Mate	M. Yavuz
Cook Mate	G. Rickert
1. Steward	H. Vollmeyer
Stewardess	S. Hoffmann
Stewardess	B. Hildebrandt
2. Steward	B. Amran
2. Steward	E. Golose
2. Steward	Kee Fung Mui
2. Steward	Chi Lung Wu
Laundry	Chin Chun Chang