

Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg  
(*ehemals Fachhochschule Hamburg*)  
Fachbereich Geomatik

# Diplomarbeit

## Qualitative und quantitative Untersuchung von Eisbergflugspuren im Bereich der Austaasenbank (Antarktischer Schelf)

Constanze Hohmann

Prüfer:  
Prof. Dr.-Ing. D. Egge  
Dr.-Ing. H.W. Schenke

Januar 2002

Hiermit versichere ich, daß ich diese Diplomarbeit selbständig verfaßt und keine außer der angegebenen Literatur und Hilfsmittel benutz habe.

---

Bremerhaven, 9. Januar 2002  
Constanze Hohmann



## Zusammenfassung

Bei der Expedition ANTXVII/3 mit der FS Polarstern, dem Forschungsschiff des Alfred Wegener Instituts für Meeres- und Polarforschung, beschäftigte sich ein Projekt mit der Auswirkung von Eisbergstrandungen auf Makro- und Meiobenthos sowie auf Bodengemeinschaften. Das Einsatzgebiet *Austaasen* liegt im südlichen Weddellmeer östlich von *Kap Norwegia*. Mit Hilfe von Unterwasservideotechnik (ROV) und dem Fächerecholot Hydrosweep DS2 wurden Gebiete erkundet, in denen durch Eisbergstrandungen Lebensräume am Meeresboden zerstört wurden.

Die vorliegende Arbeit beschreibt zunächst die Entstehungsgeschichte des Weddellmeeres und allgemeine Grundlagen zur Entstehung des Schelfeises und daraus entstehende Eisberge. Es wird kurz auf die, während der Expedition verwendeten, Meßgeräte und Meßmethoden eingegangen und anschließend die Aufbereitung und Visualisierung der Daten beschrieben. Die Visualisierung der Daten erfolgt durch Tiefenliniendarstellung und 3D Ansichten sowie kleine Ausschnitte der Videoaufnahmen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in der Untersuchung von Eisbergflugspuren und ihre Auswirkung auf den Meeresboden, im besonderen auf die Makro- und Meiofauna. Ferner wird der Versuch gemacht Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von Eisbergstrandungen mit der Kalbungsrate und der Drift der Eisberge in Verbindung mit der Bodentopographie und der Einfluß von Strömung und Wind auf die Drift der Eisberge erkennen zu können.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis . . . . .	1
Abbildungsverzeichnis . . . . .	2
<b>A Profile 3 -123</b>	<b>1</b>
<b>B Tierarten</b>	<b>20</b>
B.1 mit dem Multikastengreifer entdeckte Arten . . . . .	20
B.2 Tierarten der Antarktis . . . . .	21
<b>C Karten</b>	<b>23</b>
<b>D CD's</b>	<b>27</b>
D.1 Videoaufnahmen der ROV Einsätze ANTXVII/3 . . . . .	27
D.2 Daten CD . . . . .	27

# Abbildungsverzeichnis

A.1	Profile 3 - 26	2
A.2	Profile 41 - 48	3
A.3	Profile 49 - 53	4
A.4	Profile 45 - 60	5
A.5	Profile 61 - 64	6
A.6	Profile 67 - 70	7
A.7	Profile 72 - 75	8
A.8	Profile 76 - 80	9
A.9	Profile 81 - 84	10
A.10	Profile 85 - 89	11
A.11	Profile 90 - 94	12
A.12	Profile 95 - 99	13
A.13	Profile 100 - 104	14
A.14	Profile 105 - 108	15
A.15	Profile 109 - 112	16
A.16	Profile 113 - 115	17
A.17	Profile 116 - 120	18
A.18	Profile 121 - 123	19
C.1	Eisbergpflugspuren	24
C.2	MG - Stationen	25
C.3	ROV - Stationen	26

# Kapitel 1

## Einleitung

Während des XXIIIten Meetings des SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH (*SCAR*) in Rom (1994) entstand das *EASIZ* - Programm (ECOLOGY OF THE SEA ICE ZONE). Ziel des *EASIZ* Programm ist es, unser Verständnis der Struktur und der Dynamik des antarktischen marinen Ökosystems der Küste des Schelfes zu verbessern.

Durchgeführt wurden die *EASIZ* Expeditionen mit der *FS Polarstern*, einem eisbrechenden Polarforschungs- und Versorgungsschiff, welches von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) dem Alfred-Wegener-Institut(AWI) für eine dauerhafte Nutzung zur Verfügung gestellt wird.

Die ersten beiden *EASIZ* Reisen *EASIZ I* und *EASIZ II* fanden in den Jahren 1996 (ANTXIII/3) und 1998 (ANTXV/3) statt. Die letzte und dritte Reise innerhalb des *EASIZ* Programmes wurde 2000 (ANTXVII/3) durchgeführt.

Wie auf den vorangegangenen *EASIZ* Reisen hat sich auch die dritte *EASIZ III* Reise mit der *FS Polarstern* im Rahmen des Internationalen *SCAR-EASIZ* Programms auf begrenzte Untersuchungsgebiete und eine kleine Zahl gemeinsamer Projekte konzentriert.

Ein Projekt der Expedition (ANTXVII/3) beschäftigt sich mit der Auswirkung von Eisbergstrandungen auf Makro- und Meiobenthos<sup>1</sup> sowie auf Bodengemeinschaften. Es sollen hierbei u.a. die einzelnen Sukzessionsstadien, die während der Wiederbesiedlung nach Eisbergstrandungen aufeinanderfolgen, identifiziert und die Raum- und Zeitskalen der dabei ablaufenden Prozesse bestimmt werden. Endziel ist eine Abschätzung der Erholungsfähigkeit antarktischer Benthosgemeinschaften im Vergleich zu anderen marinen Ökosystemen.

Mit Hilfe von Unterwasservideotechnik (ROV und Mehrfachgreifer) und dem Fächer-echolot Hydrosweep DS-2 wurden Gebiete erkundet, in denen durch Eisbergstrandungen Lebensräume am Meeresboden zerstört wurden. In interdisziplinärer Zusammenarbeit soll der aktuelle Umfang der Zerstörung untersucht werden.

---

<sup>1</sup>Benthos [griech. = Tiefe]: Sammelbegriff für alle am Boden von Gewässern lebenden Pflanzen und Tiere. Zum Meiobenthos gehören alle Tiere mit einer Körpergröße von 32-1000 $\mu$ m und zum Makrobenthos Tiere mit einer Körpergröße von 4-80mm

Der Einsatz des Fächerecholotes diene zur Auffindung und Unterscheidung von gestörten Gebieten und Gebieten, die lange Zeit keine Störung durch Eisberge erfahren haben.

Die Untersuchung von Eisbergspuren und ihre Relevanz zu benthos-ökologischen und klimatologischen Fragestellungen ist eine der vorrangigen Aufgaben in der Deutschen Polarforschung. Umfassende Untersuchungen und Interpretationen können nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit erfolgen.

# Kapitel 2

## Südöstliches Weddellmeer

### 2.1 Begrenzung des Weddellmeeres

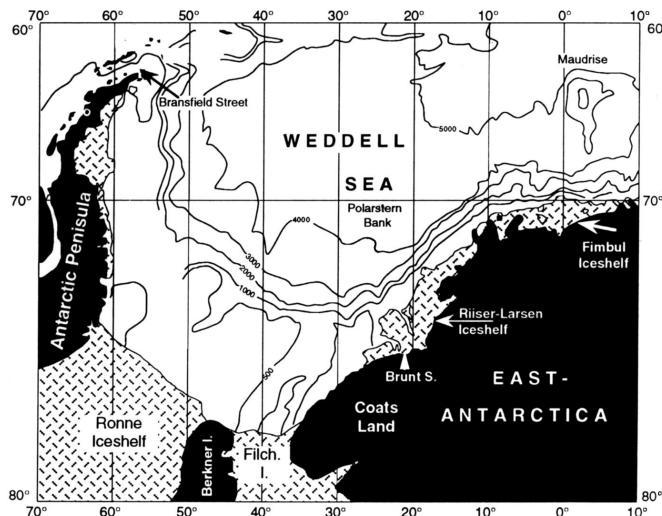


Abbildung 2.1: Die Begrenzung des Weddellmeeres

Das Weddellmeer<sup>1</sup> ist eines der vier Meere, die den antarktischen Kontinent umgeben. Es zählt zu den Ausläufern des Atlantiks. Die östliche Grenze wird durch die Schelfeise vor *Coats-* und *Queen Maud Land* gebildet und die *Maudkuppe*<sup>2</sup> stellt die westliche Begrenzung des Weddellmeeres dar. Die südliche Begrenzung ist das *Filchner-* und das *Ronne-Schelfeis*, welche von der *Berkner Insel* getrennt werden, und im Norden wird das Weddellmeer vom südlichen *Scotia Rücken* begrenzt.

<sup>1</sup>J. Weddell (1798\*, 1834†) entdeckte das nach ihm benannte Meer im Jahre 1823

<sup>2</sup>eine topographische Erhöhung des Meeresbodens

## 2.2 Geschichtliche Entwicklung des Weddellmeeres

Die tektonischen Einheiten und Strukturen des antarktischen Kontinentalrandes im Weddellmeer sind in erster Linie durch den Zerfallprozeß des Urkontinents *Gondwana* geprägt. Der Name *Gondwana* geht auf das Königreich der Gonden in Zentralindien zurück und wurde erstmalig 1872 von H.B. Medlicott in einem Bericht verwendet [Murawski 1983].

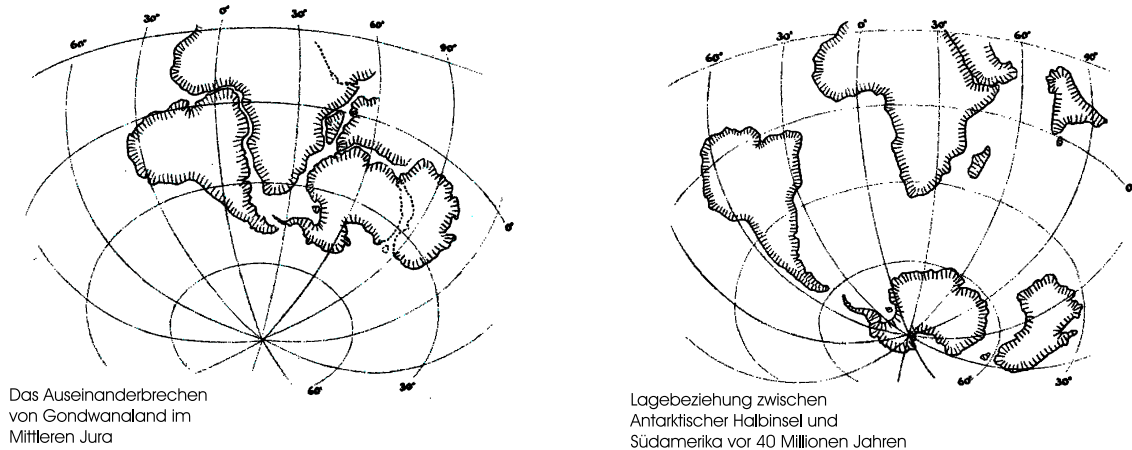


Abbildung 2.2: Auseinanderbrechen des Urkontinents Gondwana

Bis vor 170 Mill. Jahren bildeten die Kontinente Antarktika, Afrika, Indien und Australien noch einen geschlossenen Urkontinent *Gondwana*. Der Zerfall dieses Urkontinents begann im heutigen *Weddellmeer* zwischen Afrika und Antarktika, schritt im Uhrzeigersinn um Antarktika voran [Lawver et al. 1992] und endete mit der Öffnung der *Drake-Passage* zwischen Südamerika und der dadurch entstandenen Antarktis. Laut White und McKenzie (1989) hat ein Manteldiapir<sup>3</sup> das durch globale Plattenbewegungen initiierte Rifting so verstärkt, daß der Urkontinent *Gondwana* zerfiel. Das Weddellmeerbecken entwickelte sich zwischen der Ostantarktis und der Antarktischen Halbinsel auf der Südflanke des *Nova-Scotia-Rückens*.

## 2.3 Geologie und Bathymetrie des Weddellmeeres

Die Bereiche des südlichen und zentralen Weddellmeeres sind weitestgehend unbekanntes Gebiet, da diese Gebiete fast permanent eine geschlossene Meereisdecke bilden. Entsprechend gering sind daher auch die Kenntnisse über die Bathymetrie, Gravimetrie und die tektonische Entwicklung [Schöne 1997].

Das zentrale Weddellmeer besteht aus einer flachen Tiefsee-Ebene mit Wassertiefen von 4000-5000m. Eine markante Struktur in diesem Gebiet stellt die *Polarsternbank* dar, ein Seamount bei 71° 30' Süd und 25° West mit einer relativen Höhe von 400 m. Ausgehend von der *Polarsternbank* verläuft eine Seamountkette senkrecht auf dem

<sup>3</sup>Manteldiapir: Ein Manteldiapir ist ein begrenzter Strahl von heißem Material, der aus dem Inneren des Mantels aufsteigt, die Lithosphäre durchdringt und an der Oberfläche ausfließt.

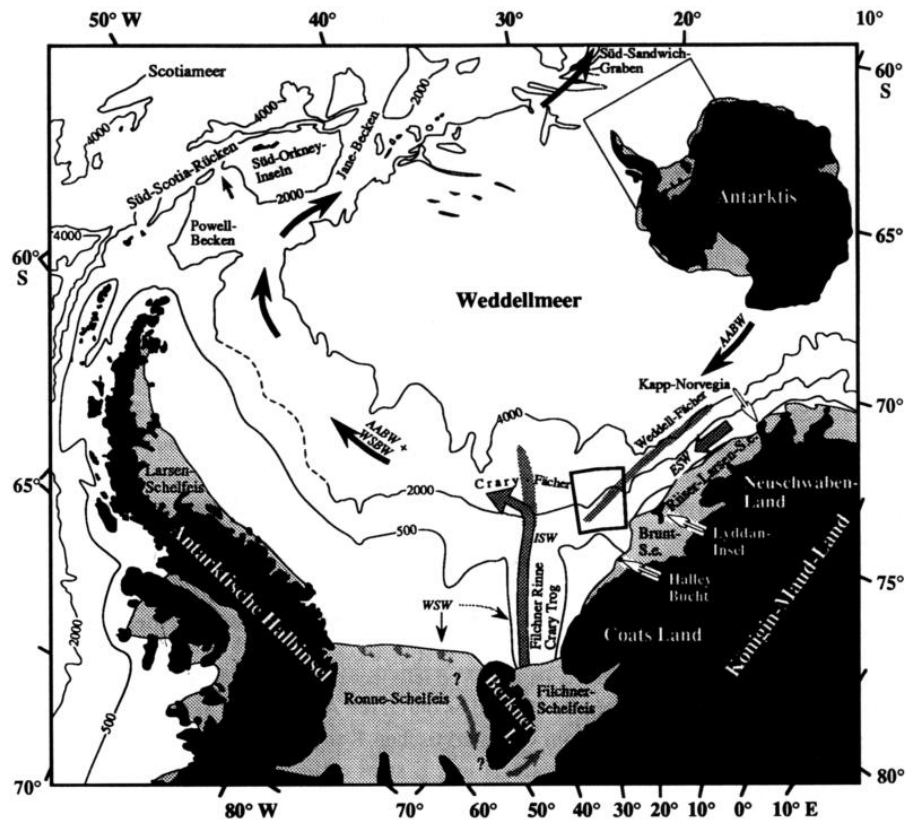


Abbildung 2.3: Karte des Weddellmeeres mit Tiefenlinien [nach: National Geographic Society, 1987]. S.e.= Schelfeis, Berkner I.= Berkner Insel.

Kontinentalhang, der im Westen mit  $\approx 3^\circ$  wesentlich flacher als im Osten mit  $\approx 9^\circ$  ist [Weber 1992].

Die Schelfareale des Weddellmeeres sind dagegen durch rauhe Topographie gekennzeichnet. Das südöstliche Weddellmeer hat einen zweigegliederten Kontinentalhang. Von WRIGHT, ANDERSON, 1982 wird er auch als Schwemmfächer des *Weddell Fächers* beschrieben (Abb. ??.) Der obere Hang ist mit Neigungswinkel von  $7^\circ - 12^\circ$  recht steil. Der untere Hang hingegen ist deutlich flacher und wird durchzogen von mehreren submarinen Canyons.

Der Kontinentalhang im Bereich der *Brunt- und Riiser-Larsen-Schelfeise* ist durch einen schmalen Schelf und einen steilen Übergang in die Tiefsee gekennzeichnet. Vor dem *Filchner Ronne-Schelfeis* ist der Schelfbereich mit 450km deutlich breiter. Die *Belgrano Bank* ( $75^\circ$  Süd /  $50^\circ$  West) zeigt in diesem Bereich eine markante Struktur.

Östlich von *Berkner Island* befindet sich die *Filchner-Rinne* (bzw. Filchner Graben oder Depression), eine langgestreckte Senke mit Tiefen von über 1000m.

Entlang der Küste von *Coats Land*, östlich des *Filchner Grabens*, verlaufen radial zur Küstenlinie liegende Einschnitte, die auf glaziale Überprägung durch Gletscher und ausfließende Inlandeise zurückzuführen sind.



# Kapitel 3

## Untersuchungsgebiet Austaasen

### 3.1 Begrenzung

Die Umrisse der Weddellsee werden nahezu ausschließlich durch die sie umgebenden Eisschelfe geformt. Entlang der Ostküste wird die Küstenlinie von dem *Brunt-* und dem *Riiser-Larsen Eisschelf* gebildet. Nur an wenigen Punkten wird die kontinentale Küstenlinie nicht von einem breiten Eisschelf geformt. Solche Punkte sind wichtige Landmarken für die Seefahrt und tragen oft eigene Namen. Einer dieser Punkte liegt an der nordöstlichen Ecke des Weddellmeeres und wird als *Kapp Norwegia* bezeichnet. Das Untersuchungsgebiet (Abb. ??) liegt nordöstlich von diesem Kapp bei der *Austaasen Bank*. Die *Austaasen Bank* ( $70^{\circ}48'S / 10^{\circ}30'W$ ) wurde 1997 bei einer Expedition mit der *FS Polarstern* entdeckt. *Austaasen* ist skandinavisch und bedeutet "östlicher Hügel". Die Bank ist eine Erhebung, die östlich von der ehemaligen *Maudheim Forschungsstation* liegt. In der Literatur wird *Austaasen* auch oft als Eisbergfriedhof bei *Kapp Norwegia* bezeichnet, da in diesem Gebiet gestrandete Eisberge liegen, die durch ihren großen Tiefgang den Meeresboden in ca. 250m Tiefe berühren. Sie hinterlassen dort regelrechte Pflugspuren und schädigen das Leben am Meeresgrund erheblich. Dieses Gebiet ist daher für die Untersuchung von Eisbergspuren besonders gut geeignet. In Abb.?? sind in rot die Trackplots der Expedition ANTXV/3 sowie der Expedition ANTXV/3 eingezeichnet, die das Untersuchungsgebiet kennzeichnen. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich um eine zentrale Position von  $70^{\circ}50'S / 10^{\circ}40'W$  auf einer vermessenen Fläche von etwa  $320\text{km}^2$ .



### 3.2 Geologische und bathymetrische Struktur

Der Kontinentalrand bei *Kapp Norwegia* kann in vier Teile gegliedert werden. Der Schelf vor der Eiskante ist ca. 30km breit. Ihm folgt der obere, relativ steile Kontinentalrand mit Wassertiefen bis zu 2000m. Der Hang wird in der Mitte von einer flachen ca. 70km langen Terrasse mit Tiefen zwischen 2000-3000m unterbrochen. Dann folgt der zweite, ebenfalls steile Kontinentalhang, der bis in die Tiefseebene abfällt. Die einzelnen Teile des Kontinentalrandes lassen sich sehr gut in der AWI Bathymetric Chart of the Weddell Sea [BCWS] Abb. ?? anhand der Tiefenlinien erkennen.

Das Untersuchungsgebiet *Austaasen* befindet sich hauptsächlich im Schelfbereich mit Wassertiefen von 250-900m, ragt aber bis zum ersten Kontinentalhang. Es wird von dem *Fimbul-* und *Rüiser-Larsen-Schelfeis* eingeschlossen. In dem Bereich vor dem *Brunt-* und *Rüiser-Larsen-Schelfeis* verläuft der Kontinentalhang parallel zur Küste und weist eine starke Strukturierung mit starkem Gefälle auf. In der Nähe des Gebietes befindet sich das *Explora-Escarpment*<sup>1</sup>, eine in der Meeresbodentopographie zu erkennende Verwerfungszone, die bei der Forschungsfahrt Cruise BGR78 1978 mit dem Italienischen Forschungsschiff *RV Explora* entdeckt wurde. Das landseitige Grundgebirge repräsentiert zu weiten Teilen die "Weddell Sea Continental Margin Unconformity" [Hinz und Krause 1982], welche die *Explora-Formationen* nach oben begrenzt. Das seawärtige Gebirge weist ein hügeliges und welliges Relief auf und zeigt ein für die ozeanische Kruste typisches Reflexionsmuster.

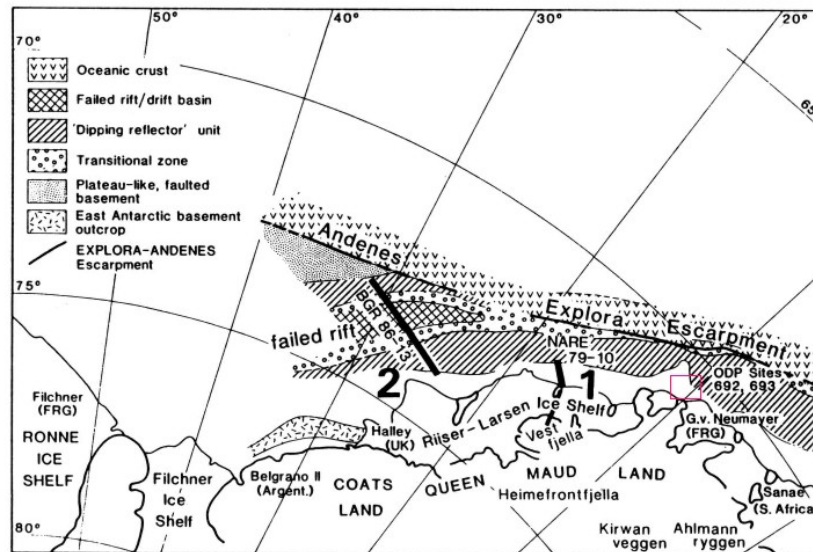


Abbildung 3.2: Haupt- und Strukturelement des Ost-Antarktischen Kontinentalhanges im Hinz-Kristoffersen Modell [Kristoffersen und Hinz 1991].

<sup>1</sup>Ein Escarpment ist ein Kliff oder Abhang, der zwei nahezu ebene Oberflächen voneinander trennt.

# Kapitel 4

## Das Eis der Antarktis

### 4.1 Der antarktische Kontinentalschelf

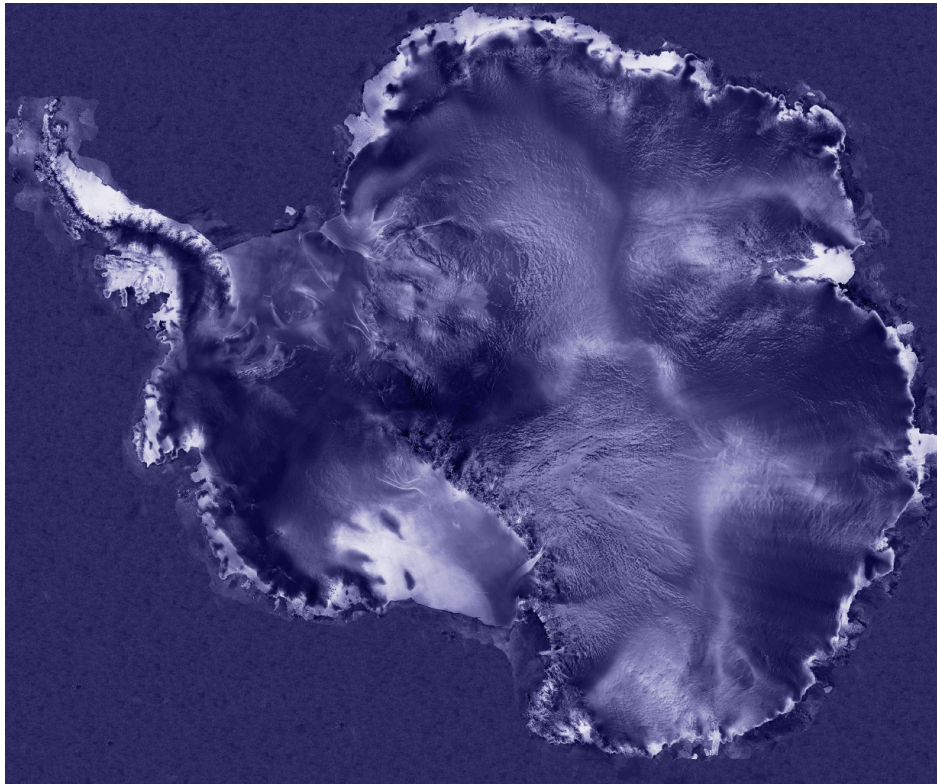


Abbildung 4.1: Satellitenbild des antarktischen Kontinentalschelfs (Aufgenommen von dem RADARSAT Satelliten der NASA)

Es wird angenommen, daß die Antarktis nicht immer ein vereister Kontinent war. Vor 70 Millionen Jahren, vermutet man, war das Klima wahrscheinlich subtropisch, das Land war von Wäldern bedeckt und von Tieren bevölkert. Das durch globale Plattenbewegungen initiierte Rifting zwischen Afrika und Antarktika war von intensivem subärischen Vulkanismus begleitet. Demzufolge müssen damals große Gas- und Staubmengen freigesetzt worden sein, die zumindest das lokale Klima nachhaltig verändert



haben. Heute bedeckt Schelfeis große Teile des antarktischen Kontinentalrandes, so daß fast 50% der antarktischen Küstenlinie durch Schelfeis gebildet werden. Schelfeis ist auf dem Land entstandenes Eis, das auf dem Meer über dem Schelf schwimmt. Die Schelfeise werden aus großen, bis mehreren hundert Meter dicken Platten aus Eis gebildet, die auf dem Meer aufschwimmen, aber mit dem Inlandeis verbunden sind und teilweise von ihm genährt werden. Die Grenze zwischen Inlandeis und Schelfeis ist die Grundlinie (Kap.??). Die größten Schelfeisevorkommen befinden sich im *Rossmeer* (*Ross-Schelfeis*) und im *Weddellmeer* (*Filchner-Ronne-Schelfeis*). Die Schelfeise nehmen im globalen Klimasystem durch ihre Wechselwirkung mit dem Ozean eine besondere Rolle ein. Sie stellen die Auslaßgebiete des Eisschildes dar. D.h. durch ihre seitliche Ankoppelung an das Festland und durch teilweises Aufliegen auf dem Untergrund üben die Schelfeise einen stabilisierenden Einfluß auf den Eisschild aus und tragen zur Kontrolle des Inlandeisstandes bei. Die Wechselwirkung mit dem Ozean hat aber auch noch den Effekt, daß sie durch Schmelz- und Anfrrierprozesse eine Quelle für Wärme und Salztransporte darstellt, die zur Bildung und Veränderung der Schelfwassermassen in großem Maße und somit auch zur Kalbung von Eisbergen beiträgt (Kap.??). In den vergangenen Jahren sind von dem Schelfeis verstärkt große Eisspalten abgebrochen, die als Eisberge durchs Meer treiben (Kalbung von Eisbergen). Die Abbruchrate hängt im wesentlichen von der Fließgeschwindigkeit des Inlandeises und des Schelfeises ab, sowie von dessen Formationen und von der subglazialen Topographie. Der antarktische Eisschild beeinflußt durch den Albedo-Effekt<sup>1</sup> und durch seine Auswirkung auf die Temperatur und auf die Produktion von kaltem und dichtem Bodenwasser sowohl die atmosphärische als auch die ozeanische Zirkulation unseres Planeten. Veränderungen im Volumen oder in der Ausdehnung des antarktischen Eisschildes haben daher direkten Einfluß auf unser Klima, auf Schwankungen des Meeresspiegels und auf die Meeresströmungen [Ehrmann, 1994].

#### 4.1.1 Arten von Eisschilden

In der Antarktis unterscheidet man zwei Arten von Eisschilde. Zum einen den Eisschild, der sich über Landmassen befindet (Land-Based Ice Sheets) und zum anderen den Eisschild, der sich im Wasser befindet (Marine-Based Ice Sheets) (Abb.??). Der Grund von dem Eisschild über Land liegt meistens über dem Meeresspiegel. Der östliche Teil der Antarktis ist hierfür ein Beispiel. Im Gegensatz dazu liegt im Westen der Antarktis der Grund der Eisschicht unter dem Meeresspiegel (Abb. ??), in manchen Gebieten sogar bis zu 2000m unter dem Meeresspiegel!

---

<sup>1</sup>Albedo bezeichnet die Fähigkeit von Flächen, die Sonneneinstrahlung zu reflektieren. Jede Fläche (sei es eine Wald-, Wüsten-, Meer-, Schneefläche o.ä.) hat ihre eigene Albedo

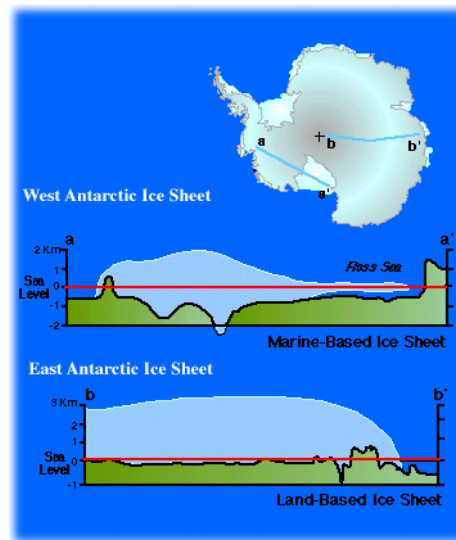


Abbildung 4.2: Schnitt durch die Eisschicht der östlichen und westlichen Antarktis in Bezug zur Wassertiefe [aus: GLACIER Website, 2001]

#### 4.1.2 Der Eisschild im Arbeitsgebiet

Im Gegensatz zum westantarktischen Eisschild, der marin ist, liegt der Eisschild des Untersuchungsgebietes *Austausen* (ostantarktische Eisschild) einem stabilen Kontor auf und besitzt zum größten Teil einen kontinentalen Charakter. Trotz starker isostatischer Absenkung befinden sich große Teile der subglazialen Landmassen über dem Meeresspiegel. Bei eisfreien Bedingungen würde die gesamte Ostantarktis über dem Meeresspiegel liegen. Das Eis bildet einen relativ glatten, gleichförmigen Dom mit einer maximalen Höhe von etwa 400m über NN. Einem wesentlichen Teil des ostantarktischen Eisschildes sind relativ schmale ( $< 100$  km) Schelfeise vorgelagert, wie auch in dem Untersuchungsgebiet. Das größte Abflußsystem des ostantarktischen Eisschildes bildet der *Lambert-Graben/Amery-Schelfeiskomplex*, der in der *Prydz-Bucht* in den Indischen Ozean mündet.

## 4.2 Eisberge

### 4.2.1 Allgemeines

In der NOMENKLATUR der Weltorganisation für Meteorologie ist ein Eisberg „ein massives Eisstück von sehr unterschiedlicher Gestalt, das mehr als 5m über den Wasserspiegel herausragt“ [Cerutti, 1997].

Die durchschnittliche Höhe des aus der Wasseroberfläche schauenden Teil eines Tafelberges beträgt 34 m und überschreitet zu 90% nicht 60m [Romanov, 1999]. Eisberge kommen in den unterschiedlichsten Regionen vor, in der Arktis wo sie von Gletschern abbrechen, und in der Antarktis, wo die meisten Eisberge von der Schelfeiskante abbrechen. Die folgende Abbildung zeigt die Eisbergdichte in der Antarktis.

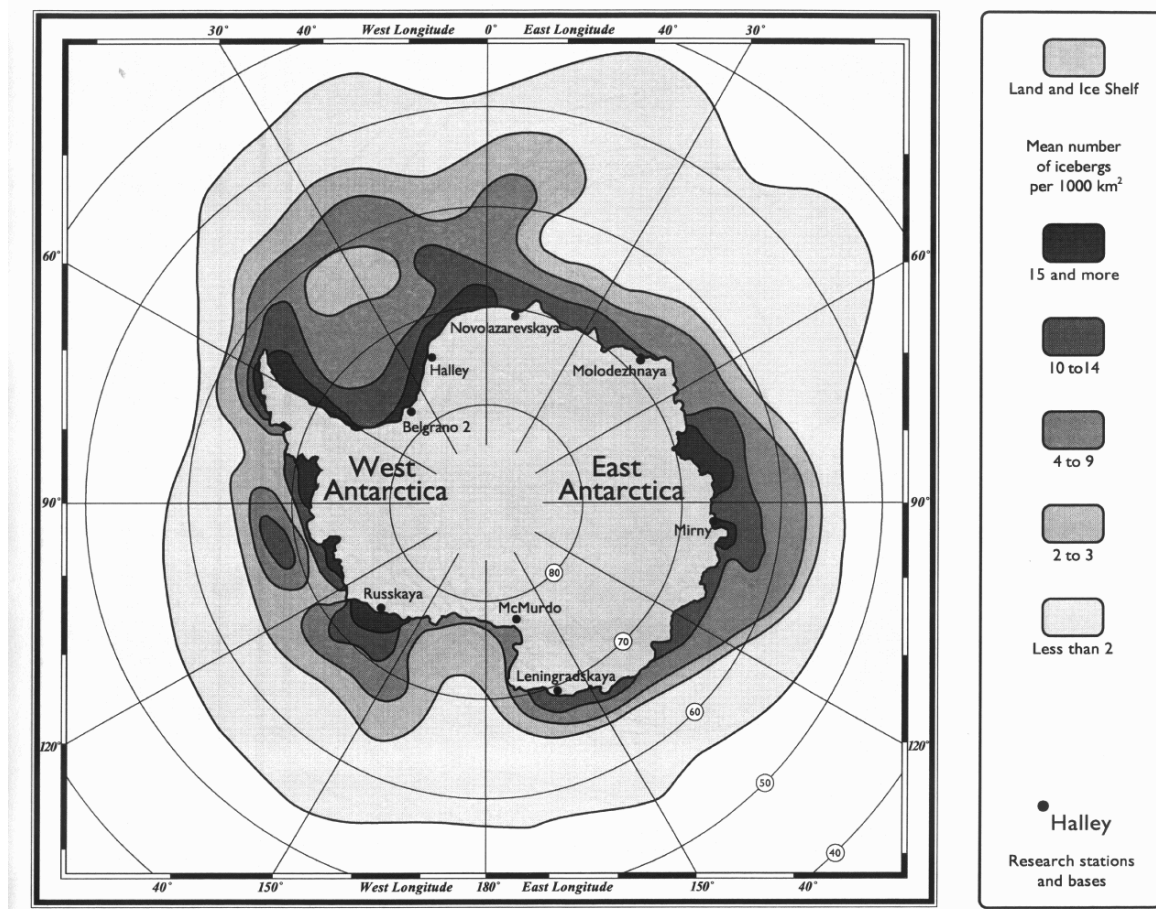


Abbildung 4.3: Verteilungsdichte von Eisbergen in der Antarktis pro 1000 km<sup>2</sup> [aus: Romanov, 1999]

Man sagt, der größte Teil eines Eisberges befindet sich unter Wasser, und nur etwa 1/9 ist sichtbar. Die Eintauchtiefe der Eisberge ist jeweils über das spezifische Gewicht des Eises bestimmt, das stark vom Luftgehalt und vom Salzgehalt und in der Nähe der Gefriertemperatur auch wesentlich von der Temperatur abhängig.

Nach SCHWERDTFEGGER (1963) gilt:

$$\rho_E = (1 - \alpha) \left( 1 + \frac{4,56 \cdot S}{T} \right) 0,917 \quad (4.1)$$

Hier sind  $\rho_E$  die Dichte  $g\ cm^{-3}$ ,  $\alpha$  der Luftgehalt in Volumprozent,  $S$  der Salzgehalt in Promille und  $T$  die Temperatur in  $^{\circ}C$ .

Durch Eisdickenmessungen, die mit Hilfe von reflexionsseismischen Methoden im Südpolarmeer angestellt wurden ergab sich eine Höhe des Schelfeises über der Wasserlinie von 36m, die Eintauchtiefe war hingegen 180m, daraus ergab sich ein Verhältnis von 1:5 [Dietrich, et al. 1975].

## 4.2.2 Arten von Eisbergen

Aufgrund ihres Alters unterscheidet man in der Antarktis 3 Eisbergtypen:



Abbildung 4.4: verschiedene Eisbergformen

### Tafelberge:

Dies sind junge Eisberge, die sich noch nicht lange vom Schelf getrennt haben. Ihre Oberfläche ist noch eben und glatt. Mit zunehmendem Alter werden sie uneben, rund und geneigt (Abb.??a).

### Unebene Eisberge :

Diese Eisberge sind schon länger der Erosion ausgesetzt. Die Teile über dem Wasserspiegel sind meist spitz, aber es kommen auch flache Passagen vor (Abb.??b).

### Gerundete Eisberge :

Bei diesen ältesten Formationen sind nur noch wenige spitze Formen übrig geblieben. Manche dieser Eisberge werden instabil und kippen gar um, der Unterwasserteil ragt dann nach oben - diese liegen dann auch nicht mehr tief im Wasser (Abb.??c).



### 4.2.3 Entstehung von Eisbergen

Eisberge entstehen durch Abbrechen von einem Gletscher oder durch Abbruch an der Schelfeiskante, diesen Vorgang nennt man auch *Kalben* von Eisbergen. Die großen Eisberge der Antarktis entstehen durch Abbruch vom Eisschelf.

#### Eisberge die von einem Gletscher kalben:

Die Eisberge brechen direkt an der Küste ab. Eisströme, die von der Gestalt des Untergrundes geleitet werden, bewegen sich langsam von dem Inlandeis auf das Meer zu. An den Gletscherzungen dieser mächtigen Eisströme brechen Eisberge ab. Die Eisberge sind klein und haben ein bizarres Aussehen. Zum Beispiel in Grönland z.B. trifft man diese Art von Eisbergen an.

#### Eisberge, die von Eisschelfen abbrechen:

Die anderen Eisberge entstehen an der Schelfeiskante. Die Schelfeise werden von mächtigen Inlandeisgletschern genährt und schieben sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 km/Jahr mehrere hunderte Kilometer weit auf das Meer. Wie zum Beispiel im Ross- oder im Weddellmeer. Da Eis leichter ist als Wasser schwimmt es. An den Rändern ist dieses Eis besonders instabil und die Eisdecke zerbricht in Tafel Eisberge.

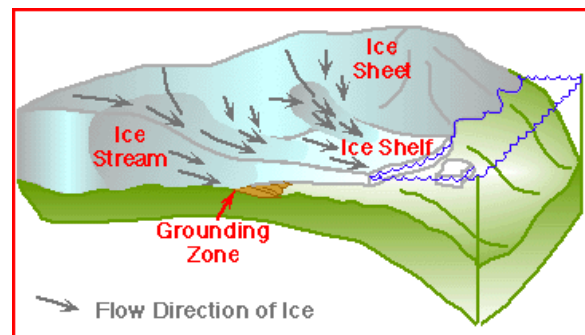


Abbildung 4.5: Eissystem (modifiziert von Alley, 1990) [aus: Glacier Website, 2001]

Die Abb.?? zeigt ein langsam wanderndes Eisschild (ice sheets), einen schnell fließenden Eisstrom (ice streams) und schwimmendes Eisschelf, das auseinanderbricht und Eisberge entstehen lässt.

Die Grundlinie (grounding line) ist die Grenzlinie des schwimmenden Schelfeises zum aufliegenden Inlandeis. Das Auseinanderbrechen des Eisschelfs wird durch das Auf- und Ab der Gezeiten und andere Einflüsse der Meeresspiegelschwankungen (z.B. durch das Abschmelzen der Pole) verursacht. Es bilden sich Risse (Spalten), an denen sich dann irgendwann die Trennung vollzieht (Abb.??). Es entstehen Tafel Eisberge.

Die Nasa macht regelmässig Satellitenaufnahmen von dem Schelfeis der Antartis. Dabei wurden folgende Aufnahmen gemacht:

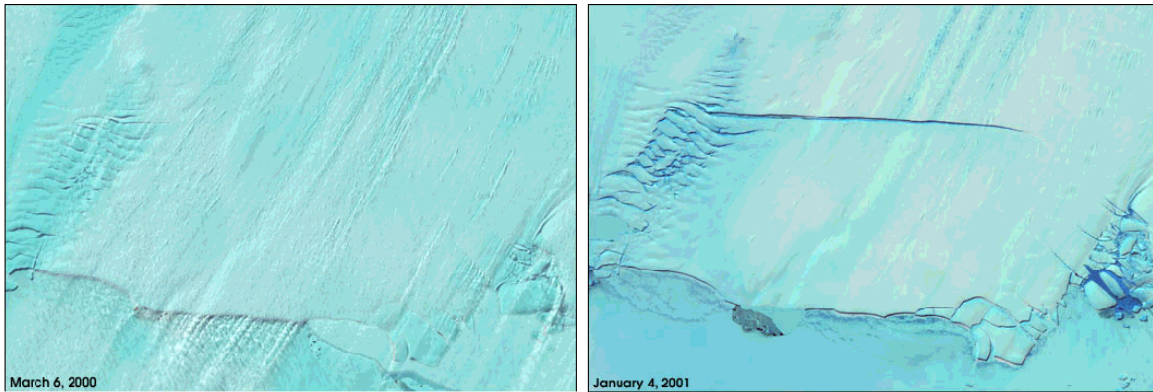


Abbildung 4.6: Entstehung eines Eisberges

Die Tafelberge können riesige Ausmaße annehmen. Durch ihren großen Tiefgang hängen sie oft mehrere Jahre fest, da sie den meist nicht tiefer als 300m flachen Sedimentschelf nicht überqueren können. Im Laufe der Jahre verlieren sie dann durch Sublimieren an Gewicht und zerfallen in kleinere Teile (Abb. ??). Diese kleineren Eisberge treiben dann mit einer Geschwindigkeit von bis zu 15km am Tag im offenen Meer. Hier sind sie dann durch höhere Oberflächentemperatur und stärkeren Wellengang erheblichen Gewichtsverlust und Zerfall ausgesetzt. Einige dieser treibenden Eisberge gleiten über den Schelf oder bleiben sogar auf dem Schelf liegen, man spricht auch von Eisbergstrandungen. Den größten Einfluß auf den Rückgang eines Eisberges hat das Zerbrechen des Eisberges in kleinere Teile, aber auch der Schmelzvorgang sowie die Wellenerosion haben einen Einfluß auf die Lebensdauer eines Eisberges [Lien et al. 1989]. Eisberge können zerbrechen, wenn sie mit ihrem Kiel gegen einen Felsen oder die Eiskante stoßen. Dabei können Risse entstehen und Teile des Eisberges zerbrechen [Woodworth-Lynas et al. , 1991]. Aber auch das Aufeinandertreffen zweier Eisberge kann ein Auseinanderbrechen bewirken.



Abbildung 4.7: Eisberg mit Riss Foto: O.Krüger

## 4.2.4 Drift der Eisberge

### Driftgeschwindigkeit:

Die Drift der Eisberge ist das Ergebnis des Zusammenspiels von Wind, Strömung, unterschiedlichen Eisbergoberflächen sowie der Meereisbedeckung. Es gibt erhebliche örtliche, jahreszeitliche und jährliche Schwankungen der Geschwindigkeit von Eisbergen. In dem atlantischen Bereich ist die Driftgeschwindigkeit 18m/s (im Jahr 1999 beobachtet) [Romanov, 1999]. Die hohe Driftgeschwindigkeit der Eisberge sowie die Abhängigkeit von der Jahreszeit und die jährlichen Schwankung kennzeichnet die Drift der Eisberg in diesem Sektor. So ist die Driftgeschwindigkeit im Winter 2 mal so hoch wie die im Sommer.

### Driftrichtung:



Abbildung 4.8: Eisbergdrift [aus: GLACIER Website, 2001]

Durch visuelle Verfolgung von Eisbergen mit dem Satelliten *JIC 1973-1989* des *Navy-NOAA Joint Ice Center* (JIC), sowie die Verfolgung von 22 Eisbergen ausgestattet mit Radiosendern, konnte eine Haupt- und Langzeitdrift der Eisberge in der Weddellsee festgestellt werden und ermöglichte eine Darstellung der Driftrichtung der Eisberge (Abb.??). Sind die Eisberge erstmal von der antarktischen Schelfeiskante abgebrochen, werden sie durch die Strömungen der Meere fortgetragen. Aufgrund der Kalbungsvorgänge an der Schelfeiskante driften Eisberge sehr unterschiedlicher Größe dann nach Norden und werden durch die Ost-West-Strömung, bedingt durch die Ostwinde, entlang der Küste, durch das Polarmeer getrieben. Die Eisbergdrift wird von der globalen Wind- und Wasserzirkulation gesteuert, so daß sie besonders vom antarktischen Küstenstrom, entgegen dem Uhrzeigersinn, parallel zur Küste driften. Die Geschwindigkeit beträgt ca. 12km pro Tag.

Einige wenige Eisberge erreichen gar die *Antarktische Konvergenz*. Die *Antarktische Konvergenz* ist eine zirkumpolare Zone des Zusammentreffens von kaltem, nordwärts fließendem antarktischen Oberflächenwasser mit wärmeren, subantarktischen Oberflächenwasser. Der Bereich liegt bei etwa  $50^\circ$  südlicher Breite und markiert die Nordgrenze des Südpolarmeeres. An der *Antarktische Konvergenz* wird ihr Kurs wegen dem Weddellwirbel und der Westwinddrift umgekehrt und durchqueren in einem großen Bogen im Uhrzeigersinn das Weddellmeer (Abb.??). Einige der Eisberge werden bei  $90^\circ$  Ost durch ein kleines ozeanographisches Strömungssystem, gebildet durch das *Kerguelen Plateau*, nach Norden hin abgelenkt [Ried et al., 1990].

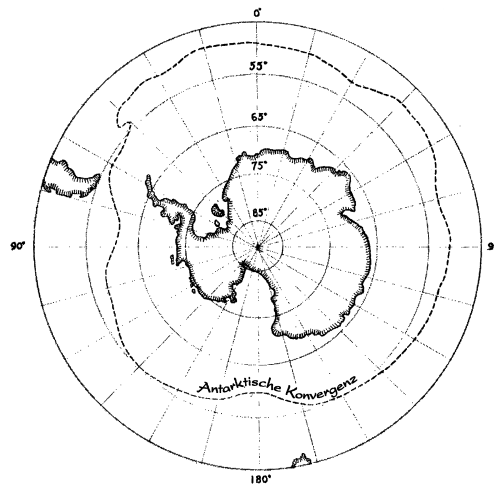


Abbildung 4.9: Antarktische Konvergenz [aus:Moss, de Leiris, 1998]

Durch das zirkuläre antarktische Strömungssystem driften die Eisberge auch in flachere Schelfregionen, wo sie teilweise den Meeresboden pflügen oder sogar aufsetzen und den Meeresboden schädigen. Durch das Aufsetzen oder Stranden auf dem Meeresboden, können die Eisberge eine lange Aufenthaltsdauer in diesen Gewässern der kontinentalen Schelfregionen haben. Die Eisberge können dort über Jahrzehnte liegen bleiben oder bereits mit dem nächsten Hochwasser oder Sturm davontreiben [Schenke, 1996]. Bleiben mehrere Eisberge längere Zeit auf dem Kontinentalschelf liegen (stranden) so spricht man von einem Eisbergfriedhof. In dem Untersuchungsgebiet liegen viele gestrandete Eisberge, daher wird *Austaaasen* oft als Eisbergfriedhof bei *Kapp Norwegia* bezeichnet.

Einzelne Eisberge, die aus der gleichen Gegend kommen, können mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Richtungen driften, weil ihre Größe und ihr Tiefgang bestimmen, mit welchem Einfluß der Wind und die Strömung ihre Drift beeinflusst. Es wurden von Driftgeschwindigkeiten von bis zu  $3\text{km}/\text{std}$  und einen maximalen Tiefgang von  $400\text{m}$  berichtet. Die Abb. ?? zeigt, in welche Richtung die Eisberge driften.

## 4.2.5 Auswirkung von Eisbergen auf den Meeresboden

### 4.2.5.1 Einfluß auf die Sedimentation

Von den antarktischen Eismassen wird terriges Material ins Südpolarmeer transportiert. Das meiste Material sedimentiert direkt am Eisrand oder unter den Schelfeisen und schwimmenden Gletscherzungen. Durch Eisberge kann dieser terrige Detritus<sup>2</sup> jedoch mehrere tausende Kilometer von der Antarktis weggetragen werden [Ehrmann, 1994]. Hierbei sind Eisberge, die von Eisströmen und Gletschern ins Meer kalben, besonders reich an Detritus, während Eisberge, die von Schelfeisen kalben, sehr wenig Detritus enthalten, da in Schelfeisen normalerweise der größte Teil des Materials bereits nahe der Grundlinie ausschmilzt und sedimentiert.

Je größer die meerwärtige Ausdehnung eines Schelfeises ist, desto mehr Detritus wird bereits unter ihm abgelagert, und desto weniger ist noch an der Schelfeiskante vorhanden, an der die Eisberge kalben. Liegt die Grundlinie jedoch an der Schelfeiskante, so ist die schwimmende Eiszunge relativ klein und instabil. Es steigt die Möglichkeit, daß an der Kante Eisberge abbrechen und Detritus enthalten, noch bevor aller Gesteinschutt ausgeschmolzen ist. Die Ausdehnung eines Schelfeises hängt von den unterschiedlichen glazialen Stadien ab. Der Kalbungsprozess und somit die Anzahl der Eisberge haben einen Einfluß auf die Menge des eistransportierenden Material, das in marinen Sedimenten zur Ablagerung gelangt. Die Verbreitung des Materials durch Eisberge ist dagegen abhängig von der Meereisbedeckung und der Temperatur des Oberflächenwassers, die die Abschmelzrate der Eisberge beeinflusst.

Seit Jahren werden im Weddelmeer Sedimentkerne gezogen und im AWI bearbeitet. Ein in allen Kernen ähnliches Verteilungsmuster erlaubt eine Darstellung eines Modells das die Sedimentationsverhältnisse im Wechsel Kaltzeit - Warmzeit veranschaulicht. Aufgrund der Variabilität der Daten wurden die für das Modell zugrundeliegenden Parameter, die durch spezifische Vorgänge entstehen und unter besonderen Verhältnissen, durch sogenannte Stellvertreter (engl. Proxys) dargestellt. Ein solcher Proxy ist auch das eistransportierte Gesteinsmaterial in den Sedimenten der "ice rafted detritus" (IRD).

Er steht für:

- die Häufigkeit von Eisbergen
- das Kalben von Eisbergen an der Front der Eisschilde und Schelfeise
- das Verhalten der auf dem Kontinent vorhandenen Eismassen insgesamt

---

<sup>2</sup>allgemeine Bezeichnung für Gesteinsschutt und Zerreibsel von Organismenresten

**Kaltzeit:**

Während einer Kaltzeit sinkt die Anzahl der Eisberge. Durch den sinkenden Meeresspiegel dehnt sich der antarktische Eisschild aus und schwimmende Schelfeise stehen auf den breiten Schelfbereichen auf. Der dadurch verursachte Eisrückstau bewirkt eine starke Verdickung des antarktischen Eisschildes. Am langsam vorrückenden Eisrand unterbleibt das Kalben von Eisbergen und somit nimmt die Sedimentanlieferung in diesem Bereich stark ab. Erst wenn die Eisfront die Schelfkante erreicht, wird das vom vorrückenden Eisschild transportierte und auf dem Schelf aufgearbeitete Sediment nach episodischen Kalbungsereignissen aus den driftenden Eisbergen über den oberen Kontinentalrand verteilt. Durch Rutschungen oder Trübströme kann das Material den Kontinentalhang hinabtransportiert und manchmal sogar über weite Entfernungen bis in die Tiefsee gelangen, wo es sich als sogenannte *Turbide* absetzt [Fütterer, Grobe 2001].

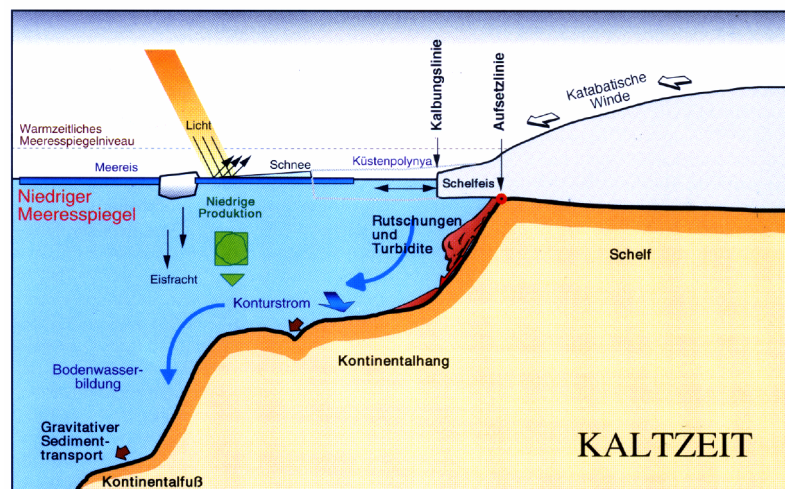


Abbildung 4.10: Kaltzeit [aus: Fütterer, Grobe, 2001]

**Warmzeit:**

Der Wechsel von einer Kaltzeit zu einer Warmzeit dauert ca. 10.000 Jahre. Dabei sinkt der Anteil an eistransportiertem Material. Bei dem Übergang zur Warmzeit schmelzen Eismassen auf der Nordhalbkugel ab. Der dadurch rasch ansteigende Meeresspiegel hebt die randlichen Teile des antarktischen Eisschildes an, läßt sie aufschwimmen und in sehr kurzer Zeit Eisberge entstehen. Diese Eisberge reißen mit ihrer Unterseite große Mengen Sedimente aus dem Untergrund, und während der Drift über das Weddellmeer werden diese Sedimente verteilt. Durch den Meeresspiegelanstieg zieht sich zudem die Aufsetzlinie des Eises zurück und es kommt zur Bildung ausgedehnter Schelfeisgebiete. Beispiele solcher Gebiete sind das *Filchner-Ronne-Schelfeis* im Süden des Weddellmeeres oder das *Ekström - Schelfeis* (Standort der Neumayer Station).

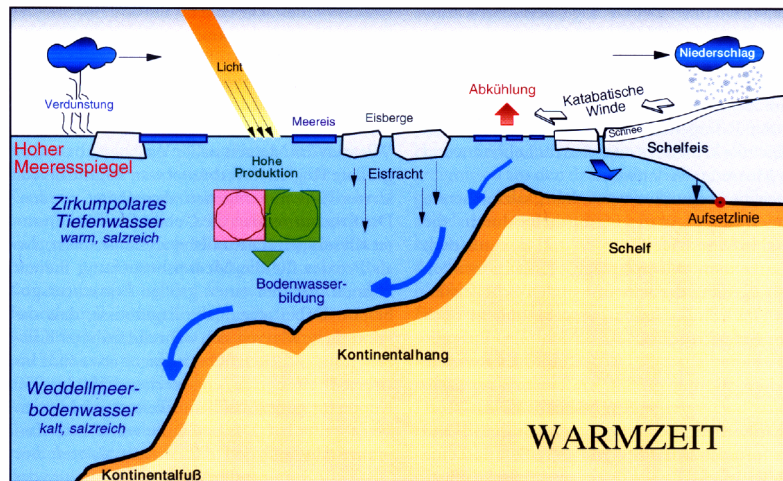


Abbildung 4.11: Warmzeit [aus: Fütterer, Grobe, 2001]

Das Aufschwimmen der randlichen Teile des antarktischen Eisschildes und die dadurch umfangreichen Kalbungsprozesse sowie die Bildung von Schelfeisen läßt einen Massenverlust des antarktischen Eisschildes entstehen. Der Gleichgewichtszustand des Kontinents muß sich neu einstellen. Die Schelfbereiche des entlasteten Kontinentalrandes beginnen sich zu heben und, durch die Rückverlagerung der Aufsetzlinie verbreitert sich der Schelf. Durch die verbesserten Umweltbedingungen kommt es zu einer Entwicklung einer reichen Bodenfauna [Fütterer, Grobe 2001].

#### 4.2.5.2 Eisbergpflugspuren

##### Entstehung von Eisbergpflugspuren:

Etwa 5 % des antarktischen Schelfes (100m-500m) sind „vernarbt“ mit Eisbergspuren. Jährlich brechen einige tausend kleine und große Eisberge vom antarktischen Schelfeis ab. Die Quellen der Eisberge (Eisschelf und Gletscherzungen) haben einen jährlichen Eisbergfluß von  $1,3 \times 10^{12} \text{ m}^3$  [Reid et al. 1990]. Lien schätzt, daß in den Jahren von 1981-1985 70000 Eisberge (>10m Breite) vom antarktischen Schelfeis abgebrochen sind. Die Totalzahl von Eisbergen südlich der antarktischen Konvergenz gibt er geschätzt mit ungefähr 300000 an [Lien et al, 1989].

Der antarktische Schelf ist der Hauptproduzent der großen Tafelbergspuren. Das Schelfeis erzeugt Eisberge mit Tiefgängen von mehr als 300m [Reid et al., 1990]. Ist ihr Tiefgang größer als die Wassertiefe, berührt der Kiel den Meeresboden und verursacht dadurch markante Spuren im Meeresboden (Eisbergpflugspuren). Die Beschaffenheit des Meeresbodens hat dabei einen erheblichen Einfluß auf die Ausmaße der Zerstörung. Sie können auf flache Bänke treiben und die Spitzen kratzen oder auf Grund laufen.

- Eisberge können mit ihrem Kiel über den Meeresboden gleiten und ihn auf diese Weise planieren, dabei wird nicht unbedingt alles Lebewesen auf dem Meeresboden zerstört (Abb.??a)

- Sie können in den Meeresboden gleiten und dort liegen bleiben; dabei wird alles Lebewesen an dieser Stelle auf dem Meeresboden zerstört. Abb.??b)
- oder sie können den Meeresboden pflügen und an einer flachen Stelle hängen bleiben, dabei hinterlassen sie markante Spuren im Meeresboden.

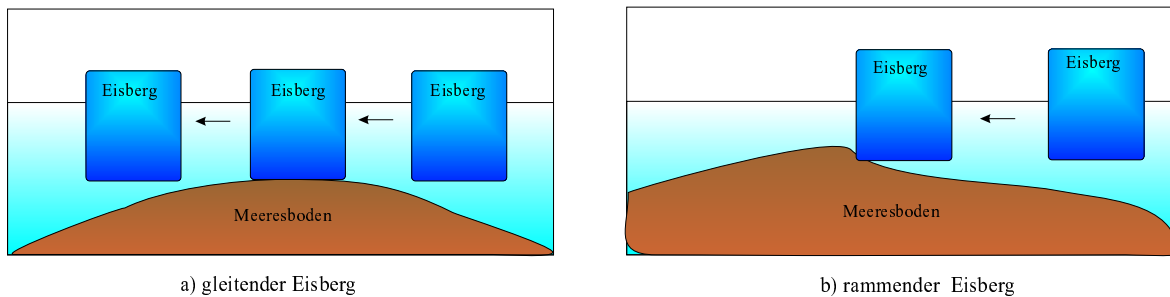


Abbildung 4.12: Schematische Darstellung der Berührung eines Eisbergs mit dem Meeresboden

Der Kiel des Eisberges durchdringt, bei der Berührung mit dem Meeresboden, die Sedimente des Bodens, so daß es zu einer Wechselwirkung zwischen Eisberg und Meeresboden kommt. Während dieser Wechselwirkung wird nicht nur der Meeresboden umgeformt, sondern auch die Oberfläche des Kiels modifiziert und abgeflacht. Das Modifizieren und Abflachen des Kiels wird durch Zerbrechen und Abbrechen von Eisblöcken sowie durch dynamische Rekristallisation verursacht. Bei wenig Bewegung des Eisberges kann es zu einem Pumpeffekt kommen, der lokale Strömungen freisetzt und größere Vertiefungen im Meeresboden hinterläßt.

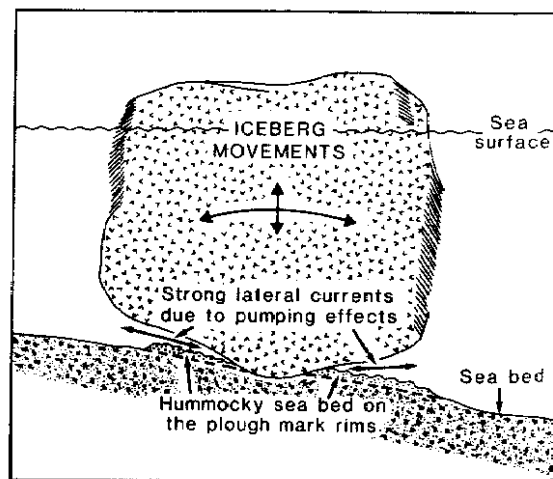


Abbildung 4.13: Entstehung einer Eisbergpflugspur [aus: Lien et al., 1984/85]

Die Böschungshänge, die bei den meisten Eisbergpflugspur auf beiden Seiten auftreten, entstehen durch vertikale und horizontale Kräfte (Abb. ??). Die Kräfte werden bei der Berührung des Kiels mit dem Meeresboden freigesetzt. Die horizontale Verschiebung des Kiels durch den Meeresboden bewirkt eine Verlagerung der Sedimente nach beiden Seiten. Auf diese Weise entstehen Böschungen, die nur einige cm hoch



sind oder aber auch mehrere Meter. Das Relief der Böschung wird dabei von der Kombination Horizontalbewegung mit einer Aufwärtskomponente gebildet. Abhängig von der Sedimentart, der Bindekraft, der Druckschicht und der Belastungsrate verhält sich das Sediment vor dem Kiel unterschiedlich. Meistens verhält es sich anfangs wie eine massive Platte, die vor dem Kiel hergeschoben wird. [Woolworth-Lynas et al., 1991]. Tatsache ist, daß durch das Pflügen durch den Meeresboden große Mengen Sedimente transportiert werden.

### Formen von Eisbergpfugspuren:

Die Form einer Eisbergpfugspur wird von der Kielform des Eisberges sowie von den umgebenen Kräften wie z.B. Ozeanströme, Wind, Meereis und anderen Eisbergen beeinflusst. Den größten Einfluß haben hierbei jedoch die Ozeanströme. Die zerstörte Oberfläche des Meeresboden durch den Kiel eines Eisberges ist meist U- oder V-förmig. Die U-förmige Oberfläche hat einen flachen Boden, der meistens von Tafelbergstammen stammt, die einen flachen Kiel haben. Die schmalen V-förmigen Spuren stammen dagegen eher von älteren bereits gekippten Eisbergen, deren Kiel nicht mehr eben, sondern eher spitz zuläuft. Es wurden aber auch Spuren von Eisbergen entdeckt, die mehrere Kiele hatten. Die Art, wie der Eisberg den Meeresboden berührt, sowie die Beschaffenheit des Meeresboden, ist ebenfalls ausschlaggebend für die Formgebung der Spur. Ein Eisberg, der über den Meeresboden gleitet, kann lange Spuren (mehrere km lang) hinterlassen, die jedoch nicht tiefer als ein Meter sind, während die Spuren von Eisbergen, die über Erhebungen gleiten, eher kurze aber tiefe Kratzer bis zu 15-20m hinterlassen können. Meistens bleiben die Eisberge sogar in diesen Erhebungen hängen.

Enge parallele Strukturen von Spuren entstehen, wenn ein zusammenhängendes Eisfeld entsteht, in dem viele Eisberge angehäuft sind und eine gleichmäßige Strömung vorhanden ist. Eine unregelmässige Struktur entsteht durch Eisberge die unterschiedliche Driftrichtungen haben. Auf diese Weise werden unterschiedliche Strukturen auf dem Meeresboden erzeugt.

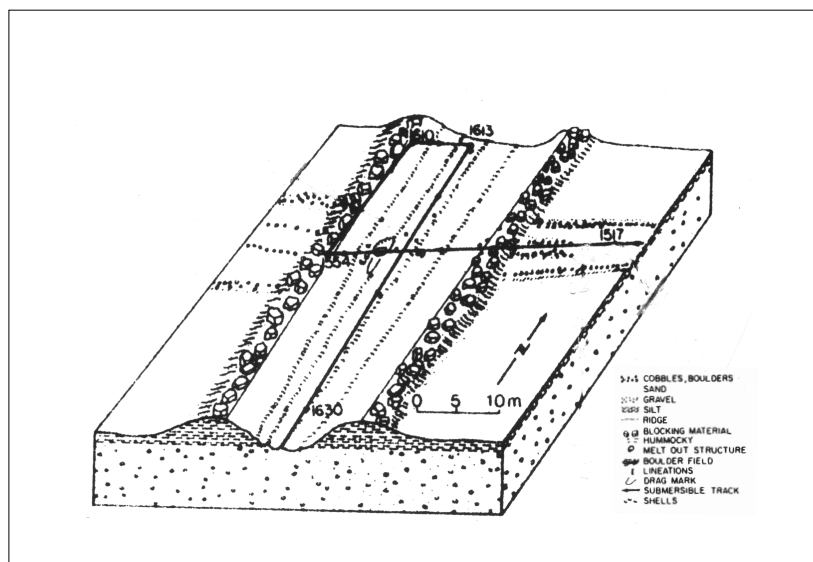


Abbildung 4.14: Ansicht einer Eisbergpfugspur [aus: Woolworth-Lynas et al. 1991]

### **Erscheinungen innerhalb von Eisbergpfugspuren:**

Es gibt unterschiedliche Erscheinungsformen innerhalb von Eisbergpfugspuren. Woodworth-Lynas et al. haben 1991 bei der Untersuchung von Eisbergpfugspuren in der Labradorsee folgende Erscheinungsmerkmale innerhalb von Eisbergpfugspuren vorgefunden:

- riefen- und wellenbildende Mikrotopografie
- ausgeschmolzene Hohlräume
- flache Hügel

#### Riefen- und wellenbildende Microtopografie:

Sie entstehen durch das Formen des Sediments durch Ungleichförmigkeiten in dem Kiel. Diese wiederum entstehen durch Trümmergestein, welches im Eis eingebettet ist. Obwohl die gesamte Oberfläche eines Kiels den Meeresboden berührt, ist es das Relief der Hinterkante, welches die Riffel und Wellen erzeugt. Die Unregelmäßigkeiten auf dem Meeresboden, geformt durch Eisberge, werden als direkte Abbildung der Unregelmäßigkeiten der Kielhinterkante eines Eisberges interpretiert, da diese für die endgültige Formgebung des Meeresboden verantwortlich ist.

#### Ausgeschmolzene Hohlräume:

Die durch die Kiel-Sediment-Wechselwirkung abgebrochenen Eisblöcke können in den Meeresboden treiben. Es können aber auch Stücke vom Kiel abbrechen, wenn der Eisberg gegen einen am Meeresboden liegenden Felsblock stößt. Diese Eisblöcke werden dann von dem Eisberg am Schwimmen gehindert, indem sie in den Meeresboden getrieben werden. Durch Schmelzen oder Auflösen dieser eingebetteten Eisblöcke bleibt ein Abdruck im Meeresboden erhalten.

#### Flache Hügel:

Gleitet ein Eisberg über einen welligen Meeresboden, ist es möglich, daß der Eisberg über offene Vertiefungen, die unterhalb des Kiels liegen, gleitet. Wenn der Eisberg näher kommt wird das Material vor dem Kiel hergeschoben und füllt damit die Mulden. An der Stelle, an der die Mulden nicht vollständig mit Material gefüllt werden treten unregelmäßig strukturierte Sedimente am Meeresboden auf.

**Alter von Eisbergpfugspuren:**

Das Alter der Eisbergpfugspuren läßt sich geologisch und biologisch bestimmen:

- geologisch : durch gezielte Beprobung und Analyse der Sedimente in einer Spur.
- biologisch: durch den Grad der Wiederbesiedlung und den Grad des Abbaus der Spur.

Da in dem Untersuchungsgebiet *Austaasen* keine gezielten Sedimentproben an Eisbergpfugspuren genommen wurden, soll hier nur kurz auf die biologische Bestimmung des Alters von Eisbergen eingegangen werden.

Das Alter einer Eisbergpfugspur läßt sich durch den Grad der Wiederbesiedlung bestimmen. Die Wiederbesiedlung der Spuren erfolgt in Etappen. Zuerst tauchen die sogenannten mobilen Tiere auf wie Fische, gefolgt von den kriechenden Seesternen und Seeigeln. Organismen, die auf Steinen oder größeren Tieren siedeln, tauchen hingegen erst nach vielen Monaten auf. Glasschwämme erscheinen sogar erst nach Jahrzehnten und sind ein Zeichen dafür, daß sich das Gleichgewicht wieder eingestellt hat. Auf diese Weise kann man, durch die Art der Organismen in einem Gebiet, Angaben zu dem Rekolonisationsgrad machen und somit Vermutungen über das Alter einer Eisbergpfugspur anstellen.

# Kapitel 5

## Hydrosweep DS-2

### 5.1 Einführung

In fast allen Bereichen der Meeresforschung ist eine möglichst genaue topographische Information des Meeresbodens erforderlich. So lassen sich z.B. viele chemische, physikalische, biologische und geologische Prozesse nur mit Hilfe der Morphologie des Meeresbodens erklären. Das klassische Instrument für die Tiefenvermessung auf See ist das Echolot. Doch um eine flächenhafte Erfassung des Meeresbodens zu erhalten, ist der Einsatz eines einzigen Echolotes unwirtschaftlich, daher werden für die effektive Kartierung des Meeresbodens sogenannte Fächerecholote eingesetzt.

Seit 1989 wurde auf *FS Polarstern* als Nachfolgemodell der Seabeam-Anlage die Fächersonaranlage *Hydrosweep DS* (Hydrographisch Multibeam Sweeping Survey Echosounder) installiert, die wiederum im Oktober 1997 durch das weiterentwickelte *Hydrosweep DS-2* modernisiert und in ihren Einsatzmöglichkeiten weiter ausgebaut wurde. DS steht für den überwiegenden Einsatzbereich als Tiefseefächersonar (engl. Deep Sea). Das Fächersonarsystem Hydrosweep ist nicht nur ein System, das der Gewinnung bathymetrischer Daten dient, sondern es bietet durch die Erweiterung von Sidescan-Sonar Messungen auch die Möglichkeit, weitere Informationen über den zu untersuchenden Meeresboden zu erhalten. Aus den Sidescan-Sonar Messungen lassen sich Rasterbilder des Meeresbodens erstellen, und durch Reflexionsmessungen der einzelnen Beams lassen sich Backscatterkoeffizienten des Meeresbodens berechnen.

### 5.2 Meßprinzip von Fächerecholoten

Das Grundprinzip der Messung mit einem Echolot besteht in der Messung der Laufzeit, die ein Schallimpuls benötigt, um die Wassersäule zu durchlaufen. Von einer Sendereinheit eines Schwingers wird vertikal (lotrecht) ein Schallimpuls ausgesendet, der die Wassersäule durchläuft, am Meeresboden reflektiert und von der Empfangereinheit des Schwingers wieder aufgenommen wird. Mit Hilfe der Laufzeit des Schallsignales ( $t$  in [s]) und bei einer bekannten mittleren Wasserschallgeschwindigkeit (Kap. ??) ( $c_m$  in [m/s]) läßt sich die Wassertiefe ( $h$  in [m]) bezogen auf das Niveau der Schwingereinrichtung mit folgender Formel berechnen:

$$h = \left(\frac{1}{2} \cdot c_m \cdot t\right) \quad (5.1)$$

Bei einem Fächersonarsystem wird nicht ein einziger stark vertikal gebündelter kurzer Schallstrahl ausgesendet, sondern es wird rechtwinklig zum Schiffsweg ein breiter Schallimpuls abgestrahlt. Auf diese Weise entsteht bei einer Lotung (einem Ping) ein ganzer Fächer, der es ermöglicht, kontinuierlich und flächenhaft den Meeresboden zu erfassen.

## 5.3 Funktionsweise des Hydrosweep DS-2

### 5.3.1 Meßmethode

Das Hydrosweep arbeitet mit einer Frequenz von 15.5 kHz. Diese niedrige (tiefe) Frequenz hat ein besseres Eindringvermögen aufgrund der Wellenlänge und ermöglicht somit Messungen in tieferen Bereichen. Das Hydrosweep hat einen Meßbereich von 10 - 11000m. Diese Frequenz gewährleistet auch in den Bereichen der äußeren Beams des Fächers eine genügend starke Rückstreuung um das zurückkommende Signal verarbeiten zu können. Das *Hydrosweep DS-2* strahlt einen Schallfächer mit einem verstellbaren Öffnungswinkel von 90° auf 120° ab. Bei der Wahl des Öffnungswinkels sollten folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- die Rückstreueigenschaft des Meeresbodens
- Schiffseigene Geräusche
- Schichtung in der Wassersäule und die daraus abgeleitete Wasserschallgeschwindigkeit
- Schiffsbewegungen (Rollen, Stampfen und Hieven)

Alle Faktoren haben eine Auswirkung auf die Qualität der Messung. Empfohlen wird bei Wassertiefen zwischen 10 - 4700m der Öffnungswinkel 120° und bei Wassertiefen von 10 - 8000m mit dem Winkel 90° zu messen. Je nach Öffnungswinkel wird ein Streifen des Meeresbodens von der Breite der zweifachen (90°) oder sogar der 3,5 fachen (120°) Wassertiefe erfaßt. Die vom Grund rückgestreute Energie wird in sogenannten Preformed Beams empfangen (PFB); beim *Hydrosweep DS-2* System sind es 59 PFB's. Der Öffnungswinkel eines Beams beträgt ab einer Wassertiefe von 100m 2,3°.

Die Roll-, Hub- und Stampfbewegung (engl. roll, heave and pitch) des Schiffes werden durch die Inertial Laser-Plattform MINS (Marine Interial Navigations System) erfaßt und direkt als Korrekturwerte durch aktive Steuerung der Sende- und Empfangsbeams angebracht. Die für die Berechnung der Wassertiefen aus den Laufzeiten notwendige Wasserschallgeschwindigkeit wird bei dem *Hydrosweep DS-2* System durch eine sogenannte Kreuzkalibrierung bestimmt.

Die Meßwiederholung ist abhängig von der Wassertiefe und der Rechenzeit des Steuerrechners der Anlage (Kap ??). Das Fächerecholot *Hydrosweep DS-2* hat eine wassertiefenabhängige Meßwiederholungsrate von 1 sek plus 1-2 sek. pro 500m Wassertiefe. [ATLAS Elektronik, 1992, STN ATLAS 1995]. Das heißt, in der Tiefsee würde alle 10-15 sek ein Meßwert erfolgen. Bei einer Wassertiefe von 350m erhält man alle 3sek. einen Meßwert.

### 5.3.2 Kreuzkalibrierung

Das Medium Wasser hat in unterschiedlichen Tiefen eine unterschiedliche Temperatur und einen unterschiedlichen Salzgehalt. Das heißt es befinden sich im Wasser unterschiedliche Dichteschichten. Ein ausgesendeter Schall breitet sich daher nicht linear durch die Wassersäule aus, sondern er wird immer zu den Bereichen, die eine niedrigere Schallgeschwindigkeit haben, gebrochen. Um diese unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten bei der Messung berücksichtigen zu können, muß eine mittlere Wasserschallgeschwindigkeit ermittelt werden. Bei dem Fächersonarsystem *Hydrosweep DS-2* wird die Berechnung einer mittleren Schallgeschwindigkeit durch die sogenannte Kreuzkalibrierung ermöglicht. Zum Senden und Empfangen werden piezo-elektrische<sup>1</sup> Keramikwandler verwendet. Die Wandler sind kreuzweise am Schiffsboden angebracht.

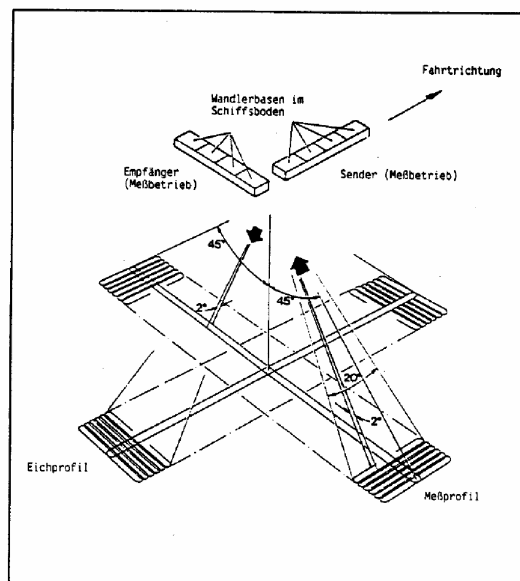


Abbildung 5.1: T-förmig angebrachte Wandler [aus: Schenke, 1992]

Durch die Anordnung der Wandler ist ein Umschalten der Sende- und Empfangsfunktion möglich. Auf diese Weise kann man nicht nur den normalerweise quer zur Schiffslängsachse liegenden Fächer aufnehmen, sondern auch ein um 90° gedrehtes Profil in Längsrichtung des Schiffes messen. Im normalen Messbetrieb wird der Fächer senkrecht zur Fahrtrichtung abgestrahlt und ergibt das sogenannte Meßprofil.

<sup>1</sup>[Gr.-nlat.]: elektrisch durch Druck; piezoelektrischer Effekt: von P. Curie entdeckte Aufladung mancher Kristalle unter Druckeinwirkung



Abbildung 5.2: Wandlerinstallation auf der *FS Polarstern*

Für die Tiefenkalibrierung werden die Tiefenwerte des zentralen senkrechten Strahls weiterverwendet. In regelmäßigen Abständen wird der Strahlenfächer um  $90^\circ$  gedreht, d.h. der Fächer wird nun in Fahrtrichtung abgestrahlt und ergibt das Eichprofil. Die Kreuzfächer-Kalibrierung kann automatisch, in variablen zeitlichen oder räumlichen Abständen, sowie nach einer bestimmten Anzahl von Fächerzyklen eingestellt werden. In einem iterativen Prozeß werden dann die äußeren Schallstrahlen mit den vorher gemessenen Vertikallotungen der gleichen Position verglichen. Dabei wird ein vom Geschwindigkeitsprofil abhängiger Korrekturfaktor ermittelt, mit dem die beiden Werte der Wassertiefe für die gleiche Stelle des Meeresbodens in Übereinstimmung gebracht werden können.

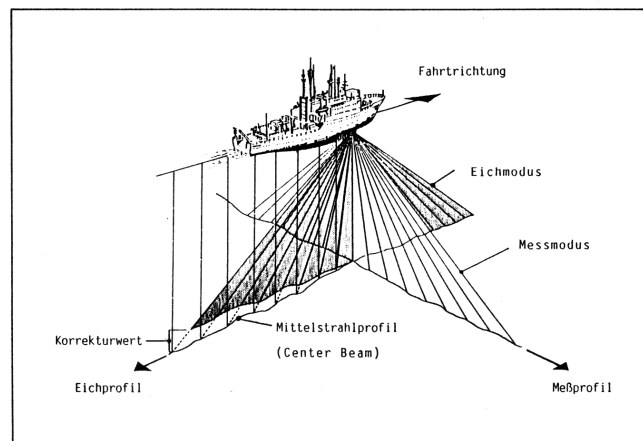


Abbildung 5.3: Prinzip der Kalibrierungsmessung [aus: Schenke, 1992]

Die Bestimmung der mittleren Wasserschallgeschwindigkeit kann auch durch eine CTD-Messung (Conductivity, Temperature, Depth) erfolgen. Dabei wird eine Sonde eingesetzt, die ständig die elektrische Leitfähigkeit, die Temperatur und den Wasserdruck mißt. Aus diesen Meßwerten können für einzelne Tiefenbereiche Wasserschallgeschwindigkeiten abgeleitet werden, die manuell in die Hydrosweep Anlage eingegeben werden können.

### 5.3.3 Positionierung

Der Bezug für die errechneten Tiefen des *Hydrosweep DS-2* Systems zur geographischen Lage wird über die Position aus der Navigation erhalten. Die Positionsbestimmung erfolgt über korrigierte GPS-Daten. Das auf der *FS Polarstern* verwendete Skyfix System von Racal-Survey benutzt 3 geodätische Ashtech Z-12 Zweifrequenz GPS - Empfänger, deren Antennen in der Form eines gleichseitigen Dreiecks (Seitenlänge ca 2.5m) an der höchsten Stelle des Schiffes installiert sind. Das Interface für die Übermittlung der Daten der Referenzstationen bildet der Inmarsat-Satellit. Die DGPS Positionen werden dann von dem an Bord der *FS Polarstern* installierte COMPASS System berechnet und an die Navigationsanlage ANP2000 der Firma Atlas Elektronik weitergegeben. Die Navigationsanlage ANP2000 ist seit 1993 an Bord der *FS Polarstern* wurde jedoch im Winter 2000 von dem System NACOS (Integrated Navigation and Command System von SAM Electronic) ersetzt. Da jedoch die Daten dieser Arbeit noch mit dem alten System erfasst worden sind, wird hier nicht näher auf das NACOS System eingegangen. Die ANP2000 verarbeitet interaktiv Positionsdaten verschiedener Sensoren und liefert dem *FS Polarstern* eigenen Datenerfassung- und Verteilungssystem PODEV im Sekundenabstand die sogenannte System Position. Aus dem PODEV System erhält das *Hydrosweep* die Positionsdaten. Die Koordinatenbestimmung der einzelnen Fächerelemente erfolgt über diese Schiffsposition und den rechtweisenden Kurs des Schiffes, der durch geographisch Nord und die Kielrichtung definiert wird. Die Transformation des lokalen Systems in geographische Koordinaten erfolgt über die Abstände der Flächenkompartimente zur Schiffslängsachse und den rechtweisenden Kurs des Schiffes, der durch den Kreiselkompass gemessen wird (Abb. ??).

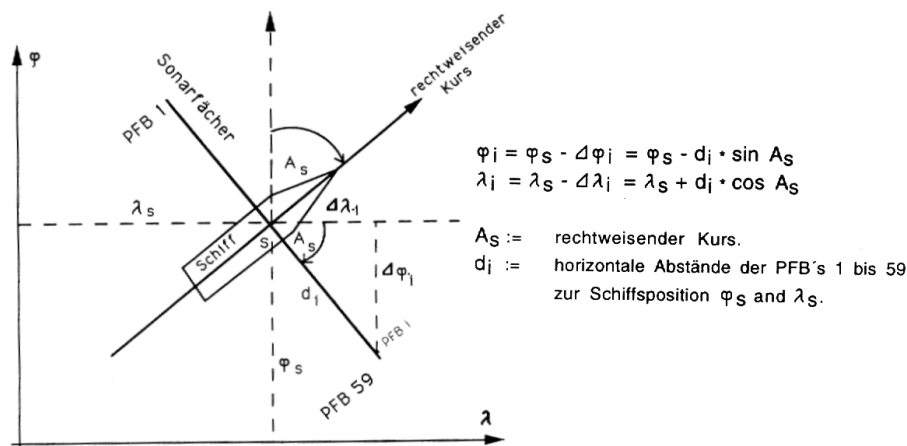


Abbildung 5.4: Koordinatenberechnung [aus: Schenke, 1992]

Bei dem Fächerecholot *Hydrosweep* erhält jeder Meßdatensatz des Fächers 59 Koordinatensätze für Länge, Breite und Tiefe. Der zeitliche Meßabstand hängt dabei von der Wassertiefe und der Rechnerzeit im Steuerungsrechner ab. Bei 3000m Wassertiefe ist



der zeitliche Meßabstand ca. 10 Sekunden, bei einer Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes von 10 Knoten ist das eine Distanz von 50m. Das Flächenkompartiment eines PFB beträgt bei dieser Tiefe 100m, somit ergibt sich ein Seitenverhältnis von 1:2.

### 5.3.4 Sidescan Sonar Funktion

Wie bereits erwähnt bietet das *Hydrosweep DS-2* auch eine Funktion der Sidescan Sonar Darstellung. Die Bestimmung der Daten erfolgt durch einen speziellen Algorithmus in der Signalverarbeitung der Hydrosweep Rohdaten, der die Amplitudendaten in ein Sidescan Bild umwandelt. Für jeden Strahl wird die Einhüllende der Signale des Hauptechos als Zeitreihe hochauflösend abgetastet und abgespeichert. Mit Hilfe eines speziellen Filters *Max PFB Amplituden - Filter*, der die Eigenschaften (Winkel, Verstärker) der einzelnen Strahlen berücksichtigt, werden dann die Signale aller Strahlen zu einer Einhüllenden für den ganzen Fächer zusammengesetzt, die einem üblichen Sidescan Sonar Signal entsprechen.

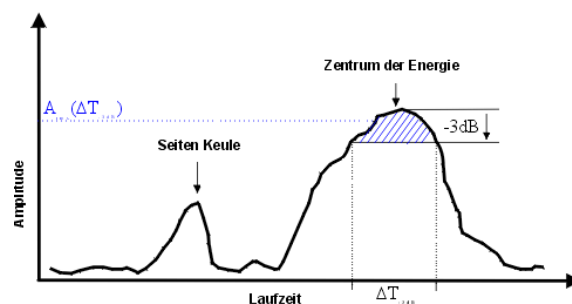


Abbildung 5.5: Typischer Amplitudenverlauf eines Beams [aus: ALTAS Elektronik, 1993]

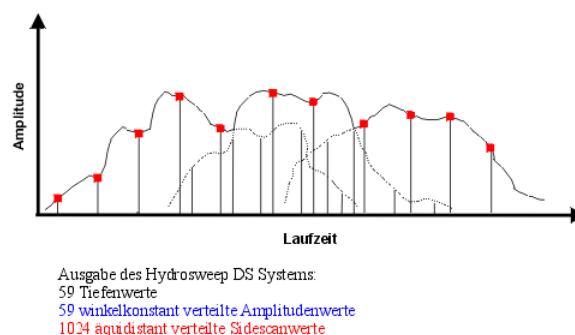


Abbildung 5.6: Erzeugung des Sidescan Bildes durch den Max-PFB Algorithmus [aus: ALTAS Elektronik, 1993]

Aus den bathymetrischen Daten werden die Abstände der bestrahlten Flächen des Meeresbodens zur Senkrechten ermittelt. Mit Hilfe dieser Daten kann das Sidescan Bild geometrisch korrigiert werden. Die Refraktionskorrektur erfolgt mit den aktuellen Wasserschallgeschwindigkeiten in der Wassersäule und an den Wandlern. Als Ergebnis erhält man eine lagegenaue Sidescan Darstellung. Eine Sidescan Darstellung enthält

flächenhafte Informationen über die zurückgestreute Schallenergie am Meeresboden. Dadurch können morphologische Strukturen bei seitlicher akustischer Beschallung, entsprechend der Auflösung von 1024 pixel innerhalb des Meßfächers, in ihrer Lage sehr exakt erkannt werden. Zum leichteren Verständnis wird hier das Meßprinzip und die Darstellung der Sidescan Daten von geschleppten Sonar Systemen erläutert.

Sidescan Sonar Systeme dienen der Erfassung der Meeresbodentopographie. Die meisten Systeme bestehen aus einem geschleppten System mit Sender und Empfänger. Diese Geräte sind nicht fest im Schiffsrumpf installiert, sondern in einem Gehäuse, einem sogenannten Fisch, untergebracht.

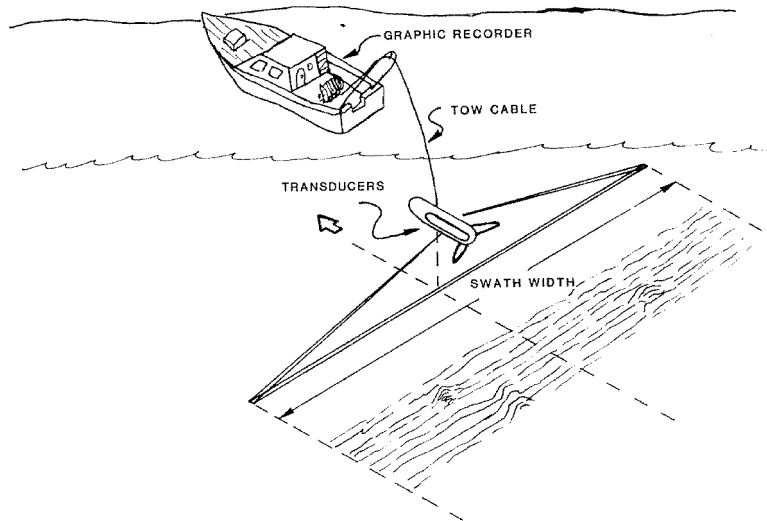


Abbildung 5.7: Geschlepptes Sidescan-Sonar

Als Träger für die Schwingeren (Wandler) dient ein hydrodynamischer Schleppkörper, auch Fisch genannt. Senkrecht zur Schlepprichtung des Fisches werden synchron nach Back- und Steuerbord Ultraschallwellen erzeugt. Das fächerförmige Schallfeld erfaßt nach jeder Impulsgebung einen schmalen Meeresbodenstreifen und generiert aus der Laufzeit und der Echoenergie eine Bildzeile. Die von dem Gerät aufgenommenen Daten werden unmittelbar über ein Verbindungskabel in den Computer des Schiffes eingespeist, wo sie sofort verarbeitet werden können. So können Strukturmerkmale sofort erkannt und eventuell bearbeitet werden.

Der Aufbau des Bildinhaltes wird von der Echosignalstärke bestimmt. Es ist abhängig von der Intensität des ausgehenden Signals, dem Absorptionsverlust während der Laufzeit und den Reflexionseigenschaften des erfaßten Bodenelements (engl. target). Die Echosignalstärke wird zudem noch von der Neigung des Targetbereiches zum Schwin- ger, also durch die Topographie beeinflusst. Je geringer bei gleichen Target der Einfallswinkel ist, desto stärker ist das Echosignal. Nach Aussendung der Ultraschallimpulse wird zunächst kein Echo empfangen. Die zeitlich erste Information in der Bildzeile erzeugt das Echo direkt unter dem Sensor liegenden Meeresboden, den sogenannten Grundreflex. Die Intensität dieses Signals ist im allgemeinen sehr hoch, weil wegen des Einfallswinkels nahezu die gesamte Schallenergie zum Sensor reflektiert wird. Die nachfolgenden Echos kommen von weiter entfernt liegenden Punkten. Dabei treten wiederum Bereiche auf, von denen nichts empfangen wird. Es handelt sich hier um Gebiete, die im Schallschatten größerer Objekte wie z.B. Felsbrocken liegen. Man kann eine Sonaraufnahme auch mit einer Negativdarstellung vergleichen (Abb. ??).

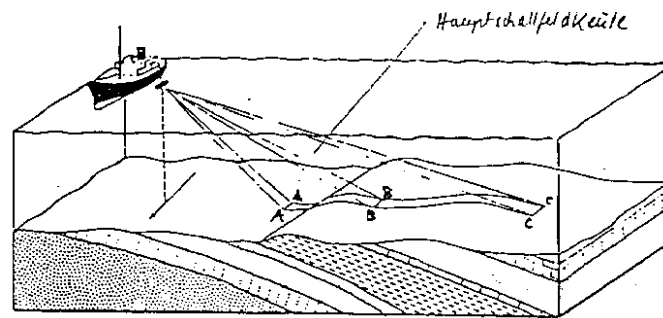


Abbildung 5.8: Aufnahmeprinzip eines Side-Scan-Sonars

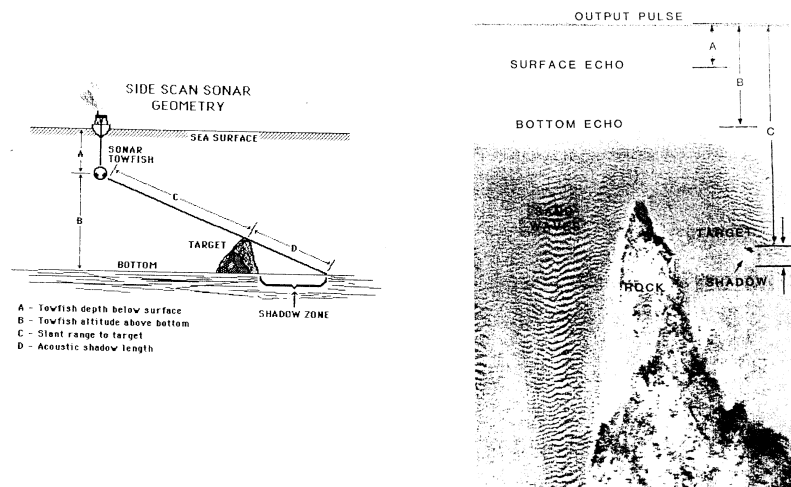


Abbildung 5.9: Schematische Darstellung einer Sonaraufnahme

### 5.3.5 Meßdatenqualität

Die Qualität der Daten einer Fächerecholotmessung hängt zum größten Teil von den Rückstreuungseigenschaften des Meeresbodens, dem Störpotential des Schiffes und von den hydroakustischen Verhältnissen in der Wassersäule entlang des Schallstrahls ab. Die Fächersonarmessungen sind starken Fehlereinflüssen unterworfen, die einen zufälligen und systematischen Charakter aufweisen. Im folgenden sind bekannte Fehler, die eine Fächersonarmessung aufweist, zusammengestellt [Schenke, 1992].

#### **Systematische und Zufällige Fehler**

Roll- und Stampffehler  
Refraktionsfehler der Schrägstrahlen  
Orientierungsfehler der Wandler-elemente  
Positionsfehler des Schiffes  
Höhenfehler  
Kreisel- oder Richtungsfehler

Omega-Effekt  
Tunnel-Effekt  
Gierfehler  
Interferenzen durch Schiffs-Noise  
Interferenzen durch andere hydroakustische Meßsysteme  
Fehler in der Refraktionskorrektur  
Rückstreuungseigenschaften des Meeresbodens  
Eindringen des Vertikalbeams in den Meeresboden

#### **Äußere Störungen der Messung**

Luftblasen  
Eisbrocken  
Hydroakustischer Fremd- und Eigengeräusche

Die Meßgenauigkeit der absoluten Tiefe wird vom Hersteller STN Atlas mit 0.5% der Wassertiefe angegeben [aus: STN ATLAS 1997].

# Kapitel 6

## ROV und MG

### 6.1 Remote Operated Vehicle



Abbildung 6.1: Foto des AWI eigenen Unterwasserfahrzeuges [Foto: O.Krüger]

„ein Bild sagt mehr als Tausend Worte“, dieses Motto kennzeichnet das Grundkonzept aller Einsätze des AWI eigenen ferngesteuerten Unterwasserfahrzeuges ROV (Remote Operated Vehicle). Das ROV dient dem Beobachten, einer nach wie vor wichtigsten naturwissenschaftlichen Methode. Es wird eingesetzt, wenn sich keine alternativen Methoden anbieten. Zwar kann der Mensch über Messsonden in das Meer „sehen“, aber diese Methode ist extrem eingeschränkt. Taucher können nur einen kleinen Teil der Schelfmeere erreichen, und der Einsatz bemannter Tauchboote ist sehr riskant und aufwendig.

Geräteaufbau:

Das AWI eigene ROV-System „Sprint 101“ besteht aus :

- Fahrzeug 60x60x60cm , 100kg in Luft
- Unterwasserwinde (Cage) mit 150m Schwimmkabel
- Winde
- Steuereinheit

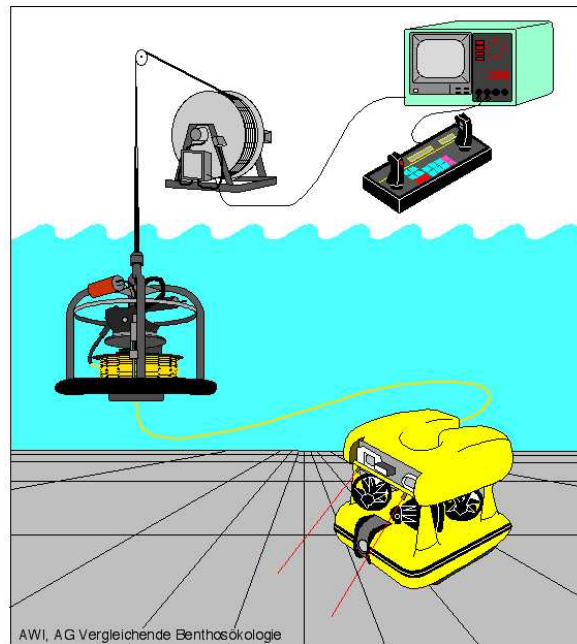


Abbildung 6.2: Funktionsweise des ROV's

Das Fahrzeug selbst ist mit fünf Strahlrudern, einem Kompass, einem Tiefensensor, zwei Videokameras (Restlicht Schwarz-Weiß und Farbe), einer Standbildkamera, schwenkbaren Lampen und Abtastern ausgerüstet. Zwei Laserstrahler versehen die Bilder mit einem Maßstab. Sie erzeugen zwei 34cm voneinander entfernte Punkte, die auf den Bildern als rote Punkte erscheinen.

Das Fahrzeug ist mit der Unterwasserwinde in einem Gehäuse (engl. Cage) über ein 150m langes Schwimmkabel verbunden. Die Unterwasserwinde wiederum ist mit dem Schiff über ein Spezialkabel auf einer Standardschiffswinde verbunden. Die Kameras und die Bewegungen des Fahrzeuges werden von der Steuereinheit, bestehend aus zwei Joysticks und einem Online Videobildschirm, überwacht.

Angedockt an der Unterwasserwinde, geschützt durch das Gehäuse, wird das Fahrzeug zum Meeresboden gefiert. Ungefähr 20m über dem Meeresboden erfolgt das „Aussteigen“ des Fahrzeuges aus dem „Cage“. Das mechanisch geslipte Fahrzeug kann sich jetzt in einem Aktionsradius von 150m um die Unterwasserwinde frei bewegen.

Um einen genauen unverfälschten Schnitt zu erlangen, driften Fahrzeug und Unterwasserwinde, und das Schiff treibt bzw. macht sehr langsame aktive Fahrt. Eine aktive Bewegung erfolgt nur, um Hindernissen auszuweichen oder um gezielt Bilder von interessanten Objekten auf dem Meeresboden zu machen. Um hochauflösende Bilder zu bekommen, kann eine sehr geringe Höhe (ca. 20cm) über den Meeresboden eingenommen werden. Auf jeder Station können zusätzlich zu den Videoaufzeichnungen bis zu 100 Fotos geschossen werden [Gutt et al. 1999].

Das im Bild Festgehaltene muß nun in wissenschaftlich nachvollziehbare Daten umgewandelt werden. Dabei ist es von großem Vorteil, daß quantitative Daten mit hoher räumlicher Auflösung gewonnen werden. Auf den kilometerlangen Schnitten (ca. 1,5km) gibt es für jede Stelle einzelne Werte, die als Foto- oder Videosequenz selbst eine hohe Informationsdichte haben. Die Ergebnisse können somit in breiter angelegte ökologische Konzepte oder in großräumigen Vergleichen eingebunden werden.

Die Länge eines ROV-Schnitts dauert ungefähr 110min und ist durchschnittlich 1,5km. Die Länge wird durch die Drift bzw. durch eine sehr langsame aktive Geschwindigkeit des Schiffes vorgegeben. Die Breite ist durchschnittlich 50cm und wird durch zwei parallele Laserstrahlen, die das Bild, wie oben erwähnt, mit einem Maßstab versehen, markiert. Unter diesen Bedingungen und unter Berücksichtigung der optischen Auflösung der Kamera können alle Organismen, die größer als 1cm sind, bestimmt werden [Gutt et al., 1997].

#### Anwendungsgebiete:

Das Fahrzeug kann in bis zu 600m Wassertiefe eingesetzt werden. Es kann unabhängig von seegangsbedingter Schiffsbewegung präzise und sicher gesteuert werden. Das ROV kann auch im flachen Wasser oder unter dem Meereis eingesetzt werden, um zum Beispiel die Pancakeeisbildung zu untersuchen, wie es während der Expedition *EASIZ III* (2000) der Fall war. Der Einsatz des Fahrzeuges trägt ganz besonders dem Natur- und Umweltschutzgedanken in sensiblen Polargebieten Rechnung. Am AWI wird mit dem ROV unter anderem der Zusammenhang zwischen Eisbergstrandungen und biologischer Vielfalt am Meeresboden untersucht.

## 6.2 Mehrfachkastengreifer

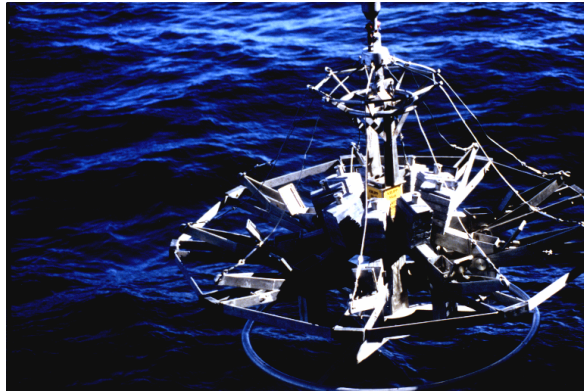


Abbildung 6.3: Mehrfachkastengreifer [Foto: D.Gerdes]

Der Mehrfachkastengreifer (MG) (engl. Multiboxcorer) wurde Ende der 80 ziger Jahre als Teil des Euromarprojektes in Zusammenarbeit zwischen der Firma MAK Krupp Maschinenbau GmbH Kiel und dem AWI projektiert und hergestellt. Erstmalg zum Einsatz kam er 1988 während der Expedition ANT VI-3 mit der *FS Polarstern*.

### Funktionsweise:

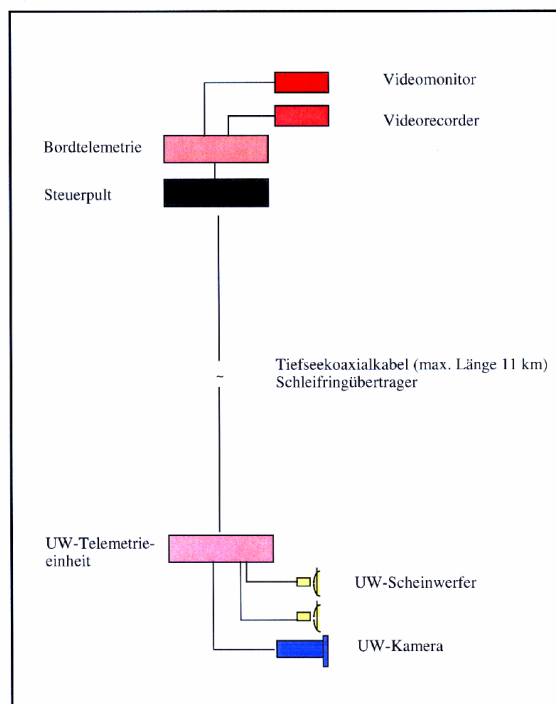


Abbildung 6.4: Funktionsweise des Mehrfachkastengreifers

Der Mehrfachkastengreifer besteht aus neun Einzelboxen mit Schereinrichtung, die an einem runden Rahmen von 2m Durchmesser um einen zentralen Schaft angebracht sind.



Jede Box mißt 12 x 20 x 45cm. Die Scherhebel lassen sich für einen leichteren Transport und Lagerung hochknicken und sind gegen Beschädigung durch einen Ring geschützt. Der Greifer besteht aus Nirostahl, steht auf einem Metallrahmenring und wird an einer Einleiterkabelwinde ausgesetzt. Abhängig vom Sedimenttyp können Ballastplatten bis zu 36kg für jede Corerbox angebracht werden, was zu einem Totalgewicht von 1620kg und zu einem Gesamtgewicht von 2068kg führt. Auf dem Weg zum Meeresgrund sind Einleiterdraht und Rahmen über einen speziellen Haken auf der einen und Topphaken auf der anderen Seite verbunden. Wenn der Bodenring den Meeresboden berührt, löst sich der Spezialhaken automatisch und die Kernkästen durchdringen das Sediment, unterstützt durch das Gewicht des Rahmens. Neun Kerne mit einer Oberfläche von  $0,22m^2$  können gewonnen werden, zusammen etwa  $2,3m^2$  Meeresboden.

In der ersten Phase des Anhiebens werden alle Scherhebel, die über einen Draht mit dem Spezialhaken verbunden sind, aktiviert. Die Sedimentproben werden aus dem Meeresboden herausgeschnitten und durch die Schereinrichtung abgedichtet. Zur gleichen Zeit fallen die Deckklappen für jeden Kasten zu und sichern die ungestörte Bergung des Greifers. Zurück an Bord wird der Greifer auf einem Bodengestell abgesetzt und gesichert. Schließplatten unter jedem Kasten werden eingesetzt und der Schermechanismus wird zurückgezogen. Dann können die Kästen zur weiteren Auswertung entnommen werden.

Das Unterwasservideosystem ermöglicht es, kontrolliert benthische Organismen zu sammeln. Die Unterwasserbestandteile des Systems bestehen aus einer Kamera, zwei Lampen und einer Unterwasserelektronikeinheit, die auf den Rahmen des Greifers montiert sind. Die Überwasserkontrolleinheit bildet ein Fernsehbildschirm, ein Videokassettenrecorder und ein Personalcomputer, welcher das System über ein einfaches Menü kontrolliert. Für die Arbeit in großen Tiefen, wie auf *FS Polarstern*, wurden die Unterwasserbestandteile mit einem Tiefseekoaxialkabel verbunden, welches die Aufgabe der zweiseitigen Übertragung der Kontrolldaten, der Übertragung des Videosignals und der Stromversorgung des Unterwasserteils erfüllte.

#### Anwendungsgebiete:

Der Mehrfachkastengreifer liefert neun Proben über ein Probengebiet von 2 bis  $3m^2$ . Im Vergleich zum Einzelgreifer kann der Mehrfachkastengreifer eine größere Menge zuverlässiger Daten verschaffen. Diese Daten ermöglichen einen Einblick in die räumliche Vielfalt von makrobenthischen Organismen. Mit einem Videosystem ausgerüstet kann der Greifer gezielt und ökonomisch Sediment- und Makrobenthosproben bis zu einer Tiefe von 5000m sammeln. Schon auf der ersten Reise wurden dem mit Video ausgerüsteten Mehrfachkastengreifer höherer Informationsgehalt und verbesserter Datenfluß bescheinigt. Er lieferte neben Informationen über den Lebensraum als Ganzes auch Details betreffend dem Verhalten der Organismen und über Wechselbeziehungen und Verhältnisse der Organismen untereinander und mit der Umwelt [Gerdes, 1990].

# Kapitel 7

## Aufbereitung der Meßdaten

### 7.1 Datenfluß

Die Daten werden während der Messung mit dem Fächerecholot *Hydrosweep DS-2* online in einem Rohdatenformat abgespeichert. Zur Navigations- und Tiefeneditierung werden die Daten in das SURF-Format konvertiert. Es ist sinnvoll, die Daten auf eine Wasserschallgeschwindigkeit von 1500m/s zu normieren, um diese mit den von anderen Echoloten aufgenommenen Daten vergleichen zu können. Dabei wird nur eine Horizontverschiebung vorgenommen und keine weitere Refraktionskorrektur angebracht. Die nun in dem HYD-Format vorliegende Daten können in ein XYZ-Format gebracht werden und sind somit für weitere Bearbeitungs- und Visualisierungsprogramme wie z.B. *Caris* oder *ArcInfo* kompatibel. Eine ausführliche Beschreibung des Datenflusses kann man in der Diplomarbeit von Sven Christen Kap. 5.1 nachlesen.

### 7.2 Navigationseditierung

Bei ungenauer Position werden Tiefenwerte einer falschen Position zugeordnet und es ergeben sich daraus abgeleitet falsche Lagepositionen der Tiefenlinien des Meeresbodens. Daher müssen die Fächersonardaten, bevor sie weiterverarbeitet werden, zunächst entsprechend überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Versätze in den Navigationsdaten (engl. Offsets) können durch verschiedene Ursachen zustande kommen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Die Navigationseditierung der Meßdaten ANTXVII/3 wurden bereits auf der *FS Polarstern* mit dem auf der HP-Workstation pstern2 installierten Programmsystem Altas HYDROMAP OFFLINE durchgeführt. Diese Programm bietet verschiedene Möglichkeiten, die Navigationsdaten zu editieren und korrigieren. Die Daten des Fahrabschnitts ANTXV/3 mußten nachträglich im Institut bereinigt werden, da während der Fahrt im Jahr 1998 die Daten nur im Rohdatenformat abgespeichert wurden. Es stand keine Fachkraft der Bathymetrie zur Aufbereitung der Daten zur Verfügung .

## 7.3 Tiefenlinienbereinigung mit Caris HIPS 5.1a

### 7.3.1 Beschreibung des Programms

Die Tiefeneditierung erfolgte mit dem Programm CARIS HIPS 5.1a. (Hydrographic Information Processing System). Die Version 5.1a funktioniert im Gegensatz zu früheren Versionen nicht auf dem UNIX System, sondern es arbeitet auf der WINDOWS Ebene. Das Programm bietet die Möglichkeit, ein Grid zu berechnen und somit die Daten für eine gezieltere Bereinigung als beleuchtet farbige Reliefdarstellung aufzuarbeiten.

Im Tiefeneditor hat man verschiedene Darstellungsarten, die man beliebig an- oder abwählen kann. Um die Daten im einzelnen genauer betrachten zu können, sind die Tiefendaten farblich unterschiedlich (Backbord rot und Steuerbord grün). Die Daten, die editiert werden (engl. rejected), werden grau unterlegt. Sie werden nicht gelöscht, sondern markiert und bei weiteren Anwendungen nicht mit einbezogen. Editierte Daten können jederzeit wieder mit dem Befehl „accept“ in die Messung zurückgebracht werden. Abbildung ?? veranschaulicht die Tiefenlinieneditierung.

Für die Automatische Datenbereinigung stehen in CARIS HIPS 5.1a verschiedene Funktionen zur Auswahl. Bei großen Datenmengen bietet der *Swath Filter* (Kap. ??) die Möglichkeit, automatisch Fehler zu bereinigen. Er kann auf das gesamte Gebiet angewandt werden, für einzelne Profile oder sogar einzelne Bereiche. Desweiteren gibt es eine Option *Surface Cleaning*, bei der mit Hilfe einer Oberflächenberechnung aus benachbarten Daten die Meßdaten verglichen und bereinigt werden (Kap. ??).

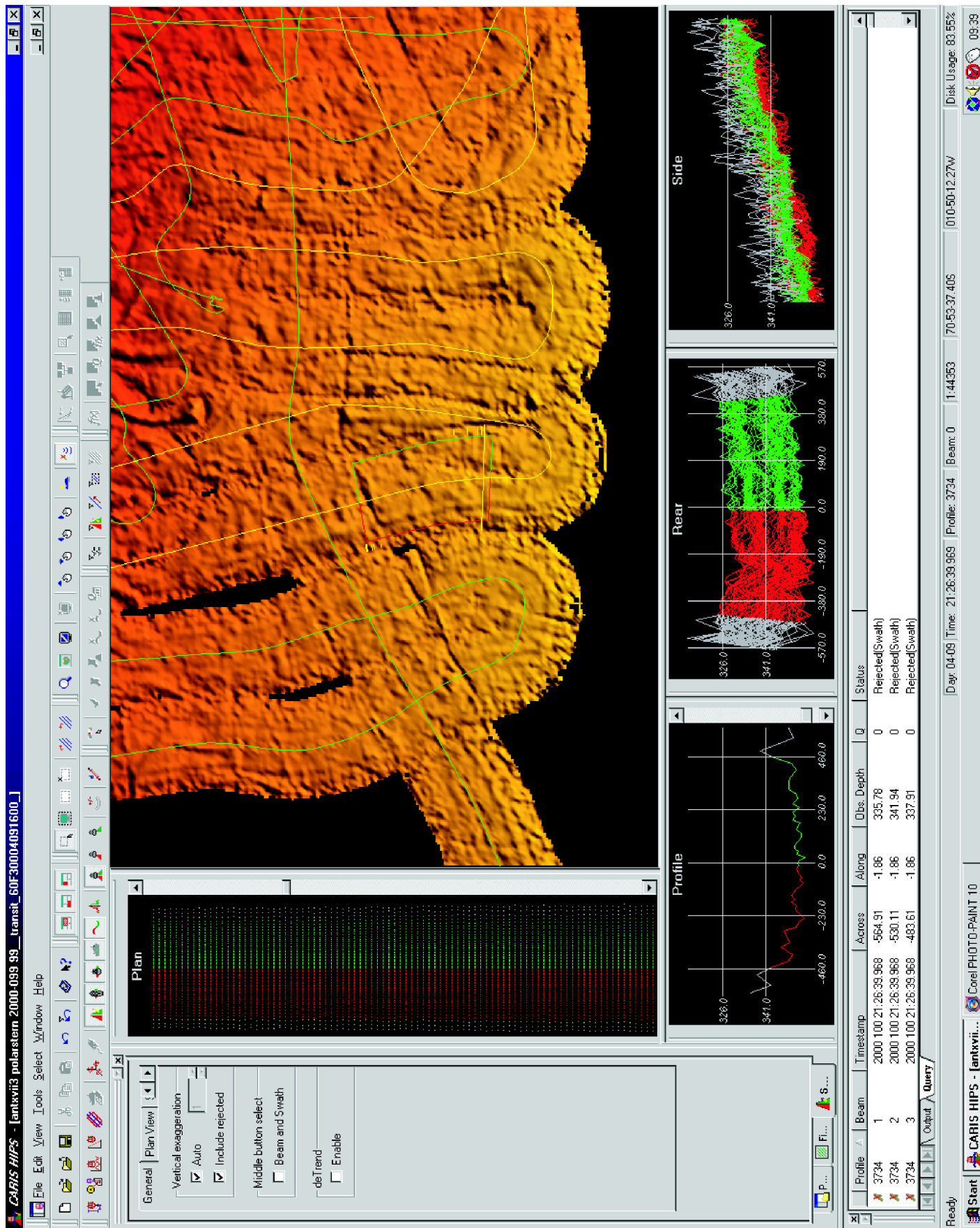


Abbildung 7.1: Tiefeneditierung mit CARIS-HIPS (25m Grid)

### 7.3.2 Swath Filter Einstellungen für das Untersuchungsgebiet

Für das Gebiet Austaasen wurden folgende Filtereinstellungen im gesamten Meßgebiet gewählt (Abb ??):

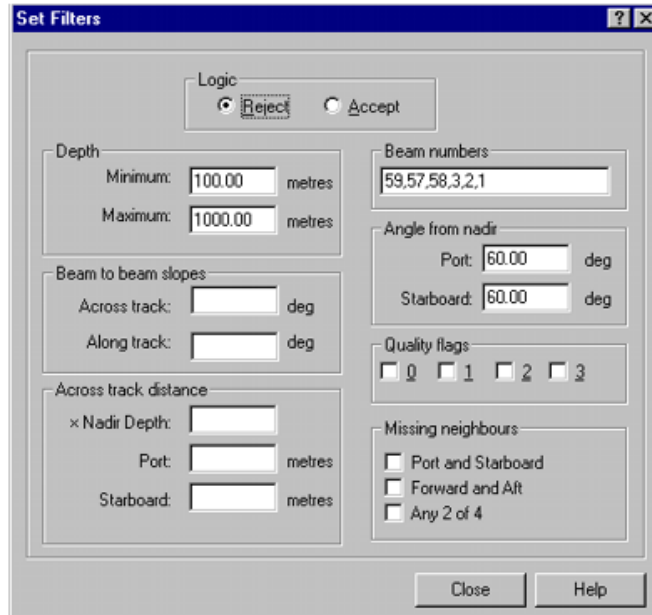


Abbildung 7.2: Filtereingaben des Untersuchungsgebietes

Erläuterung der Einstellungen:

- Die Wassertiefen im Untersuchungsgebiet waren zwischen 100m und 1000m, alle anderen Tiefen können daher ausgeschlossen werden.
- Die äußeren Beams bei Fächerecholotmessungen sind meist von schlechter Qualität und können daher editiert werden, hier wurden jeweils die äußeren 3 Beams gefiltert.
- Der Winkel vom Nadir definiert sich durch den Öffnungswinkel während der Messung, hier 120°. Jeder Beam, dessen Winkel weiter als 60° ist, kann als falsch gefiltert werden.

Die Abbildung ?? zeigt die Editierung einer fehlerbehafteten Tiefe.

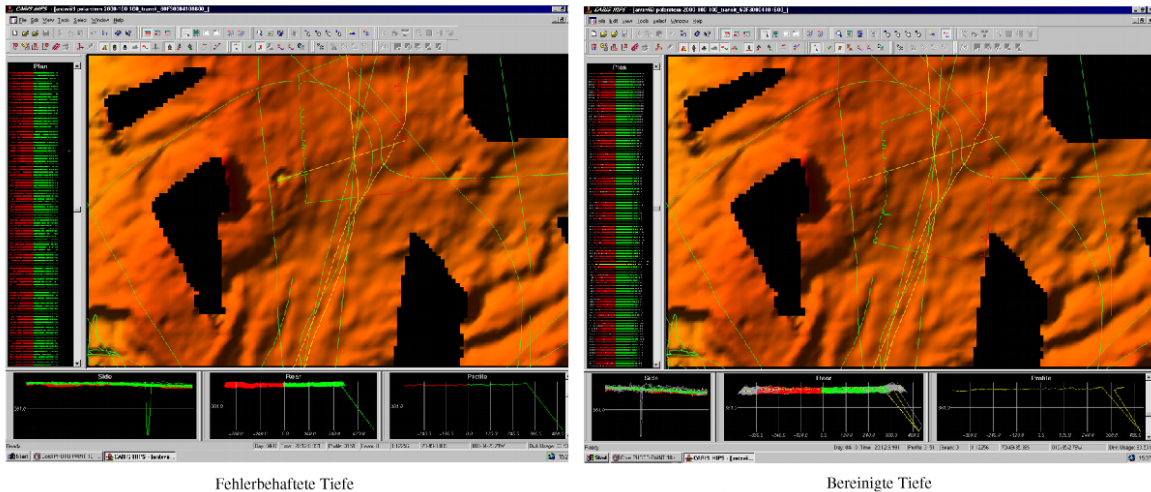


Abbildung 7.3: Tiefeneditierung mit Caris HIPS 5.1a

Für einzelne Profilschnitte wurden zusätzlich die Filter *Beam to beam slopes* und *Across track distance* benutzt. Bei der Wahl der Winkel muß man die Meßpunktdichte berücksichtigen sowie die Struktur der Topographie. Die Dichte der Meßpunkte hängt ab von :

- der Geschwindigkeit des Schiffes
- der Wassertiefe.

In dem Meßgebiet war die Topographie weitestgehend eben, lediglich der Teil, der in die Tiefseeebene reicht, hat eine steilere Topographie und größere Wassertiefen. Je dichter die Punkte zusammenliegen, desto größer kann der Winkel für die Bereinigung gewählt werden. Dabei muß jedoch darauf geachtet werden, daß die Punktdichte in Fahrtrichtung abhängig ist von der Fahrtgeschwindigkeit und der Wassertiefe, während die Punktdichte quer dazu nur von der Wassertiefe abhängig ist. Folgende Filtereinstellungen wurden für die einzelnen Meßbereiche verwendet:

Topographie	Punktdichte	Beam to beam slope (across)	Beam to beam slope (along)	x Nadir depth	Angel from Nadir (port - starbord)
flach	niedrig	25°	25°	3.5	60°
steil	niedrig	30°	30°	3.5	60°
flach	hoch	25°	50°	3.5	60°
steil	hoch	40°	60°	3.5	60°

### 7.3.3 Surface Cleaning im Untersuchungsgebiet

Beim *surface cleaning* werden mit Hilfe von Statistikansätzen die Tiefendaten bereinigt. Die angewählten Datensätze werden in sogenannten Tiles (Kacheln) unterteilt. Bei der Definition der Tiles hat man unterschiedliche Eingabemöglichkeiten. Aus benachbarten Datenpunkten in diesen einzelnen Tiles wird eine Oberfläche erzeugt und diese wird mit den Meßdatenpunkten verglichen. Passen die Datenpunkte nicht zu dieser Oberfläche, so werden sie verworfen (rejected). Die Oberflächenbereinigung arbeitet mit einer iterativen Berechnung einer polynomialen Oberfläche. Man kann zwischen fünf verschiedenen polynomialen Oberflächen wählen [Caris 2000]. Dadurch, daß die Oberfläche nicht exakt zu allen Datenpunkten in diesem Tile paßt, entsteht eine Differenz zwischen den gemessenen Datenpunkten und denen, die aus der Oberflächenberechnung erzeugt wurden. Aus dieser Differenz wird einer Standardabweichung berechnet. Wenn eine bestimmte Grenze, die sich je nach Meßdatenqualität variabel einstellen läßt, überschritten wird, werden die Daten verworfen.

Für das Untersuchungsgebiet wurden folgende Einstellungen vorgegeben:

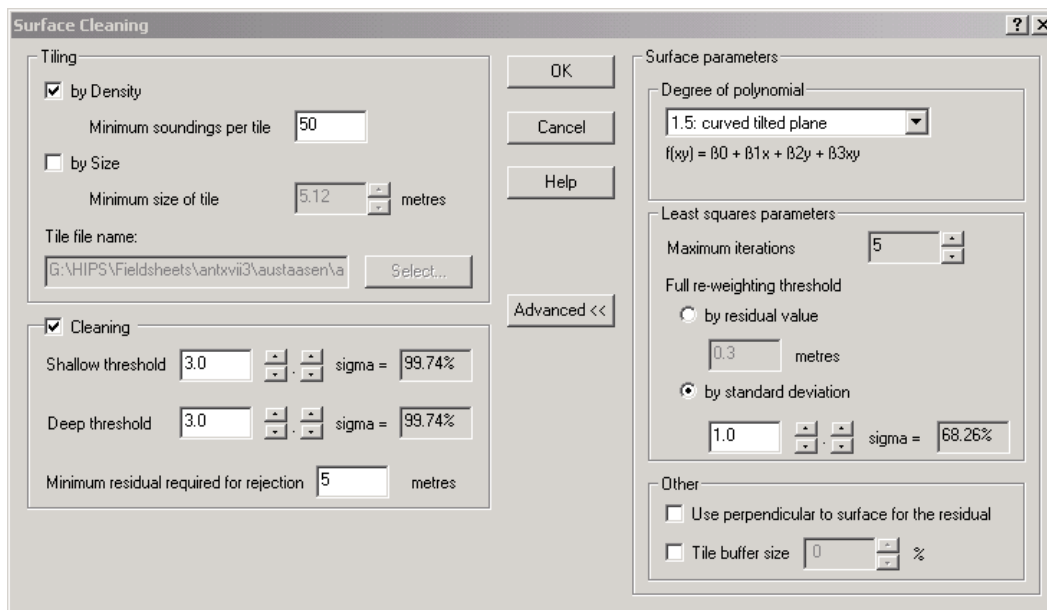


Abbildung 7.4: Einstellungen des Surface Cleaning

Die Abbildung ?? zeigt einen Ausschnitt der auf diese Weise bereinigten Daten. Die grünen Linien sind die Tracklinien. Die Größe der Tiles zeigt die Datendichte. Die Farbintensivität gibt die Menge der verworfenen Daten wieder. Die Abbildung zeigt, daß durch die Bereinigung der Daten mit dem Swath Filter schon die meisten Fehler beseitigt wurden und nur noch ein minimaler Teil mit der Funktion *Surface Cleaning* bearbeitet werden konnte.

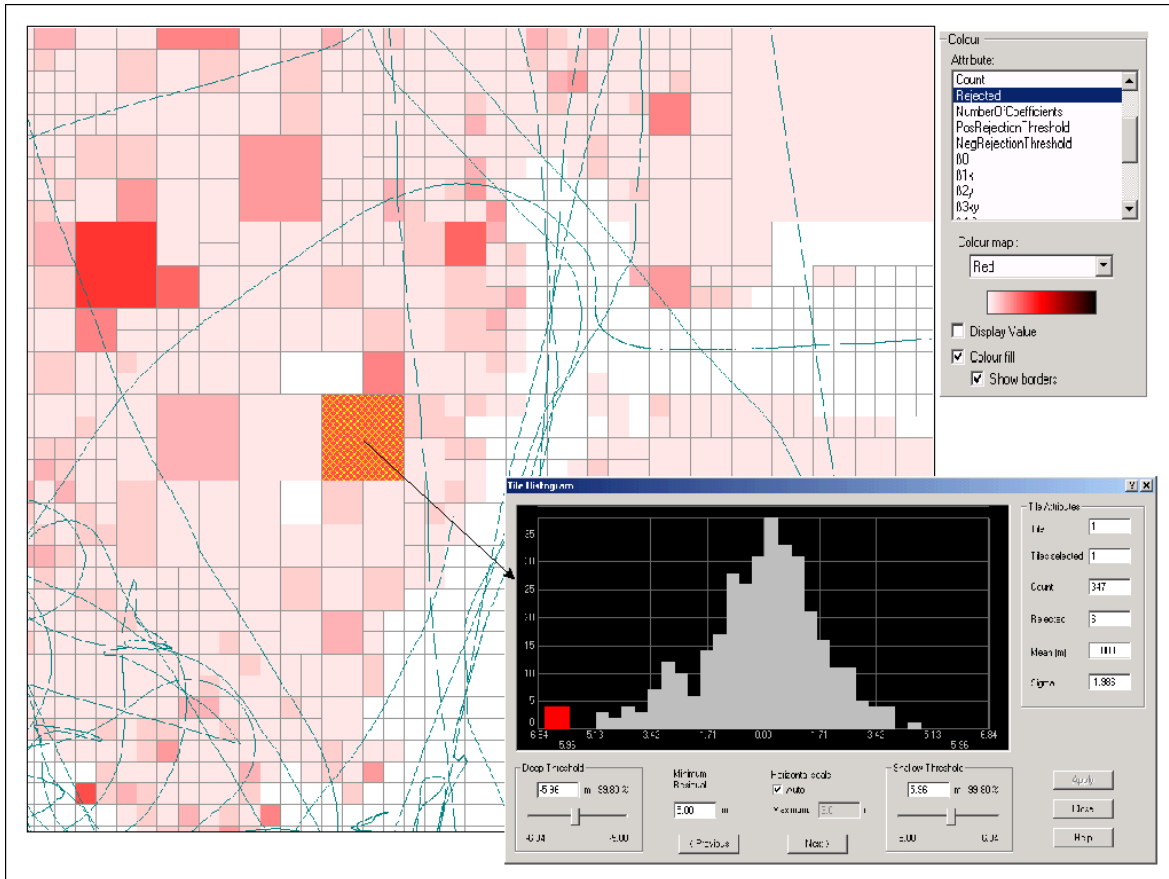


Abbildung 7.5: Ergebnis der Surface Cleaning

### 7.3.4 Line und subset mode

Alle nicht systematischen und einheitlichen Fehler müssen per Hand editiert werden. Diese erfolgt im *line mode* (siehe Abb. ??), wo man jede einzelne Lotung betrachten kann. Es hat sich jedoch gezeigt, daß mit dem Swath Filter schon ein großer Teil der Fehler gefunden und editiert werden konnte. Um schneller Ausreißer und falsche Tiefen erkennen zu können, kann man den *subset mode* wählen. In diesem Modus kann man die Daten benachbarter Profile überlagert vergleichen. Zudem kann man eine Oberfläche mit der Standardabweichung berechnen, so können gezielter Ausreißer aufgedeckt und verworfen werden.



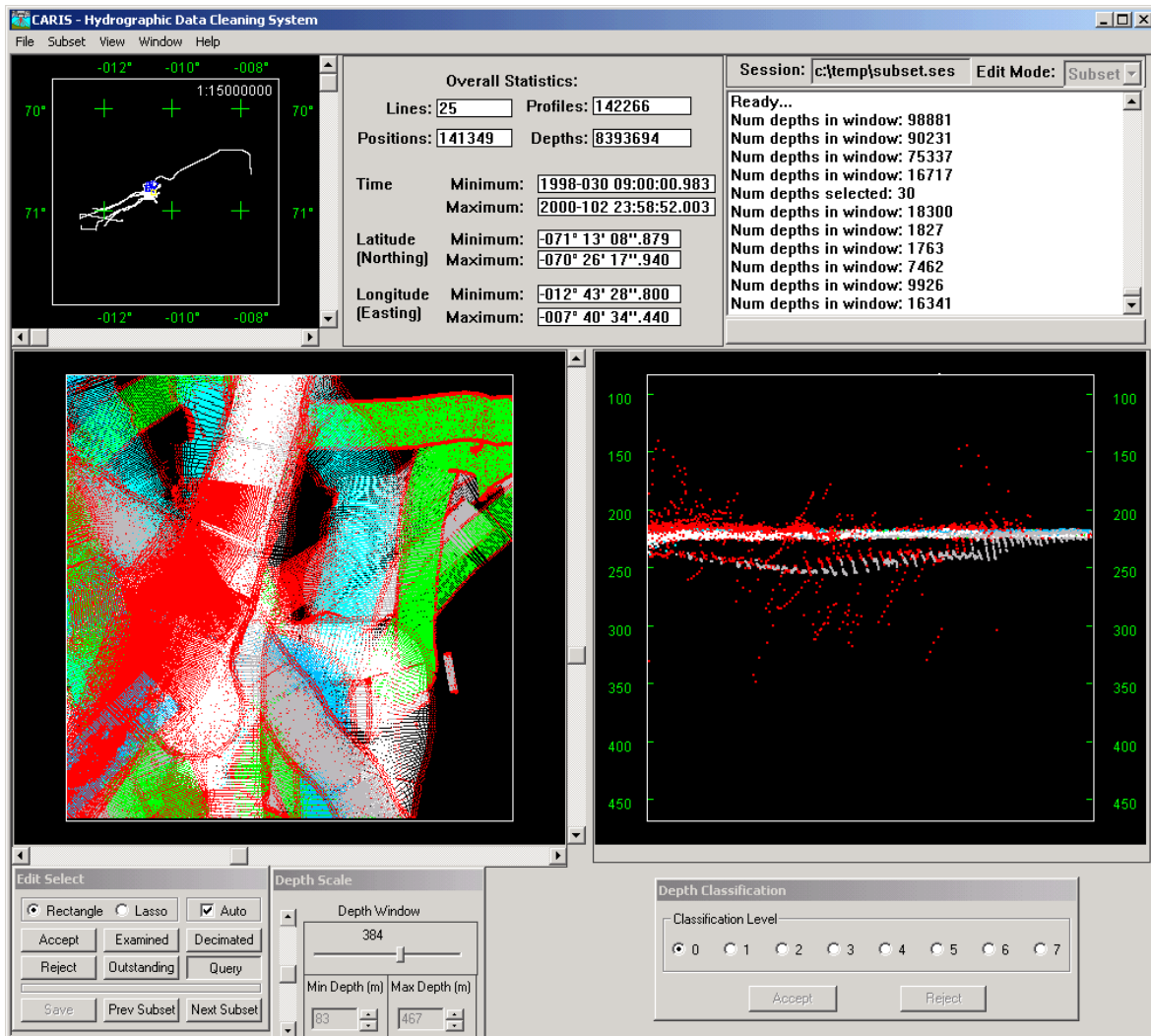


Abbildung 7.6: Subset Mode

Zur interaktiven Tiefeneditierung im *subset mode* stehen im wesentlichen 2 Fenster zur Verfügung (Abb.??). Im linken Fenster wird eine Aufsicht der Profile dargestellt, wobei sich die unterschiedlichen Profile farblich unterscheiden. In diesem Fenster kann mit einer Box ein Bereich ausgewählt werden, der dann in dem rechten Fenster dargestellt und editiert wird. Die roten dargestellten Punkte sind Daten, die bereits editiert wurden. Aus den Daten läßt sich eine Oberfläche mit Standardabweichung berechnen, die im selbigen Fenster durch die Einstellung: *St. Dev. Surface* dargestellt werden kann. Die Abb. ?? zeigt die Darstellung der Standardabweichung.

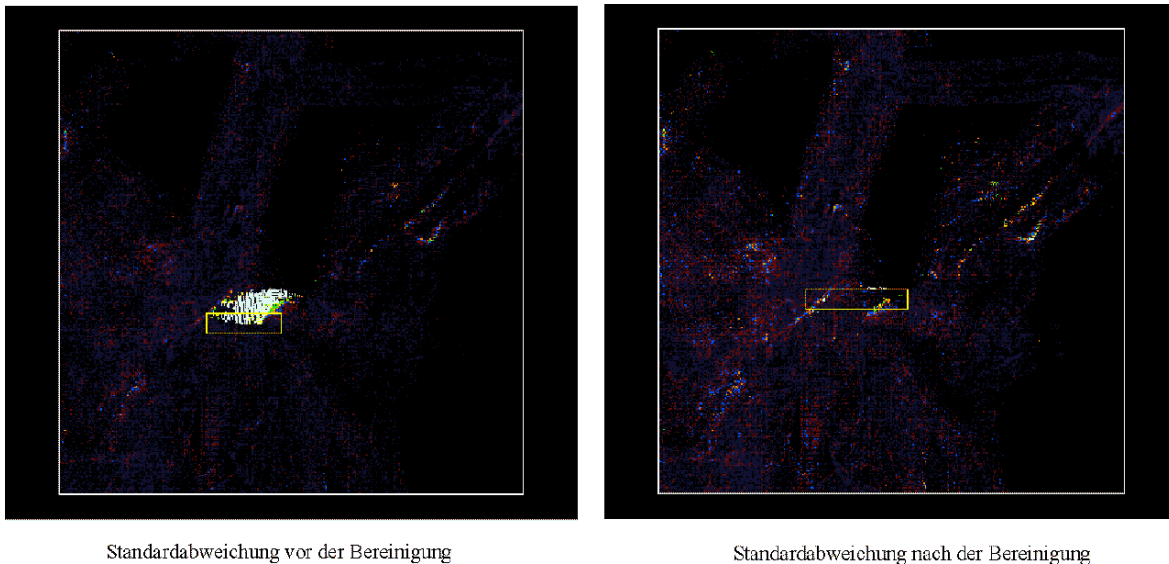


Abbildung 7.7: Darstellung der Standardabweichung im *subset mode*

Die Standardabweichung wird farblich dargestellt. Je heller der Farbton, desto höher ist die Standardabweichung. Man kann hier sehr gut erkennen, daß die Standardabweichung bei dem Profil, welches stark von den anderen Meßdaten abweicht, höher ist als die restlichen Daten und kann hier gezielt die Daten verwerfen.

## 7.4 Digitale Geländemodelle

### 7.4.1 Allgemeines über Digitale Geländemodelle

Digitale Geländemodelle [DGM]:

Eine Art der Visualisierung von Fächersonardaten ist die digitale Darstellung der Daten in einem Geländemodell. Hierbei wird die Geländeoberfläche durch die räumlichen Koordinaten  $x$ ,  $y$ , und  $z$  einer Menge Flächenpunkte dargestellt. Das Gelände, welches in der Bathymetrie der Meeresboden ist, wird also in der Form von räumlichen, rasterförmig angeordneten dreidimensionalen Modellkoordinaten wiedergegeben. Ein DGM kann daher als eine Vereinfachung der realen Geländeform angesehen werden. Die Visualisierung der Daten durch ein DGM erleichtert die Interpretation des Meeresbodens.

### 7.4.2 Berechnung des DGM's

Für die Berechnung eines Digitalen Geländemodells stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Das hier benutzte Programm *Caris* bietet zwei Methoden der Berechnung. Abhängig von der Anordnung der Interpolationspunkte eines Modells unterscheidet man zwischen regelmäßigem (regulärem) und unregelmäßigem (irregulärem) DGM.

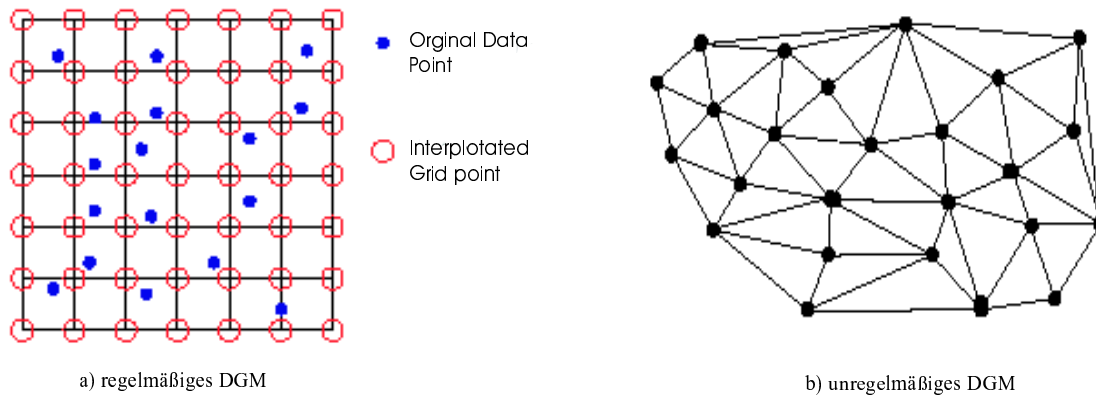


Abbildung 7.8: Gitter eines a) regulären und b) irregulären DGM

### Unregelmäßiges DGM :

Ein unregelmäßiges DGM beschreibt eine Modellrechnung durch Dreiecksvermaschung (Triangulation). Bei dieser Berechnung geht jeder Messpunkt mit in die Messung ein. Es stehen unterschiedliche mathematische Verfahren zur Dreiecksbildung zur Verfügung. Das Programm *Caris* benutzt die *Delaunay Triangulation*. Bei diesem Verfahren gilt es, möglichst gleichseitige Dreiecke mit minimaler Seitenlänge zu bilden.

### Regelmäßiges DGM :

Ein regelmäßiges DGM beschreibt eine Modellrechnung durch eine gleichmäßige gitterförmige Anordnung der Interpolationspunkte (Gitter- oder Rasterpunkte). Die Rasterpunkte werden über unterschiedliche mathematische Ansätze aus den Meßdaten abgeleitet. Im Gegensatz zur Triangulation wird hier zwischen dem Stützpunktfeld und den Interpolationspunkten unterschieden.

### Anwendung der DGM's:

In der Hydrographie ergibt die Dreiecksvermaschung bessere Ergebnisse, wenn die Meßdaten linienhaft bzw. ungleichmäßig verteilt sind, wie es bei Messungen von Einzelecholoten der Fall ist. Hier ist der Punktabstand auf dem gefahrenen Profil deutlich geringer als der seitliche Abstand der Punkte. Auch wenn jeder Meßwert von Bedeutung ist und mit in die Berechnung einfließen soll, bietet sich diese Methode an.

Liegen aber Meßdaten vor, die bei der Berechnung eines unregelmäßigen DGM's Dreiecke mit ungleichmäßigen Seitenverhältnissen erzeugen, so hat sich (speziell in der Tiefsee) gezeigt, daß sich die Anwendung der Triangulation deutlich in den Tiefenlinien widerspiegeln kann (eckiger Verlauf), die direkt aus den Dreiecksseiten interpoliert werden. Die Auswertung von Tiefendaten wird daher meist nicht durch Dreiecksvermaschung vorgenommen sondern mit einem regelmäßigem DGM.

**Wahl des Gitterlinienabstandes:**

Für die Erzeugung eines DGM's, das den Meeresboden bestmöglich darstellt, ist die Wahl der Gitterweite ein entscheidender Faktor neben der Genauigkeit des Aufnahmeverfahrens von Tiefenmessung und Positionsbestimmung. Die Gitterweite ist von der darzustellenden Morphologie des Meeresbodens und der Dichte des aufgenommenen Stützpunktfeldes abhängig. In der Praxis hat sich ein engmaschiges Gitter durchgesetzt, um auch kleinere Strukturen am Meeresboden noch darstellen zu können. Bei der Wahl der Gitterweite sollte beachtet werden, daß eine zu große Gitterweite sich glättend auf das Modell und somit die Tiefenlinien auswirkt. Ein beliebig klein gewählter Gitterlinienabstand dagegen kann *Aliasing-Effekte* verursachen.

Die Dichte des Stützpunktfeldes ist abhängig von der Meßwiederholungsrate des Fächerecholotes, dem Abstrahlwinkel und dem Einfallswinkel der Beams auf den Meeresboden.

Die Abstände der Meßpunkte in Profilrichtung sind, im Gegensatz zu den quer zur Profilrichtung, abhängig von der Schiffsgeschwindigkeit und des tiefenabhängigen Sendezeitintervalls. Die Meßwiederholungsrate des *Hydrosweep DS-2* beträgt 1sek plus 1-2 sek pro 500m. In der Tiefsee wäre das ein Sendezeitintervall von 10-15sek. In dem Untersuchungsgebiet *Austaasen* liegen Wassertiefen von 200m - 900m vor. Als mittlere Wassertiefe für das gesamte Gebiet wird 350m gewählt. Daraus ergibt sich eine Meßwiederholungsrate von 3sek (1sek + 2sek).

Bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 8kn (mittlere Geschwindigkeit im Meßgebiet) ergeben sich für folgende Wassertiefen die entsprechenden Abstände (Tabb ??):

$$P_a = v \cdot t \quad (7.1)$$

mit:

- $P_a$ : Punktabstand [m]
- $v$ : Geschwindigkeit [m/sek]
- $t$ : Sendezeitintervall [sek]

Quer zur Profilrichtung ist der Abstand der Meßpunkte noch von dem Abstrahlwinkel ( $90^\circ$  oder  $120^\circ$ ) abhängig. Die einzelnen PFB's haben zwar alle den gleichen Öffnungswinkel, ergeben aber für die einzelnen Kompartimente am Meeresboden (Footprints) unterschiedliche Größen. Die unterschiedliche Größe der Footprints läßt sich aus den unterschiedlichen Abstrahlwinkeln des Signals bestimmen. Ein zentraler Beam wird lotrecht abgestrahlt, während ein äußerer Beam ja nach Abstrahlwinkel mit  $90^\circ$  bzw  $120^\circ$  abgestrahlt wird. Die Footprintgröße ist bei einem zentralen Beam kleiner als die eines äußeren Beams. Die einzelnen Footprints überdecken sich also sowohl quer zur Meßrichtung als auch in Fahrtrichtung, wobei in Fahrtrichtung die Überlappung noch größer ist.

Um im Mittel mindestens 3-4 Stützpunkte innerhalb eines Rasterelements zu erhalten, muß die Gitterweite hauptsächlich anhand dieser Abschätzung bestimmt werden [Christen, 1999].

Tabelle 7.1: Punktabstände bei 8 Knoten

Wassertiefe	Sendezeitintervall	Punktabstand
100m	1sek	4.2m
200m	2sek	8.4m
300m	3sek	12.6m
400m	3sek	12.6m
500m	3sek	12.6m
600m	3sek	12.6m
700m	4sek	16.8m
800m	4sek	16.8m
900m	5sek	21.0m
1000m	5sek	21.0m

### Gitterlinienabstand im Untersuchungsgebiet:

Die Daten im Untersuchungsgebiet wurden nicht flächendeckend und systematisch vermessen, was die Wahl einer Gitterweite erschwerte. Die Wassertiefen liegen zwischen 200m - 900m. Da bei der Dateneditierung schon Daten innerhalb der Stationen aus der Messung editiert wurden und möglichst alle Strukturen erfaßt werden sollten, wurde keine Meßdatenausdünnung vorgenommen, was bei der Größe des Untersuchungsgebietes auch keine Schwierigkeiten bei der Berechnung verursachte. Als mittlere Wassertiefe wurde eine Tiefe von 350m für die Berechnung der Gitterweite gewählt. Bei 350m Wassertiefe ergibt sich somit ein Gitterlinienabstand von 13m (Formel 7.2). Um jedoch kleine Lücken schließen zu können, wurde für das gesamte Untersuchungsgebiet eine Gitterweite von 15m gewählt. Für die DGM-Berechnungen der einzelnen Eisbergpflugspuren wurde die Gitterweite jedoch verkleinert (??). Als Programm wurde Caris-Gis gewählt. Das mit dem Programm *Caris* berechnete DGM läßt sich anschließend mit dem 3D-Editor als geschummerte Reliefdarstellung betrachten. In dem Editor hat man zudem die Möglichkeit, das DGM zu glätten, um eine bessere Darstellungsform sowie eine bessere Isoliniendarstellung zu erhalten. Die Glättung bewirkt eine Höhenänderung, die berechnet wird nach einem Gewichtungsfaktor, der sich aus der Distanz und der mittleren Höhe der benachbarten Punkte ergibt [Caris Handbuch, 2001]:

$$new_z = \frac{Z_1 \cdot W_1 + \dots + Z_i \cdot W_i + \dots + Z_n \cdot W_n}{W_1 + \dots + W_i + \dots + W_n} \quad (7.2)$$

mit:

- $Z_i$ : benachbarter Z-Wert
- $W_i$ : Gewichtungsfaktor ( $W_i = 1/(D_i \cdot D_i)$ )
- $D_i$ : Distanz zwischen den einzelnen Punkten

Da in dem Untersuchungsgebiet alle bereinigten Meßdaten für die Berechnung benutzt wurden, sah die 3-D-Darstellung sehr unruhig aus. Nach einer Glättung nach obigem Glättungsvorgang war die Darstellung ruhiger.

### 7.4.3 Darstellungsformen des DGM's

Für eine optisch ansprechende Darstellung durch Verbesserung der Formwirkung und für eine weitergehende Analyse der morphologischen Strukturen sind besonders die grundrißähnlichen (2D-Draufsicht) oder perspektivischen (3D-Ansicht) Darstellungsmöglichkeiten in Form von Schatten- oder Schummerungsbildern geeignet. Sie lassen sich als Draht- oder Flächenfarbmodell aus dem gerechnete DGM ableiten.

Die Auswahl der Oberflächenbeleuchtung und Betrachtungsperspektive sind bei dieser Darstellungsmethode die wichtigsten Parameter, die Einfluß auf die graphische Erscheinung von Strukturen besitzen.

Die Oberflächenbeleuchtung erfolgt durch eine imaginäre Lichtquelle. Für die Beleuchtungsrichtung müssen ein horizontal auf Kartennord und ein vertikal auf die Kartenebene bezogener Winkel angegeben werden. Abhängig von dieser Beleuchtungseinstellung und der Richtung, in der bestimmte morphologische Strukturen ausgerichtet sind, werden diese Strukturen stärker oder schwächer hervorgehoben. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß es zu einem Effekt der optischen Umkehrung kommen kann. Die Ursache hierfür liegt in der Verteilung von Licht und Schatten an morphologischen Strukturen, die sich bei entgegengesetzter Beleuchtung entsprechend umgekehrt verhält. Submarine Erhebungen können dadurch als Vertiefungen in den Meeresboden erscheinen .

Die Betrachtungsperspektive setzt sich aus Blickrichtung (Azimut) und Blickwinkel (Deklination) zusammen. Dabei ist die Blickrichtung die scheinbare Himmelsrichtung, aus der das darzustellende Bild betrachtet wird. Der Blickwinkel ist der Winkel zur horizontalen Ebene des Bildes. Je kleiner der Blickwinkel ist, desto geringer ist auch der Überblick, die Höhenvergleichbarkeit einzelner Strukturen verbessert sich jedoch.

Es lassen sich also für die Beleuchtung und Perspektive insgesamt vier Parameter einstellen und miteinander kombinieren, bis die gewünschte optische Wirkung des Karteninhaltes optimal ist. Um kleinere morphologische Strukturen mit einem besseren Kontrast hervorzuheben, werden die 3D-Ansichten meistens in monochromen Darstellungen bevorzugt. Allerdings liefern farbliche Abstufungen innerhalb der Grafik eine verbesserte Information über die Tiefenverhältnisse.

Für die gesamte Darstellung des Untersuchungsgebietes wurde die Tiefenliniendarstellung der perspektivischen vorgezogen. Nur einzelne Teilgebiete, die näher analysiert wurden, sind in dieser Arbeit als geschummerte 3D-Ansicht dargestellt.

### 7.4.4 Genauigkeit des berechneten DGM

Für die Genauigkeitsuntersuchung des DGM'S wurde mit CARIS GIS V.4.3.3 ein *Control Report file* erzeugt. Hierbei werden die Daten aus dem berechneten DGM mit den gemessenen Tiefendaten verglichen. Der Vergleich erfolgt nach einzelnen Beams. Das Ergebnis ist in Abb ?? dargestellt.

Quality Control Report for file : G:\chohmann\Austasen\Controldata\controldata

Elevation Range is : -867,000 (m) -209,000 (m)

Total number of 3D points used: 3717636

Starting Time: Not applicable

Ending Time: Not applicable

Tidal reduction: Not applicable

User#	Total	Max(+)	Max(-)	Mean	Std,	3dm(%)	5dm(%)	1%(%)	1,6%(%)
1	158	15,204	-7,989	3,405	4,4960	1,9	6,3	57,0	86,1
2	215	11,466	-12,200	0,604	4,7118	2,8	5,6	66,0	88,8
3	204	12,166	-12,968	1,762	4,4859	3,4	6,4	67,2	91,2
4	62678	26,017	-22,329	0,877	2,0992	12,6	20,5	81,0	95,0
5	65460	21,780	-19,876	0,492	1,8676	14,7	24,4	87,6	97,6
6	67033	23,599	-17,061	0,077	1,8823	16,4	26,9	89,6	98,0
7	66943	20,714	-15,537	-0,006	1,9156	15,9	26,4	89,6	97,9
8	67549	20,743	-22,633	0,615	1,8037	16,3	26,8	89,3	97,9
9	68826	16,282	-20,935	0,201	1,6631	17,7	29,2	92,6	98,7
10	69254	12,922	-21,821	-0,311	1,5845	18,2	29,9	93,2	99,0
11	69133	14,107	-20,018	-0,579	1,5568	17,5	28,8	92,2	98,9
12	68960	10,998	-19,718	-0,563	1,6935	15,3	26,0	89,9	98,5
13	68522	19,085	-29,157	-0,598	1,6853	16,0	27,2	90,1	98,5
14	69737	14,085	-24,196	0,013	1,4663	19,6	33,2	95,3	99,3
15	70642	12,023	-17,781	0,204	1,3785	20,2	33,5	96,0	99,4
16	71084	10,909	-20,264	0,143	1,3550	21,4	35,1	96,2	99,3
17	71296	11,182	-19,704	0,097	1,3297	22,1	36,5	96,3	99,3
18	71747	10,092	-16,445	0,046	1,3051	22,4	37,7	96,4	99,3
19	71901	9,720	-15,778	-0,033	1,2855	22,9	38,2	96,8	99,3
20	72307	9,789	-22,598	-0,175	1,2635	23,0	37,7	96,9	99,4
21	72404	8,605	-22,169	-0,288	1,2453	22,0	36,1	97,0	99,5
22	72478	8,109	-24,194	-0,472	1,2405	19,9	33,4	96,8	99,5
23	72326	9,765	-21,378	-0,456	1,2425	20,4	33,9	96,7	99,5
24	72580	9,610	-24,228	-0,262	1,2214	22,5	37,1	97,3	99,6
25	72657	8,999	-23,936	-0,368	1,1961	21,7	35,5	97,2	99,6
26	72638	9,121	-22,068	-0,525	1,1699	19,9	33,1	96,9	99,7
27	72465	7,209	-20,465	-0,521	1,1684	19,9	33,2	96,8	99,7
28	72299	7,794	-20,552	-0,397	1,1963	21,2	35,2	96,9	99,7
29	72084	8,160	-18,553	-0,077	1,2406	23,8	39,5	96,8	99,6
30	72235	9,895	-16,554	0,161	1,2451	24,0	39,9	96,6	99,5
31	71096	8,666	-17,738	0,117	1,2896	20,5	34,6	96,5	99,5
32	69354	9,744	-14,732	-0,117	1,3297	19,2	32,3	96,0	99,5
33	69439	8,655	-13,821	-0,093	1,3335	19,3	32,2	96,2	99,5
34	69808	9,268	-12,724	-0,027	1,3105	20,2	33,2	96,3	99,6
35	70386	7,510	-12,551	0,071	1,2670	21,7	35,2	96,7	99,6
36	71111	9,057	-14,347	0,209	1,2333	22,1	35,8	96,8	99,6
37	72034	10,937	-13,936	0,034	1,2123	24,0	38,9	97,2	99,6
38	72438	8,332	-12,471	0,092	1,2058	24,2	39,0	97,1	99,5
39	72572	8,499	-12,308	-0,071	1,2636	23,9	39,0	96,7	99,3
40	72369	8,606	-12,188	-0,105	1,2813	23,9	38,9	96,4	99,2
41	72211	8,602	-11,930	-0,034	1,3060	23,6	38,4	96,2	99,1
42	71989	8,755	-17,009	0,011	1,3207	23,1	37,3	96,1	99,1
43	71569	9,593	-19,009	0,112	1,3598	22,3	35,7	95,8	99,2
44	71325	9,795	-17,009	0,236	1,3982	21,1	34,3	94,9	99,0
45	70670	10,287	-13,009	0,462	1,4516	19,6	32,5	93,6	98,8
46	69161	11,447	-16,086	0,643	1,5246	18,0	30,0	91,8	98,6
47	70144	10,804	-14,180	-0,088	1,4575	20,0	32,5	94,7	99,2
48	70287	11,023	-14,174	-0,046	1,4834	19,1	31,5	94,5	99,1
49	70044	12,089	-17,939	-0,185	1,5111	18,7	30,4	94,2	99,0
50	69860	12,566	-13,452	-0,121	1,5614	18,2	30,1	93,4	98,8
51	69360	14,359	-20,067	0,120	1,6376	18,5	30,0	92,8	98,6
52	68473	16,667	-19,723	0,436	1,7507	17,1	28,0	90,7	98,2
53	67287	17,059	-19,965	-0,116	1,8565	16,7	27,6	90,4	98,1
54	66347	20,012	-22,726	0,408	2,0630	15,4	25,7	88,0	97,3
55	65837	16,248	-23,686	0,382	1,8660	15,4	25,4	88,2	97,6
56	64138	18,930	-26,062	0,790	2,0442	12,9	21,1	82,3	95,5
57	331	22,352	-9,267	1,179	3,8093	6,3	14,2	84,0	97,6
58	104	23,903	-7,766	0,973	4,2458	12,5	17,3	78,8	88,5
59	77	13,516	-7,459	3,638	4,8012	10,4	13,0	53,2	72,7

Abbildung 7.9: Genauigkeitsuntersuchung des DGM

Hierbei sind :

User :	Beamnummer
$Max(+)$ :	Maximale positive Verbesserung
$Max(-)$ :	Maximale negative Verbesserung
Mean :	Die Mittlere Verbesserung
Std :	die Standardabweichung
3dm(%):	gibt die Anzahl der Punkte in % an, die sich innerhalb eines aufgespannten Raumes der 3-fachen Standardabweichung befinden
5dm(%):	gibt die Anzahl der Punkte in % an, die sich innerhalb eines aufgespannten Raumes der 5-fachen Standardabweichung befinden
1%(%):	IHO Standardabweichung (1% der Wassertiefe )
1,6%(%):	1,6% der Wassertiefe

Die Statistik bestätigt, daß die Beams an den äußeren Fächerstrahlen ( 1-3 und 57-59) eine schlechter Qualität aufweisen als die Beams an den inneren Fächerstrahlen. Betrachtet man die Anzahl der Randbeams, so erkennt man, das die meisten bei der Editierung bereits aus der Messung genommen wurden. Betrachtet man die Daten nach 1%, so haben die Centerbeams mit 96-97% eine gute Qualität. Von den Daten der äußeren Beams sind bei den Beamnummern 1-3 nur knapp 57 - 67% innerhalb der Genauigkeit, was als unzureichend angesehen werden kann. Bei äußeren Beamnummern auf der anderen Seite des Fächers weist nur die Beamnummer 59 eine sehr schlechte Qualität auf (53,2%). Die restlichen Beamnummern liegen alle mit 88-97% innerhalb der Genauigkeit und können als zufriedenstellend betrachtet werden.

Beachtet man die Meßbedingungen (viel Eis) und die vielen Kurvenfahrten, die die Meßdatenqualität erheblich beeinflussen, so ist das Ergebnis der Genauigkeit der DGM-Daten zufriedenstellend.

## 7.5 Contourlinien

Eine Visualisierungsmöglichkeit zur Darstellung von bathymetrischen Daten ist die Darstellung in einer klassischen Tiefenlinienkarte. Diese Darstellungsform bietet eine präzise Darstellung von Tiefeninformationen. In einer Tiefenlinienkarte erhält man die Tiefeninformation über die Darstellung von beschrifteten Isolinien, die zur besseren Übersicht auch farbig gestaltet werden können. Durch die geometrische Darstellung der Reliefformen erhält man zudem einen guten Überblick über die Morphologie des Meßgebietes. Unterschiedliche Hangneigung drückt sich durch verschieden starke Dichte der Tiefenlinien aus, so daß der strukturelle Aufbau des Gebietes sichtbar wird. Die Wahl der Äquidistanz ist abhängig von dem Reliefunterschied.



**Berechnung der Tiefenlinien im Untersuchungsgebiet:**

Die Tiefenlinien werden meist automatisch aus einem berechneten DGM interpoliert. Das gesamte Untersuchungsgebiet wurde mit einer Äquidistanz von 5 Metern aus dem 2x geglätteten DGM interpoliert. Die Äquidistanz von 5m war erforderlich, um die Eisbergflugspuren auch in der Tiefenliniendarstellung erfassen zu können. Anschließend wurden die Tiefenlinien noch mit dem Glättungsfaktor 10 geglättet und per Hand nachbearbeitet.

Für eine anschauliche Darstellung wurden die Isolinien farblich dargestellt. Es wurden nur die 10m-Tiefenlinien beschriftet, die auch farblich hervorgehoben wurden. Die Angaben der Kartendaten, Projektionsart, Koordinaten, Maßstab, usw. wurden von dem Programm Caris in einen Header geschrieben (Abb.??).

```

===== Header =====
1. Title DOS/24-Nov-2001 09:00:02
2. File ID AUSTARSEN
3. Horizontal coord system NEMR
4. Header length 198
5. Vertical coord system MR
6. Descriptor length 16
7. Sounding, Spot Ht units MR,M2
8. Coordinate resolutions
9. Coordinate shifts
   XY 2.500000000 X 0.000000000
   Y 0.000000000
   Z 0.001000000 Z 0.000000000
10. Projection UM
11. Central meridian 10-43-00.000W
12. Scale 50000.00
13. Scaling lat 1 0-00-00.000N
14. Scaling factor 0.999600
15. UTM Zone # 28
16. Ellipsoid WG84
17. Vertical datum MSL
18. N/A
19. N/A
20. Graphic extent (192212,847548,206310,864953) (system)
21. Neatline corners (metres)
E= 484860.000 N= -7877450.000 71-00-00.000S 11-08-00.000W
E= 515140.000 N= -7877450.000 71-00-00.000S 10-18-00.000W
E= 515395.000 N= -7840272.500 70-40-00.000S 10-18-00.000W
E= 484605.000 N= -7840272.500 70-40-00.000S 11-08-00.000W
22. Format ID 5
23. Last edited 11-DEC-2001 17:00
24. False North 0.000
25. False East 500000.000

```

Abbildung 7.10: Headerfile aus Caris V.4.3.3

## 7.6 Auswertung der Sidescan-Daten

Bei der Auswertung der Sidescan-Daten stellte sich heraus, daß die Daten stark ver-  
rauscht sind und weniger Informationen enthalten als die Daten von *Hydrosweep DS-1*.  
Bei einem Vergleich mit *Hydrosweep DS-1* Daten wird dies deutlich (Abb.??).

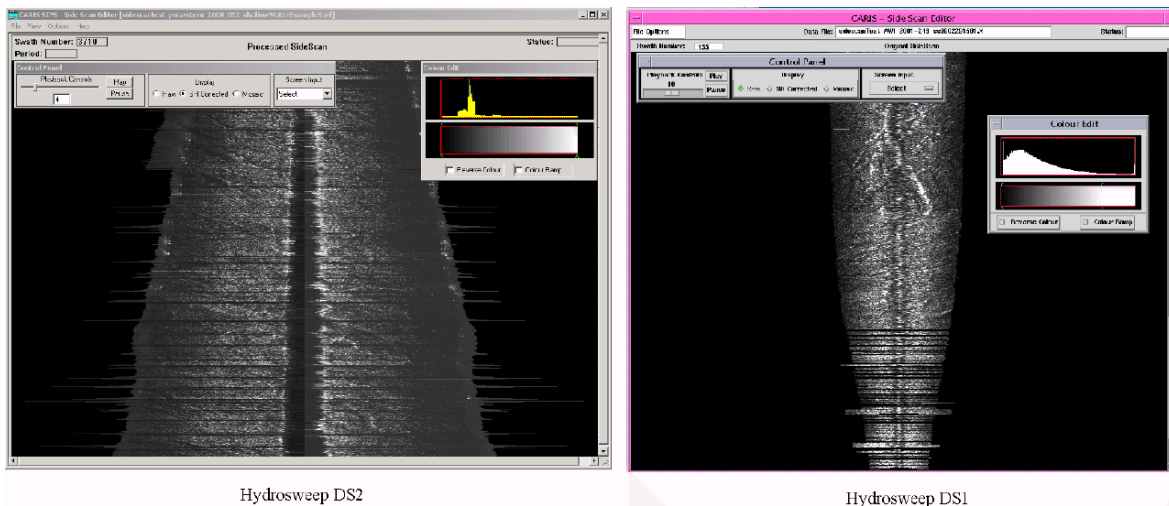


Abbildung 7.11: Vergleich der Sidescan-Daten des Hydrosweep DS-2 mit DS-1

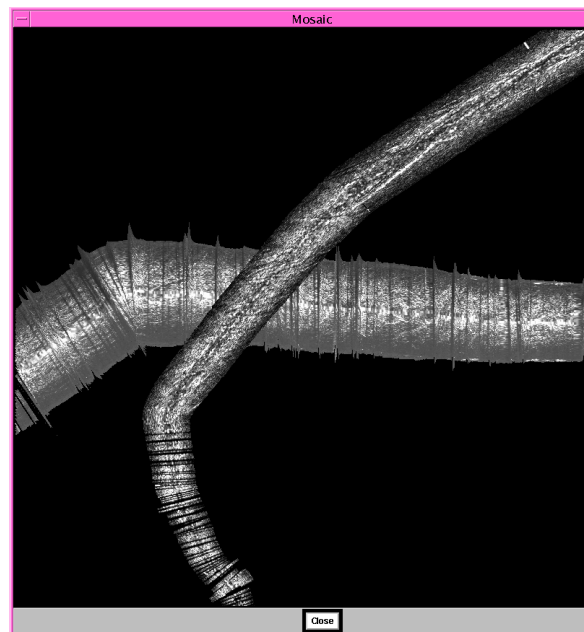


Abbildung 7.12: Mosaik der Daten beider Fahrtabschnitte

Im Herbst 1994 wurde das *Hydrosweep DS-1* System mit einer Sidescan-Option ausgerüstet. Das System erhielt zusätzlich einen Einplatinen-Computer mit dem Echtzeitbetriebssystem OS9 und einer Sidescan-Memory [SSM] zur Berechnung und Speicherung der Sidescan-Daten. Zur Visualisierung stand eine DEC Station 5000-133 Workstation mit dem Betriebssystem ULTRIX zur Verfügung. Die Sidescan-Daten wurden in separaten Dateien in dem plattenunabhängigen Format „xdr“ gespeichert. Im Herbst 1997 wurde das *Hydrosweep DS-1* System zum *Hydrosweep DS-2* umgebaut. Im Rahmen dieses Umbaus wurde das Sidescan-Prozessing der Bathymetriedaten integriert. Der Sidescan-Computer wurde durch einen sogenannten Interface-Prozessor [IPR] mit integrierter Sidescan-Memory ersetzt, der auch Teile der Bearbeitung der Bathymetriedaten übernimmt. Die Visualisierung der Sidescan- und Bathymetriedaten erfolgt beim DS-2 über HP-Workstation (Hewlett Packard). Um die Sidescan-Daten mit ganzer Farb- oder Grauwertaufösung darstellen zu können, wird auf Polarstern eine zweite HP-Workstation eingesetzt. Sie dient außerdem als Ersatz für die erste HP-Workstation, die die zentrale Steuer- und Visualisierungseinheit des *Hydrosweep DS-2* bildet.

Bei dem am 01.11.2001 durchgeführten Service der Firma Atlas Hydrographics an dem *Hydrosweep DS-2* wurde bei einer Hardware-Analyse festgestellt, daß eine Leitung der differenziellen Datenübertragung ein Wackelkontakt aufwies, der sich durch Störungen von einem konstanten Pegel (20hex) auf nahezu alle 59 Preformed Beams auswirkte. Ferner wurde ein defekter 8-Kanal ADC von einer Gruppe von 8 Preformed Beams festgestellt, der sich durch ein konstantes Rauschen von 1-2 dB über dem Eingangspegel aller anderen Preformed Beams auswirkte. (Telefax von ATLAS Hydrographics an das Alfred-Wegener-Institut vom 21.01.2001) [ATLAS Hydrographics, 2001].

Es läßt sich erkennen, daß schon bei der Schrägstreckenkorrektur die Daten nicht richtig berechnet werden. Der Vergleich der Diagramme der Grauwertverteilung zeigt, daß die Kurve der *Hydrosweep DS-2* Daten keine gleichmäßige Verteilung aufweist. Die Kurve des *Hydrosweep DS-1* Daten zeigt hingegen eine gleichmäßige Form auf. Abbildung ?? zeigt diesen Unterschied der Grauwertverteilung deutlich. Die unterschiedliche Breite der Daten liegt an den unterschiedlichen Öffnungswinkeln. Die Daten des *Hydrosweep DS-2* wurden mit  $120^\circ$  gemessen, die von *Hydrosweep DS-1* hingegen mit  $90^\circ$ . Diese Einstellung hat jedoch keinen Einfluß auf die schlechteren Darstellungen der *Hydrosweep DS-2* Daten.

# Kapitel 8

## Auswertung

### 8.1 Stand der Untersuchungen von Eisbergflugspuren

Eisbergflugspuren wurden bisher von unterschiedlichen Forschungsprojekten in verschiedenen Gebieten mit unterschiedlichen Methoden untersucht. Am Norwegischen Polarinstitut (Norsk Polarinstitutt) fanden während verschiedener Expeditionen (NARE) detaillierte Flachwasserseismik- und Sidescan Sonar-Untersuchungen, verbunden mit Vibrocoreinsätzen auf dem Kontinentalschelf vor dem *Riiser Schelfeis* in der östlichen Weddellsee statt [Lien et al., 1989]. In einer Studie bezüglich einer möglichen Ausbeutung von Erdöl in der Antarktis wurden durch die Amerikanische Gesellschaft der Petroleum Geologen (American Association of Petroleum Geologists AAPG) die Gefahren für die Ausbeutung durch treibende und gestrandete Eisberge untersucht [Reid et al., 1990]. Aus einem anderen Gebiet, der kanadischen Arktis auf dem Labrador Kontinentalschelf, kommen detaillierte Untersuchungsergebnisse von Eisbergspuren hinsichtlich der Wechselwirkung des Meeresbodensedimentes mit dem Eisbergkiel [Woodworth-Lynas et al., 1991].

Am AWI liefen mit den Projekten *EASIZ I* bis *EASIZ III* und vorhergehenden Forschungen European Polarstern Studies I und II (EPOS), welche die Eisbergspuren hauptsächlich auf Wiederbesiedlung der benthischen Organismen untersuchen. Die Untersuchungen wurden mit ROV, Mehrfachgreifern und Grundsleppnetzen sowie Sidescan-Messungen mit dem *Hydrosweep* durchgeführt.

### 8.2 Analyse der Parameter von Eisbergflugspuren

#### 8.2.1 Digitalisieren der Eisbergflugspuren

Für eine Untersuchung der Eisbergflugspuren mußten die Spuren erst einmal identifiziert und lagemäßig festgehalten werden. Aus der geschummerten Refliedarstellung des Programm CARIS HIPS wurden alle Meeresbodenstrukturen, die auf Spuren

deuteten, digitalisiert (Abb.??) und anschließend mit dem CARIS GIS V4.3.3. weiter bearbeitet (Abb.??). Die Pflugspuren wurden einzeln durchnummeriert, um eine gezielte Auswertung zu erleichtern. Eine gesamte Darstellung der Eisbergpflugspuren mit Isolinien befindet sich im Anhang C.1.

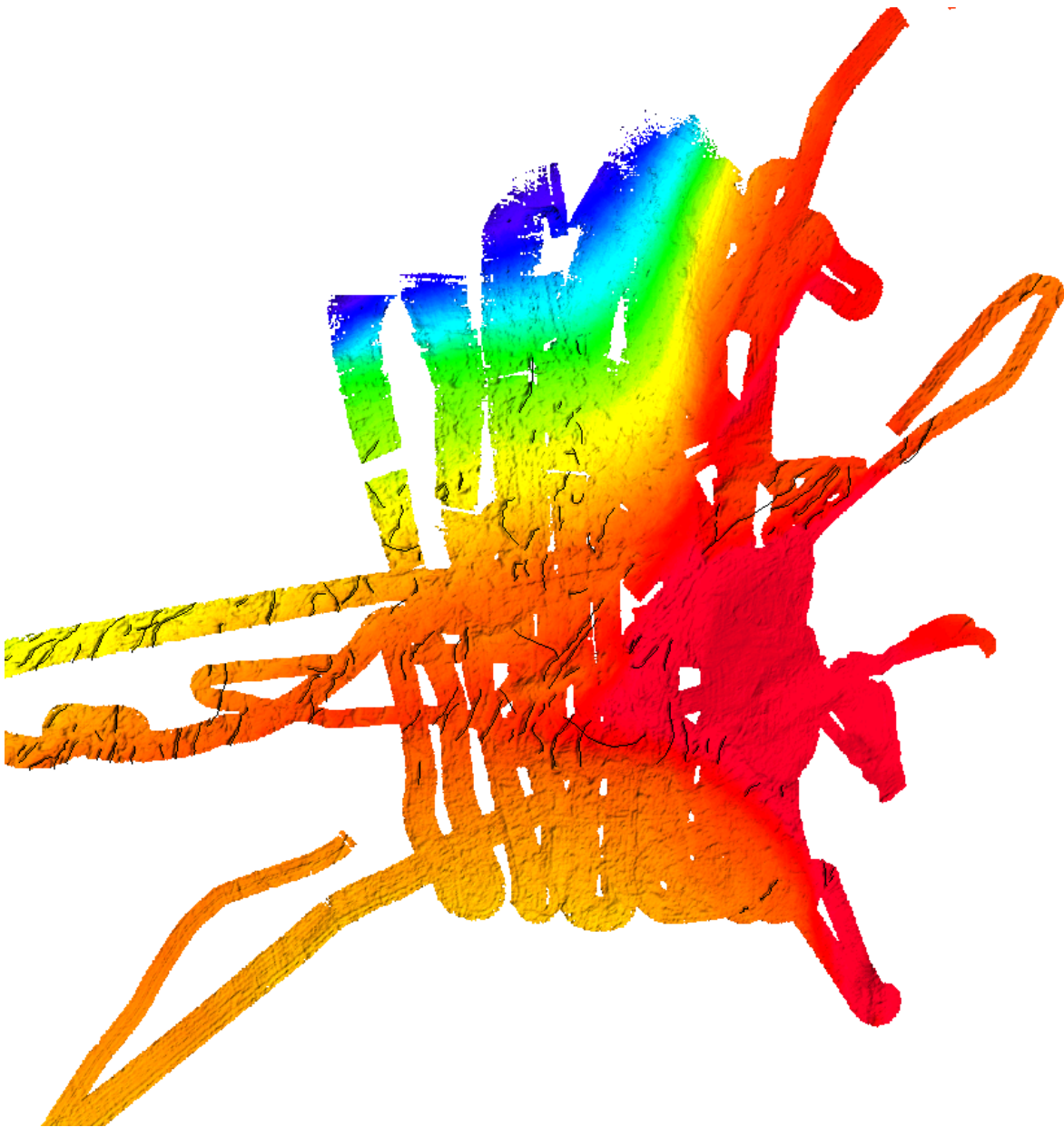


Abbildung 8.1: Digitalisierte Eisbergpflugspuren

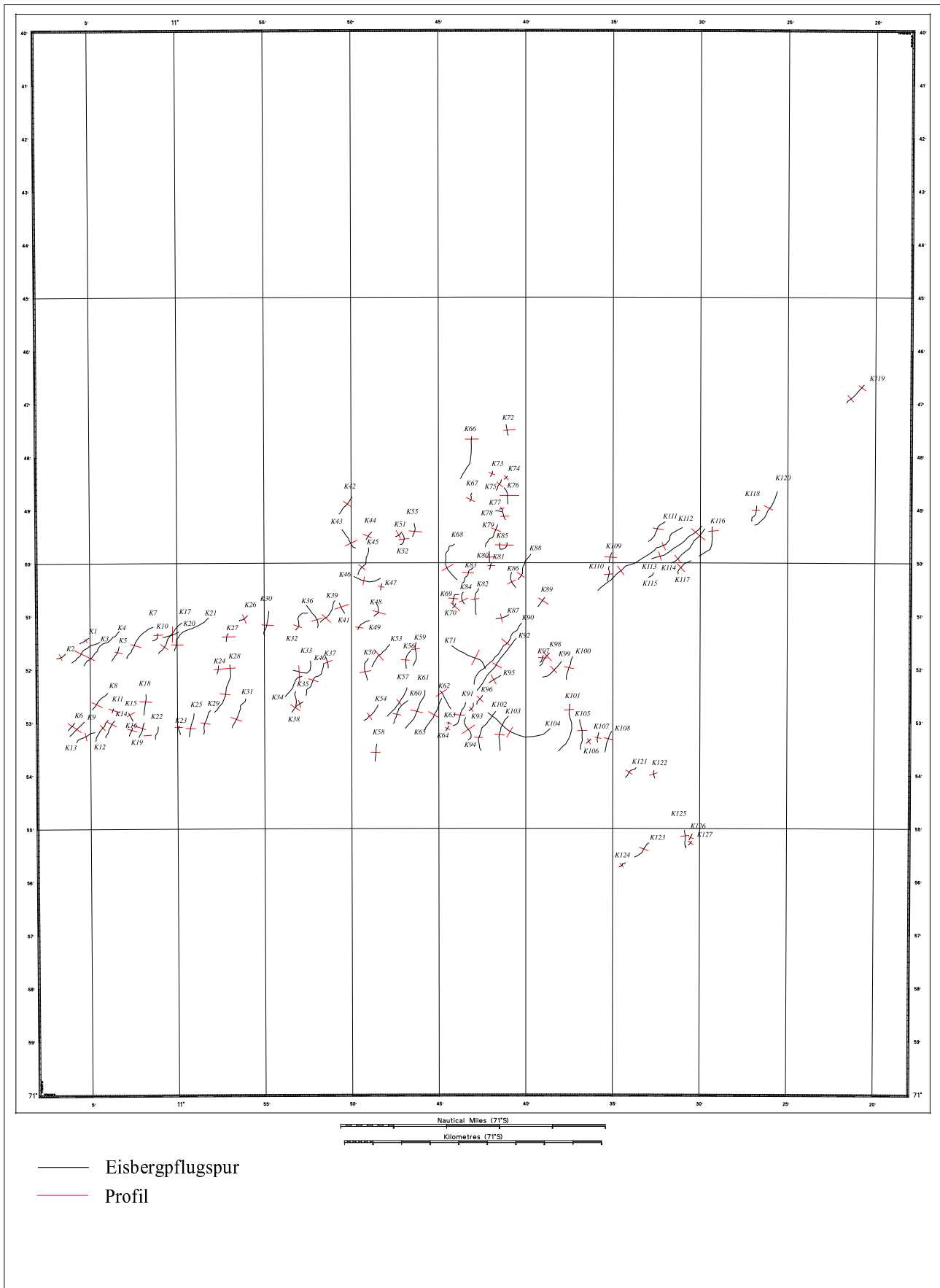


Abbildung 8.2: Eisbergflugspuren im Untersuchungsgebiet mit Profilen

## 8.2.2 Bestimmung der Parameter von Eisbergpflugspuren

Um die Struktur einer Spur zu bestimmen, müssen die einzelnen Komponenten (Länge, Breite, Spurtiefe, Neigung, Wassertiefe) einer Eisbergpflugspur bestimmt werden. Die Länge der Eisbergpflugspuren wurde mit dem Programm CARIS GIS V.4.3.3 aus den digitalisierten Linien ermittelt (Abb.??). Zur Bestimmung der Breite, Spurtiefe (Tiefe), Neigung und Wassertiefe wurde quer über jede Pflugspur ein Profil gelegt (Abb. ??). Die Lage der Profile wurde so gewählt, daß sie möglichst die breitesten und tiefsten Bereiche jeder Spur erfaßten.

Einige Spuren wurden nicht vollständig bei der Vermessung erfaßt. Um das Ergebnis der Auswertung nicht zu verfälschen, wurden diese Spuren von der Analyse ausgeschlossen. Bei der näheren Auswertung der Profile stellte sich heraus, daß einige zuerst vermutete Pflugspuren keine waren. Diese wurden ebenfalls von der Auswertung ausgeschlossen. Die Profile der Spuren, die für die Auswertung benutzt wurden, befinden sich im Anhang A. Die Daten der Eisbergpflugspuren sind in Tabelle ?? aufgelistet. Die Wassertiefe wurde an der Sohle der Eisbergpflugspuren bestimmt.

Tabelle 8.1: Eisbergpflugspuren im Untersuchungsgebiet Austaasen

Nr.	Länge [m]	Breite [m]	Tiefe [m]	Neigung [°]	Wassertiefe	Form
3	1265	125	11	10	433	V
9	712	113	10	10	344	U
15	316	148	3	3	335	V
26	358	88	15	20	396	V
41	402	260	14	6	370	V
43	826	203	11	6	450	V
44	332	98	9	11	453	V
45	1060	178	6	4	402	V
48	537	133	12	11	348	U
49	546	138	4	3	335	V
50	825	79	4	6	302	U
51	292	156	12	9	435	U-V
52	470	277	12	5	434	V
53	1033	200	9	5	314	V
54	764	86	2	3	290	V
55	480	225	8	4	438	V
56	687	104	4	4	305	V
58	602	78	5	7	315	V
59	843	126	9	8	320	V
60	990	122	6	6	299	V
61	1532	175	6	4	293	V
62	727	185	4	3	296	V
63	94	54	3	7	289	U

Nr.	Länge [m]	Breite [m]	Tiefe [m]	Neigung [°]	Wassertiefe	Form
64	208	80	3	4	291	U
67	316	185	8	5	460	V
68	1547	272	15	6	374	V
69	502	125	4	4	330	V
70	191	161	6	4	316	V
72	392	196	15	9	570	V
73	210	106	5	6	484	V
74	158	132	7	6	471	V
75	422	194	8	5	468	V
76	606	196	7	4	450	V
77	158	133	6	5	422	V
78	541	199	8	5	415	V
79	932	185	14	9	404	V
80	393	124	3	3	365	V
81	275	125	3	3	355	V
82	957	103	5	6	309	U
83	710	248	9	4	360	V
84	452	192	10	6	321	V
85	636	273	8	3	378	V
86	586	171	13	9	314	V
87	482	204	4	2	307	V
88	1032	131	5	4	321	V
89	400	200	6	3	295	V
90	2808	127	7	6	295	V
91	973	126	6	6	294	V
92	2291	249	14	6	290	V
93	332	111	5	6	288	V
94	917	143	3	2	282	V
95	490	239	9	4	299	V
96	391	166	7	5	293	V
97	284	76	7	11	259	V
98	576	265	9	4	258	V
99	887	150	6	5	245	U
100	838	208	4	2	238	V
101	1821	155	6	4	242	V
102	2537	101	9	10	298	V
103	1302	175	10	7	285	V
104	1066	171	7	5	275	V
105	352	133	4	4	257	V
106	213	116	4	4	260	V
107	352	139	2	2	255	V
108	767	84	6	9	252	V
109	339	108	9	9	277	V
110	537	158	6	4	279	V
111	940	263	20	9	294	V



Nr.	Länge [m]	Breite [m]	Tiefe [m]	Neigung [°]	Wassertiefe	Form
112	3805	150	8	6,11	293	V
113	2135	106	5	5,41	287	V
114	252	258	15	6,66	291	U
115	1694	115	6,67	6,65	270	U
116	1254	132	5,2	4,51	290	V
117	697	210	2,12	1,16	270	V
118	613	150	6	4,58	293	V
120	1470	202	15	8,51	305	V
121	536	107	4,58	4,90	261	V
122	270	98	5,2	6,08	242	V
123	733	156	8,89	6,53	309	V

Die Sidescan Sonar-Daten waren, aus den in Kap.?? angegebenen Gründen, nicht für die Interpretation und Analyse der Spuren verwendbar. Die Daten wurden also ausschließlich aus den Profilen ermittelt.

Insgesamt wurden in dem Untersuchungsgebiet 127 Spuren digitalisiert, von denen 48 von der endgültigen Auswertung ausgeschlossen wurden, so daß für die Auswertung noch 79 Eisbergflugspuren zur Verfügung standen.

Jede Eisbergflugspur wurde als eigene Spur betrachtet, da es sich nicht nachweisen ließ, ob einzelne Spuren zusammenhängen oder nicht. Ein Beispiel dafür sind die Eisbergflugspuren K116 und K117. Die Vermutung liegt nahe, daß die Spuren von ein und dem selben Eisberg stammen und in der Mitte unterbrochen wurden. Es ist jedoch schwer eine Erklärung zu finden, weshalb die Spur unterbrochen ist.

### 8.2.3 Untersuchung der Richtung von Eisbergflugspuren

Die Kartierung der Eisbergflugspuren läßt eine Hauptrichtung der Spuren erkennen, die von Süd nach Südwest verläuft. Diese Richtung läßt sich mit dem antarktischen Strömungssystem (Kap.??) erklären, das von der Ostwinddrift und dem antarktischen Küstenstrom bestimmt wird. Einzelne Spuren, die andere Richtungen aufweisen, können durch topographische Merkmale am Meeresboden (z.B. *Austaaßenbank*), durch Kalben von Eisbergen oder durch örtliche Einflüsse, wie Strömungen, Meereisbedeckung und Störung durch andere Eisberge, verursacht werden. Bei längere Zeit gestrandeten Eisbergen wurde beobachtet, daß die Strömung den größten Einfluß auf die Bewegung der Eisberge hat, was die Hauptrichtung der Eisbergflugspuren von Süd nach Südwest erklärt. Schmilzt der Eisberg oder kalbt er, wird er in seiner Form irregulär und kleiner. Der Einfluß von Wind und windabhängigen Strömungen wird dadurch größer und die Drift der Eisberge kann dadurch verändert werden. Bei den ROV Einsätzen läßt sich beobachten, daß am Meeresboden die unterschiedlichsten Strömungen herrschten (Abb. C.3).

## 8.2.4 Untersuchung der einzelnen Spurparameter

Für die Untersuchung der einzelnen Parameter wurden die Daten in den folgenden Diagrammen ?? - ??) zusammengefaßt dargestellt.

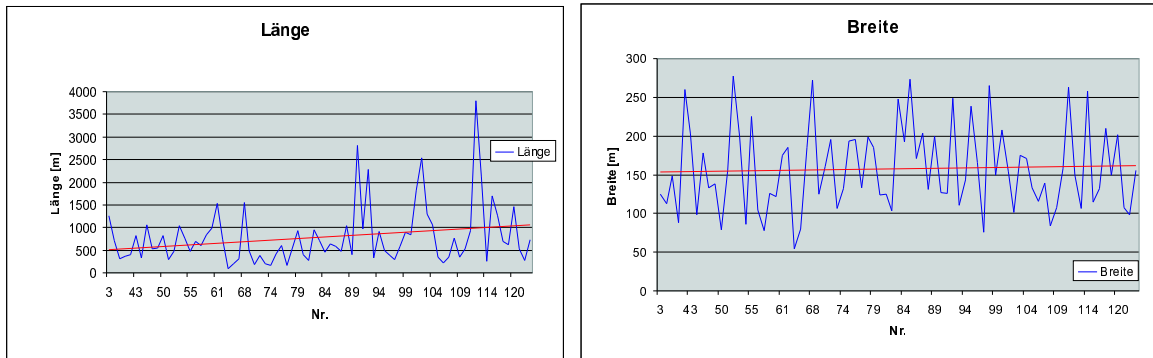


Abbildung 8.3: Länge und Breite der Eisbergflugspuren mit Trendlinie

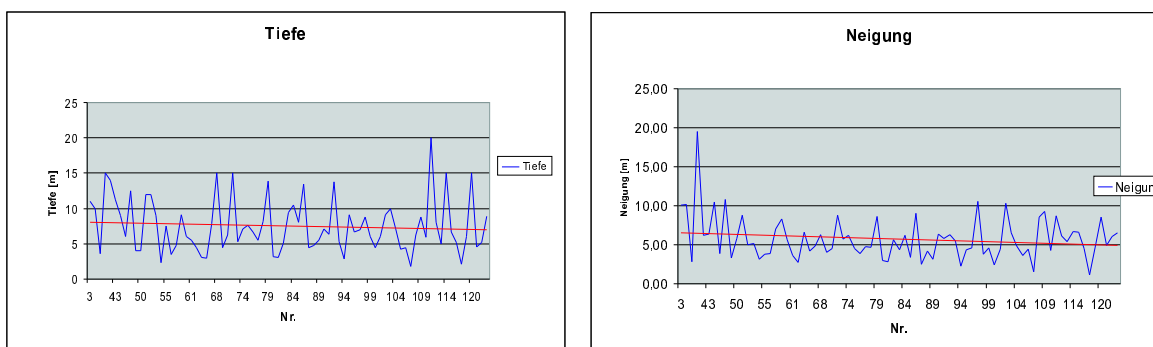


Abbildung 8.4: Tiefe und Neigung der Eisbergflugspuren mit Trendlinie

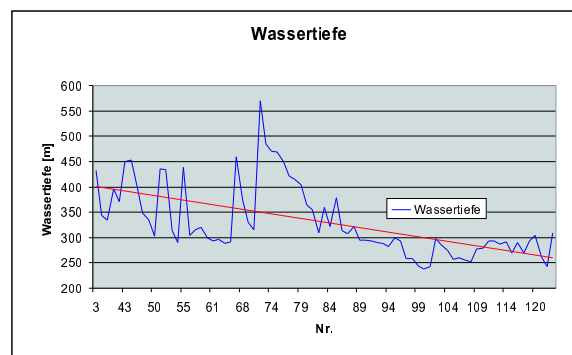


Abbildung 8.5: Wassertiefe der Eisbergflugspuren mit Trendlinie

Bis auf den der Breite gibt es bei jedem Datensatz einen Wert, der ausreißt, aber nicht von der gleichen Spur verursacht wird. In der Länge befinden sich die meisten Daten in dem Bereich von 100-1000m. Ein Ausreißer (K112) mit einer Länge von 3805m ist zu erkennen. Bei der Breite schwanken die Daten zwischen 50-250m. Die meisten Pflugspuren haben Tiefen zwischen 3-15m, nur eine Spur (K111) weist eine Tiefe von

20m vor. Bei der Neigung verhält es sich ähnlich. Die Werte liegen zwischen 3-10° mit einem Ausreißer (K41) mit 20° Neigung. Die Tendenz der Spuren bei der Wassertiefe liegt zwischen 250 - 400m. Bei der Länge der Eisbergpflugspuren dominieren 2 Klassen. Längen zwischen 200-1000m sind am Häufigsten. Die meisten Spuren haben eine Breite zwischen 110-140m , ein Tiefe von 6-8m mit Neigungen von 2-8° und kommen in den Wassertiefen von 270- 330m vor.

Um eine bessere Verteilung der einzelnen Komponenten zu bekommen, wurden die Daten nach Klassen unterteilt (Tab.?? und ??). Die Klasse, die am Häufigsten auftritt, wurde hervorgehoben.

Tabelle 8.2: Klasseneinteilung der Länge, Breite und Tiefe

	Länge[m]	Anzahl	Breite[m]	Anzahl	Tiefe[m]	Anzahl
	<b>100-500</b>	<b>31</b>	50-80	4	2-4	17
	<b>500-1000</b>	<b>31</b>	80-110	13	4-6	10
	1000-1500	9	<b>110-140</b>	<b>20</b>	<b>6-8</b>	<b>19</b>
	1500-2000	4	140-170	11	8-10	15
	2000-2500	0	170-200	13	10-12	7
	2500-3000	2	200-230	8	12-14	2
	3000-3500	0	230-260	4	14-16	8
	3500-4000	2	260-290	6	20	1
Summe		79		79		79

Tabelle 8.3: Klasseneinteilung der Neigung und Wassertiefe

	Neigung[°]	Anzahl	Wassertiefe[m]	Anzahl
	1-2	5	230-270	11
	2-4	24	<b>270-310</b>	<b>33</b>
	<b>4-6</b>	<b>28</b>	310-350	12
	6-8	7	350-390	6
	8-10	12	390-430	5
	10-12	3	430-470	9
	20	1	470-510	2
			550-590	1
Summe		79		79

### 8.2.5 Zusammenhänge von Spurparameter

Um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Daten (Länge, Breite, Tiefe, Neigung und Wassertiefe) erkennen zu können, wurden die einzelnen Daten in einem Diagramm dargestellt (Diagr.??). Tiefe und Neigung mußten großmaßstäbiger dargestellt werden und wurden in ein separates Diagramm (Diagr.??) aufgetragen:

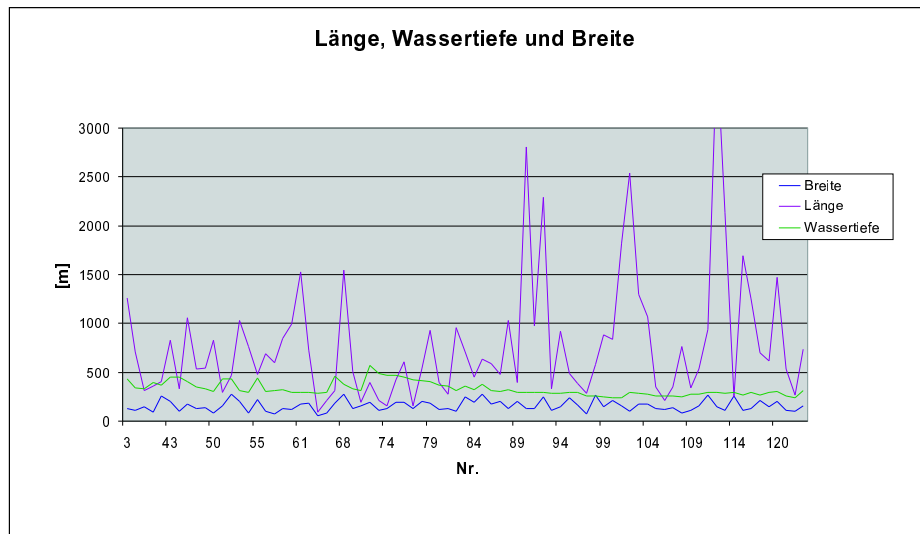


Abbildung 8.6: Zusammenhang zwischen Länge, Wassertiefe und Breite

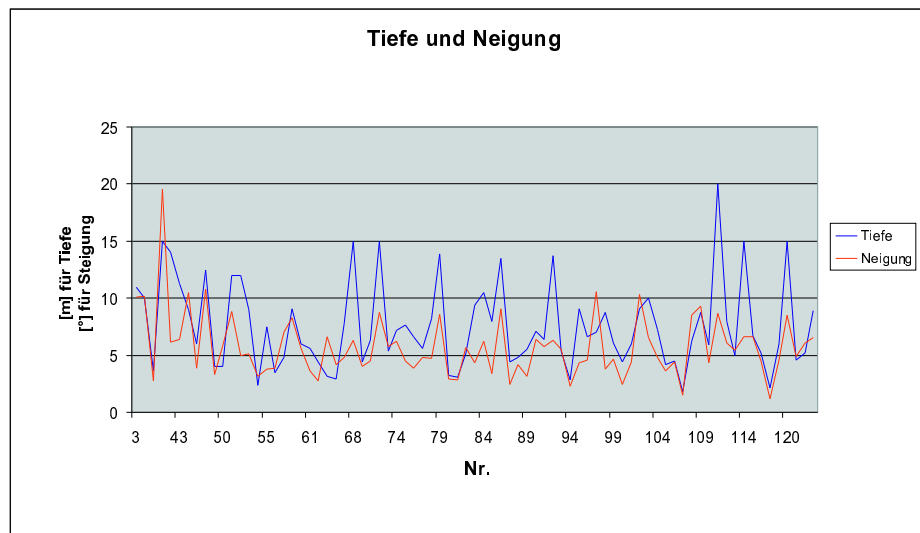


Abbildung 8.7: Zusammenhang zwischen Tiefe und Neigung

Es läßt sich eine hohe Korrelation der Wassertiefe mit der Breite sowie Neigung, Länge und Tiefe erkennen. Die Anzahl der Spuren sinkt mit steigender Wassertiefe.

Die meisten Spuren befinden sich in Wassertiefen von 200 - 400m, was die Ergebnisse von anderen Untersuchungen [Woodworth-Lynas et al., 1991; Lien, 1989 und Gutt et al., 1996] bestätigt. Eisbergpflugspuren, die in Tiefen größer als 450m vorgefunden werden, entstehen vermutlich während des Kippvorganges von Eisbergen. Der Tiefgang eines Eisberges kann beim Umkippen bzw. Auseinanderbrechen um 50% zunehmen. Die Mehrheit der antarktischen Eisberge sind gekippte Eisberge, also keine Tafelberge mit einem ebenen Kiel [Woodworth-Lynas et al. 1991]. Diese Theorie würde auch die abnehmende Länge einer Spur, sowie die steigende Tiefe und leicht zunehmende Breite bei größeren Wassertiefen erklären.

Der Bereich der Breite einer Eisbergpflugspur liegt in dem Untersuchungsgebiet zwischen 54m und 277m, die Tiefen liegen zwischen 2-20m, wobei die meisten Tiefen zwischen 6-8m liegen. Lien et al. haben 1998 in der Weddellsee Spuren von Breiten bis zu 300m und Tiefen bis zu 10m beobachtet.

Die meisten Eisberge stranden, wenn sie quer zu den Isolinien driften, da sie hier von den Hängen an einem weiteren Treiben gehindert werden. Die Spuren die dabei auf dem Meeresboden entstehen, sind in der Regel nicht so lang wie bei Eisbergen, die mit dem Verlauf der Isolinien driften [Belderson et al., 1973]. In dem Untersuchungsgebiet wurde diese Aussage bestätigt. Die längeren Spuren (größer 500m) verliefen fast alle mit den Isolinien (Abb. C.1).

## 8.3 Auswirkung von Eisbergflugspuren auf die Makro- und Meiofauna

### 8.3.1 Einleitung

5% des antarktischen Eisschelf ist durch Eisberge beeinflusst. Die Arbeiten während der *EASIZ* Reisen haben bewiesen, daß die örtliche Zerstörung durch Eisbergflugspuren sehr viel höher sein kann. Der Zerstörungsgrad des Forschungsgebietes ist hierfür ein direkter Beweis. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß in der Gegend bei Austaasen 15% des Meeresbodens völlig zerstört sind, 35% waren wieder rekolonisiert und nur 20% waren ungestört. Über die restlichen 30% konnten bisher noch keine Angaben gemacht werden [Arntz, 1999].

Die Auswirkung von Eisbergen, die über den Meeresboden gleiten und ihn sogar pflügen, wirkt sich katastrophal auf Makro- und Meiofauna sowie auf die Lebensgemeinschaften des Meeresbodens aus. Langzeitig betrachtet wird jedoch durch diese Katastrophen wieder Platz und somit Lebensraum für andere und neue Arten geschaffen, die sich in einer bereits bestehenden Gemeinschaft nicht ansiedeln können. Auf diese Weise wird die Artenvielfalt gefördert.

Zur Untersuchung der Auswirkung von Eisbergflugspuren auf die Makro- und Meiofauna des Meeresbodens wurden die Ergebnisse der ROV Einsätze sowie die der Mehrfachkastengreifereinsätze (MG) ANTXV/3 und ANTXVII/3 in dem Gebiet bei Austaasen mit der Topographie des Meeresboden verglichen. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wurden einzelne Spuren herausgegriffen und untersucht.

Eine Überblick über die Positionen der ROV- und der MG- Einsätze ist in den Abb.C.3 und Abb.C.2.

### 8.3.2 Lebensgemeinschaften in dem Untersuchungsgebiet

Die Einsätze des ROV's und des MG's dienten hauptsächlich der Untersuchung der Lebensgemeinschaften sowie deren Veränderung durch Eisbergflugspuren. Um eine Veränderung der Zusammensetzung der Organismen am Meeresboden feststellen zu können, ist es zunächst notwendig zu wissen, welche Tiere überhaupt in dem Untersuchungsgebiet auftreten. In einigen Polarsternexpeditionen der Jahren 1987/88 und 1998 wurden Proben entlang der ca. 1000km langen Schelfeisfront zwischen *Kapp Norwegia* im Osten und dem *Filchner Graben* im Westen gesammelt. Es wurden 28 Tierstämme in der Fauna bestimmt. Die Hauptstämme setzten sich zusammen aus:

- *Porifera* (Schwämme)
- *Polychaeta* (Borstenwürmer, Vielborster)
- *Echinodermata* (Stachelhäuter)

Voß hat 1988 eine genaue Klassifizierung veröffentlicht, so daß hier nicht näher auf die einzelnen Arten eingegangen werden soll [Voß, 1988]. In Anhang B.1 sind verschiedene Tierarten, die in den Mehrfachkastengreiferproben erkannt wurden, aufgelistet und in Anhang B.2 sind Tierarten der Antarktis nach Hauptstämmen mit Unterklassen aufgeführt. Abb.?? stellt die zusammengefaßten Ergebnisse der Stationsfänge auf dem Schelfbereich vor *Kapp Norwegia* dar.

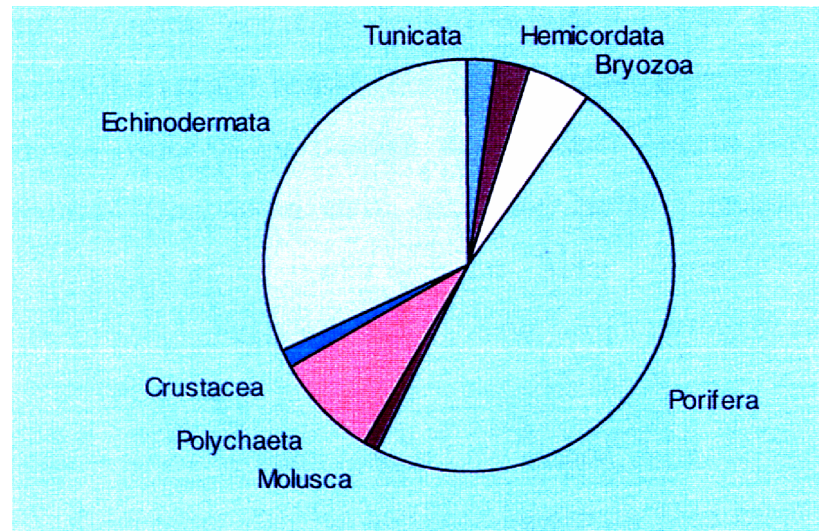


Abbildung 8.8: Zusammensetzung der Haupttaxa auf dem Schelf vor Kapp Norwegia und der Halley Bucht [aus: Gerdes et al. 1992]

Tabelle 8.4: Ergänzung zu Abb.??

Art	Häufigkeit
Tunicata (Manteltiere)	2,2%
Hemicordata Pterobranchia Emeteropneusta (Eichwürmer)	2,8%
Bryozoa (Moostierchen)	5,0%
Porifera (Schwämme)	47,3%
Mollusca (Weichtiere)	1,1%
Polychaeta (Vielborster)	8,3%
Crustacea (Krebstiere)	1,5%
Echinodermata (Stachelhäuter)	31,9%

### 8.3.3 Wiederbesiedlung von Eisbergpflugspuren

#### 8.3.3.1 Allgemeines

Es gibt verschiedene Kennzeichen für gestörte Gebiete. Die Struktur des Bodens liefert einen Hinweis auf eine Zerstörung. Feinmaßstäbige Eigenschaften in der Bodentopografie, wie schwache rundliche Erhöhungen, parallele Rücken, stufenförmige Dämme oder kleine, rundliche Vertiefungen, welche nicht durch andere Faktoren entstanden sein können.

In der Biologie gibt es auch bestimmte Merkmale, die auf Eisbergspuren deuten. Ein Merkmal ist die Abnahme von „festlebenden“ (sessilen) benthischen Organismen wie z.B. die Schwämme. Desweiteren wurde beobachtet, daß sich in gestörten Gebieten die Anzahl der beweglichen Arten, wie Schlangensterne, Crinoids (Seelilien, Haarsterne) und Fische, besonders die Art *Trematomus scottii*, erhöht. Durch den Grad der Wiederbesiedlung läßt sich das Alter einer Eisbergpflugspur feststellen.

#### 8.3.3.2 Wiederbesiedlung durch Fische

In dem Untersuchungsgebiet *Austaasen* wurde während der Expeditionen *EASIZ I* und *EASIZ II* (ANTXV/3) und (ANTXVII/3) unter anderem auch das Verhalten von Fischen in gestörten und ungestörten Gebieten untersucht.

Die Fische gehören in der Antarkis zu den Lebewesen, die sich eigenständig und schnell fortbewegen können und somit schnell ihren Lebensraum wechseln können.

In gestörten Gebieten hat man herausgefunden, daß die Vielfalt der Fischarten auffällig geringer ist (Abb. ??). Nur 19 Arten wurden in gestörten Gebieten gefunden, von denen nur 2 Arten dominierend waren und die 70% Marke erreichten: *Trematomus penellii* und *Trematomus nicolai*.

In ungestörten Gebieten wurden dagegen 25 verschiedene Arten gefunden, 6 davon waren dominierend und haben 70% erreicht. Die häufigsten Arten waren hier: *Trematomus scottii* und *Prionodraco evansii*.

Die Ergebnisse stammen aus Proben von gestörten und ungestörten Gebieten mit dem Grundschieppnetz.



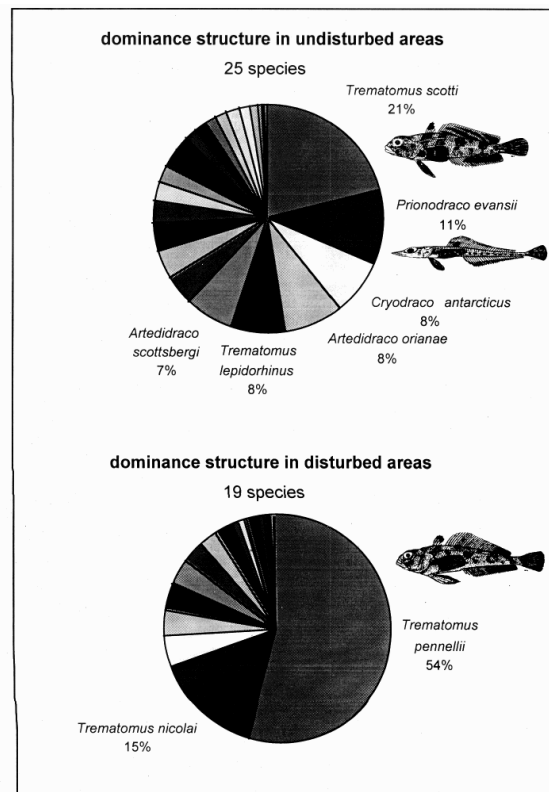


Abbildung 8.9: Dominierende Struktur der Fischfauna in gestörten und ungestörten Gebieten [Zeichnung: Knust; Schröder, 1999]

### 8.3.3.3 Wiederbesiedlung durch andere Organismen

Erste Auswertungen der Videoaufnahmen mit dem ROV (ANTXV/3) in dem Gebiet *Austaasen* zeigten einen hohen Prozentsatz von benthischen Ansammlungen, die in verschiedensten Graden gestört waren. Veränderungen in der tierischen Zusammensetzung des Meeresbodens deuten auf Gebiete hin, die durch irgendwelche Einflüsse gestört wurden.

Erste Resultate der Analysen ergaben, daß frische Eisbergpflugspuren immer ohne jegliche Megafauna waren (Abb.??b). Man konnte beobachten, daß sich in jungen Spuren bestimmte Arten zuerst wieder angesiedelt haben [Gutt et al. 1999]. Die Anzahl der sessilen (festlebenden) Arten hat sich in gestörten Gebieten verringert, die der beweglichen jedoch erhöht. Einige der beweglichen Arten traten sogar in höherem Maße auf als in ungestörten Gebieten.

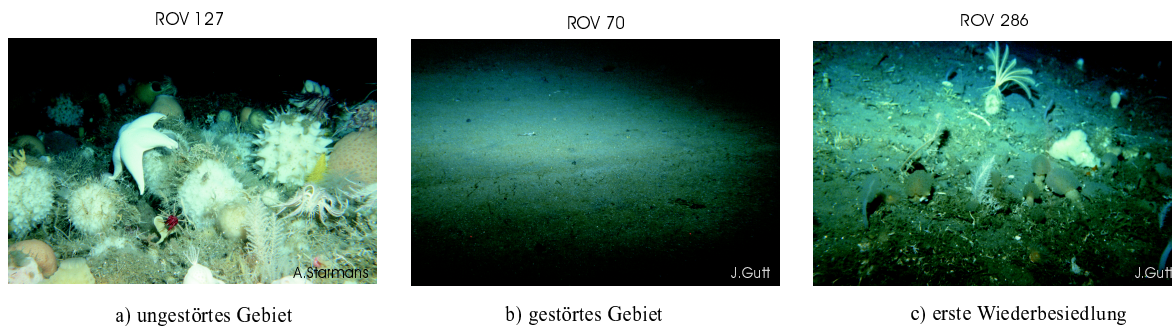


Abbildung 8.10: Unterschied zwischen verschiedenartig gestörten Gebieten

Ein Anzeichen für das erste Stadium der Wiederbesiedlung, Biologen sprechen auch von einem juvenilen Stadium, ist eine arme Fauna, die aus verschiedenen Arten besteht (Abb.??c) oder in der ein oder 2 dominierende Pionierarten auftreten. Eine solche Art ist z.B. die *Gorgonarian* (Hornkoralle) *Ainigmaptilon antarcticus*, die nur in ungestörten Gebieten in größerer Anzahl aufgetreten ist [Gutt, 1999].

Innerhalb detaillierter Analysen wurde versucht, diese Schlüsselarten genauer zu bestimmen, um mit Hilfe dieser Anzeiger das Stadium der Rekolonisation besser bestimmen zu können. Dabei sind bis heute folgende Ergebnisse herausgekommen:

#### Schlüsselarten für ungestörte Gebiete:

- *Demospongia* (Schwämme)
- *Hexactinellidae* (Glasschwämme)

Diese Organismen gehören beide zu der Familie der *Porifera* (Schwämme) und bilden eine eigene Klasse. Sie gehören zu den langsam wachsenden Arten. Wenn sie in bestimmten Größen auftreten (Abb.??a), vermutet man, daß das Gebiet schon lange nicht physisch gestört wurde. Die *Demospongia* können bis zu 2m groß werden.

#### Schlüsselarten für gestörten Gebieten:

- *Gogonarian* (Hornkorallen) speziell: *Ainigmaptilon antarcticus*
- *Porifera* (Schwämme) speziell: *Stylocordyla borealis* (Stengelschwämme)
- *Ascidacea* (Seescheiden) speziell: *Molgula pedunculata*
- *Cnidaria* (Nesseltiere) speziell: *Hydrozoa*
- *Polychaeta* (Borstentwürmer) speziell: *Terebellidae* - *Pista*
- *Bryozoa* (Moostierchen)

Diese Organismen wurden hauptsächlich als erste Arten bei der Wiederbesiedlung von gestörten Gebieten gefunden. Die Seescheide *Molgula pedunculata* ist bekannt für schnelles Wachstum. An der antarktischen Halbinsel wurden Exemplare beobachtet, die 20cm lang waren. Diese Größe erreichen sie in ca. 4 Jahren [Gerdes; Bohlmann, 1999]. Aber auch bewegliche Tierarten wie: *Crinoidea* (Haarsterne), *Echinoidea* (Seeigel), *Asteroidea* (Seesterne) und *Ophiuridea* (Schlangensterne) wurden in Eisbergpflugspuren beobachtet.

### 8.3.4 Ergebnisse der Mehrfachkastengreifereinsätze

Durch die Aufrüstung des Mehrfachkastengreifers mit Videokamera können optisch kontrollierte Proben der Meio- und Makrofauna in gestörten und ungestörten Gebieten genommen werden. Die Proben werden in Verbindung mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung der Megafauna genommen und dienen zur Überprüfung von Hypothesen über die Wiederbesiedlung von unterschiedlichen Klassen und Lebensformen des Benthos in Abhängigkeit von wesentlichen Zeitabständen. [Gutt, 1997]

Während der Expeditionen *EASIZ I* und *EASIZ III* wurde der Mehrfachkastengreifer im Untersuchungsgebiet an verschiedenen Positionen eingesetzt (Tab.?? Abb.??). Dabei wurden die Kerne der Makro- und Meiofauna zur Bestimmung von Biomasse und der Anzahl der Organismen gewonnen. Die Kombination von Proben und optischer Kontrolle der Kratzspuren von Eisbergen stellte sich als exzellente Methode heraus, die seltenen benthischen Organismusanisammlungen in einer solchen Spur zu untersuchen. Die Technik kann beides berücksichtigen, das seltene Auftreten und ebenso können die in der Probe enthaltenen Organismen näher untersucht werden.

Tabelle 8.5: Liste der MG Stationen ANTXV-3

<b>ANTXV - 3</b>				
Stationnr.	Gerätenr.	Position	Tiefe [m]	Zerstörungsgrad
047	MG 1	70° 52.15S 10° 29.26'W	243	Eisbergspur
063	MG 3	70° 52.10S 10° 32.40'W	234	alte Eisbergspur wenig gestört
064	MG 5	70° 52.10S 10° 31.80'W	234	junge Eisbergspur
067	MG 6	70° 49.90S 10° 36.70'W	305	ungestört
223	MG22	70° 50.19S 10° 35.39'W	273	junge Eisbergspur
224	MG23	70° 49.79S 10° 34.40'W	279	ungestört
225	MG24	70° 50.15S 10° 35.03'W	276	junge Eisbergspur
227	MG25	70° 49.32S 10° 38.84'W	360	ungestört
228	MG26	70° 49.83S 10° 37.53'W	293	ungestört
230	MG27	70° 50.94S 10° 32.18'W	229	alte Eisbergspur wenig gestört
<b>ANTXVII - 3</b>				
Stationnr.	Gerätenr.	Position	Tiefe [m]	Zerstörungsgrad
113-1	MG 5	70° 49.91S 10° 36.77'W	275	ungestört
120-1	MG 7	70° 50.34S 10° 35.04'W	271	Eisbergspur
121	MG 8	70° 53.63S 10° 34.21'W	249	ungestört
135	MG 9	70° 50.16S 10° 34.52'W	256	junge Eisbergspur
137	MG10	70° 50.20S 10° 34.70'W	272	junge Eisbergspur

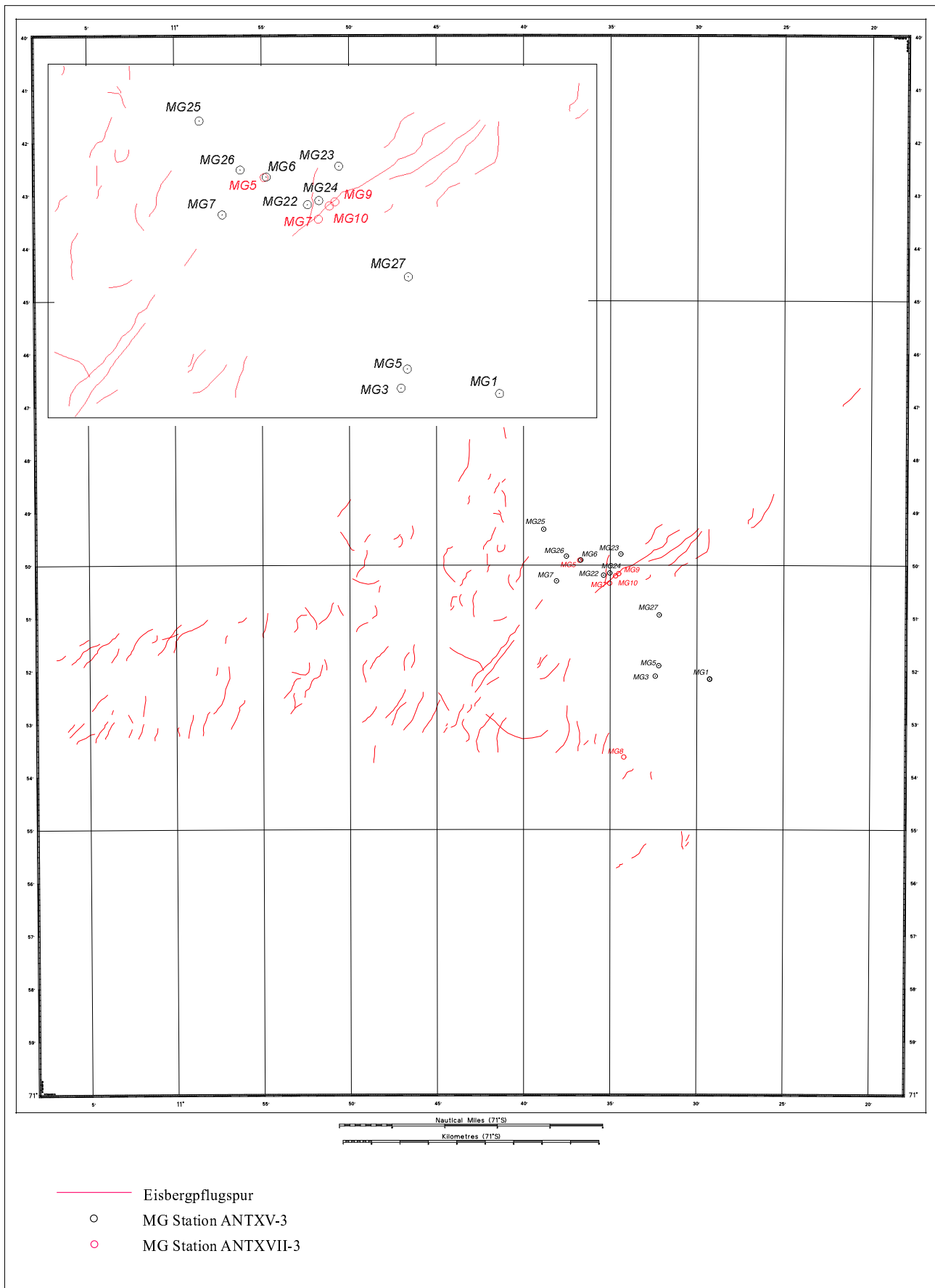


Abbildung 8.11: MG-Stationen - Eisbergflugspuren

Es wurden die unterschiedlichsten Arten aufgelistet und nach ihrer Biomasse ausgewertet. Die gesamt Biomasse, die auf jeder Station ermittelt wurde, ist der Tabelle ?? zu entnehmen.

Zur Beschreibung der Populationsgröße bedient man sich entweder der Individuenzahl (N) oder der Biomasse (kg Lebend- oder Trockengewicht bzw kj Energiegehalt). Die mit dem MG beprobeten Gebiete wurden auf g Naßgewicht  $m^{-2}$  bestimmt. Aus diesen Daten kann dann unter anderem der Zerstörungsgrad des Meeresbodens bestimmt werden. Grob kann man sagen : je höher die Biomasse, desto ungestörter das Gebiet.

Tabelle 8.6: Biomasse der MG Stationen

ANTXV - 3			
Stationnr.	Gerätenr.	Biomasse	3 meist vertretenen Arten
063	MG 3	13661,55	Porifera, Bryozoa, Errantia
064	MG 5	276,19	Porifera, Nemertina, Bryozoa
067	MG 6	4721,25	Porifera, Bryozoa, Ophiurodea
223	MG22	6,50	Isopoda, Errantia, Cumacea
224	MG23	1853,01	Porifera, Holothuroidea, Errantia
225	MG24	8,33	Ophiurodea, Amphipoda, Errantia
227	MG25	9301,67	Porifera, Errantia, Ophiurodea
228	MG26	2032,92	Porifera, Errantia, Ophiurodea
230	MG27	159,29	Porifera, Bryozoa, Tunicata
ANTXVII - 3			
Stationnr.	Gerätenr.	Biomasse	3 meist vertretenen Arten
113-1	MG 5	10234,94	Porifera, Tunicata, Asteroidea
120-1	MG 7	44,44	Holothuroidea, Porifera, Errantia
121	MG 8	103234,71	Porifera, Errantia, Undefined
135	MG 9	15,34	Errantia, Nemertina, Porifera
137	MG10	8,60	Errantia, Porifera, Biavalva

Vergleicht man die Ergebnisse der Auswertungen der Mehrfachgreifer mit der Lage der mit dem Fächerecholot vermessenen und bestimmten Spuren, so erkennt man eine hohe Übereinstimmung (Abb.??).

#### ungestörte Stationen:

Die Stationen MG6, MG23, MG25, MG26 der Expedition ANTXV/3 sowie die Station MG5 der Expedition ANTXVII/3 wurden anhand der Biomasse und der Artenvielfalt als ungestörte Stationen bestimmt. Betrachtet man die Lage der Stationen, so stellt man fest, daß alle Stationen außerhalb von Pflugspuren liegen.

alte Eisbergspuren, kaum gestört:

Hier sind die Stationen ANTXV/3: MG3, MG27 angegeben. Laut Ergebnis der Fächerecholotmessungen sind in der Nähe dieser Stationen keine Spuren aufzuweisen.

Dieses Ergebnis, zeigt, daß Fächerecholotmessungen alleine nicht ausreichen, um Eisbergspuren erkennen und bestimmen zu können. Es ist zu vermuten, daß in diesem Gebiet die Spuren nicht so tief und ausgeprägt sind. Da es sich bei der Auswertung der Proben der MG's um ältere Spuren handelt, die kaum gestört sind, ist es schwierig, diese mit dem Fächerecholot noch als Eisbergpflugspuren zu identifizieren.

junge Eisbergspuren:

ANTXV/3: MG5, MG22 , MG24 ANTXVII/3: MG9, MG10 wurden als junge Eisbergspuren identifiziert. Diese Stationen liegen auch alle direkt an einer Spur. Lediglich die Station MG5 konnte laut Messung mit dem *Hydrosweep DS-2* nicht als Eisbergpflugspur identifiziert werden.

Das Ergebnis der Station MG7 ist wieder übereinstimmend mit der Fächerecholotmessung.

### 8.3.5 Ergebnisse der ROV- Einsätze

Eisbergpflugspuren die tiefer als 10m sind lassen sich mit dem *Hydrosweep*-System und dem Sidescan Sonar finden und liefern Daten mit einer hohen räumlichen Auflösung. Durch diese Methode wird ein viel größeres Gebiet bedeckt, als es mit der alleinigen Methode der biologischen Probensammlung möglich wäre. Doch Aussagen über das Alter einer Spur sind aus *Hydrosweep*- und Sidescan Sonar-Daten nur ungenau zu machen. Die Eisbergpflugspuren verlieren durch Erosion schnell an Schärfe. So sind junge Spuren auf dem Sidescan Sonar besser zu erkennen, als ältere, zudem sind Spuren kleiner 10m mit dem Sidescan kaum noch zu erfassen.

Die Sidescan-Daten in dieser Arbeit waren aus den in Kap?? angegebenen Gründen, für das Aufsuchen und Erkennen der Spuren leider nicht brauchbar. Zudem erhält man mit dem Fächerecholot und SideScan auch keine weiteren Informationen über das Stadium der Wiederbesiedlung einzelner Spuren. Zusatzinformationen gewinnt man durch die Kombination von ROV und Mehrfachkastengreifer.

Während der Expeditionen *EASIZ I* und *EASIZ III* wurde mit einem ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug (ROV) die Makrofauna mittels Unterwasservideo und -fotografie entlang verschiedener Schnitte beobachtet (Tabelle ?? und Abb. ??). Die Transectlänge wurden über die Koordinaten der Anfangs- und Endposition berechnet, daher können kleine Abweichungen zwischen den von dem ROV angegebenen Längen auftreten, denn das ROV ist nicht direkt von der Anfangs- zur Endposition, sondern strömungsabhängig gedriftet .

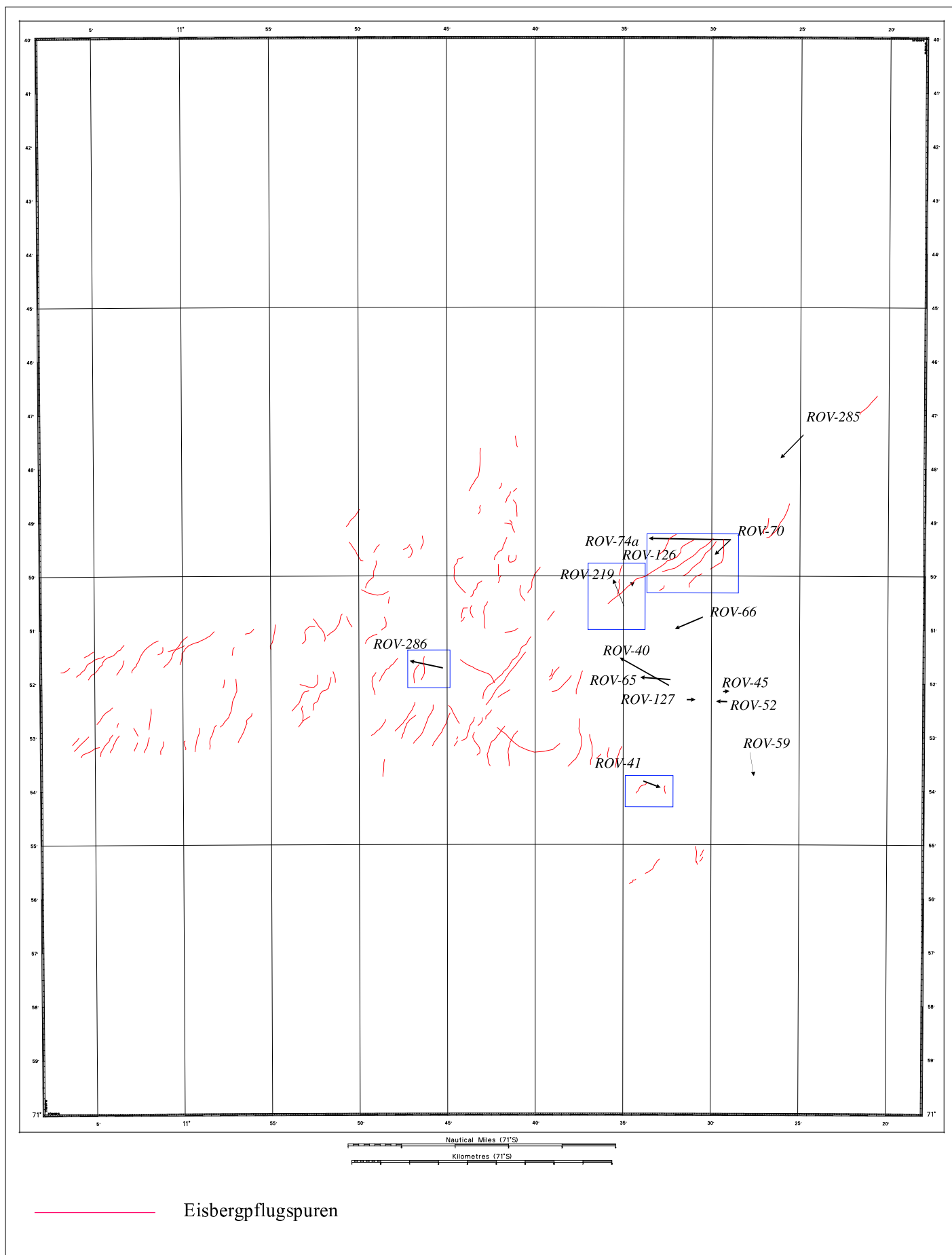


Abbildung 8.12: ROV Stationen

Tabelle 8.7: Liste der ROV Stationen ANTXV-3

<b>ANTXV - 3</b>				
ROV	Start	Ende	Tiefe [m]	Länge [m]
40	70° 52.04'S 10° 32.40W	70° 51.52'S 10° 34.21W	232-226	1960
41	70° 53.82'S 10° 33.85W	70° 53.94'S 10° 32.87W	249-238	640
45	70° 52.15'S 10° 29.34W	70° 52.14'S 10° 28.97W	233-245	221
52	70° 52.34'S 10° 29.10W	70° 52.33'S 10° 29.73W	247-245	385
59	70° 53.28'S 10° 27.80W	70° 53.72'S 10° 27.58W	242-233	836
65	70° 51.93'S 10° 32.32W	70° 51.89'S 10° 34.04W	233-228	1053
66	70° 50.77'S 10° 30.50W	70° 50.99'S 10° 32.08W	237-231	1048
70	70° 49.34'S 10° 28.98W	70° 49.61'S 10° 29.83W	286-273	728
74a	70° 49.32'S 10° 28.92W	70° 49.30'S 10° 33.57W	283-279	2845
219	70° 50.56'S 10° 34.97W	70° 50.07'S 10° 35.59W	251-271	999
285	70° 47.37'S 10° 24.83W	70° 47.81'S 10° 26.13W	298-296	1135
286	70° 51.71'S 10° 45.24W	70° 51.58'S 10° 47.12W	315-309	1176
<b>ANTXVII - 3</b>				
ROV	Start	Ende	Tiefe [m]	Länge [m]
126	70° 50.04'S 10° 34.31W	70° 50.09'S 10° 34.32W	278	380
127	70° 52.13'S 10° 31.16W	70° 52.23'S 10° 31.01W	246	305

Durch die Video- und Bildaufnahmen konnten feinmaßstäbige topografische Strukturen, verursacht durch Eisbergpflugspuren, mit einer maximalen Genauigkeit von 10cm gemessen werden. Die Videobilder und Fotos lieferten qualitative Daten mit hoher Auflösung über die Zusammensetzung der Fauna, da die Menge auf jedem Quadratmeter getrennt bestimmt werden kann. Diese Daten machen es möglich, Ränder von Artenansammlungen zu erkennen. Wesentliche Änderungen in der Zusammensetzung der Fauna können auf diese Weise beobachtet und als gestörte Gebiete interpretiert werden. Dadurch können Rückschlüsse und Vergleiche angestellt werden. Das Stadium des eingestellten Gleichgewichts in dem nach Eisbergestründungen verwüstete Gebiet kann somit bestimmt werden.

Erste Untersuchungen durch sichtbare Unregelmäßigkeiten der benthischen Struktur der Eisbergpflugspuren ergaben Erkenntnisse über die Deutung von gestörten und ungestörten Gebieten.

Die Bodentopografie gibt eindeutige Hinweise über gestörtes und ungestörtes Gebiet. Es wurden unerklärliche mechanische Störungen in der feinmaßstäbige Bodentopografie beobachtet, die sich durch parallele Rückenbildung (kleiner 1m) oder aber in einem ungleichmäßig geflügten Feld zeigte. Solche Spuren wurden teilweise durch Dämme begrenzt, die schon anfangen zu bröckeln. In diesen Gebieten waren gänzlich alle Organismen ausgerottet. Als Anschauungsmaterial ist an diese Arbeit eine CD (D.1) beigelegt, die 3 kurze Videoausschnitte des ROV's der Expedition ANTXV/3 zeigt, bei der auch die Daten für diese Arbeit erhoben wurden.



Ein abrupter Wechsel in der epibenthischen Struktur, der nicht durch andere physische oder biologische Prozesse erklärt werden konnte, liefert ebenfalls einen Hinweis auf ein gestörtes Gebiet.

Die auf der beigefügten CD (D.1) aufgenommenen Videoausschnitte mit dem ROV wurden am 9.04. und 10.04.2000 gemacht und bestehen aus 3 Sequenzen. Der erste Ausschnitt (video1avi50) zeigt die Aufnahmen der ROV-Station 127. Man erkennt eine reiche Fauna, das Gebiet ist ungestört, wie auch der Vergleich mit der Bathymetrie und die Kartierung der Spuren zeigt (Abb.??). Die nächsten beiden Ausschnitte (video2aavi50 und video2bavi50) stammen von der ROV-Station 126 und zeigen gestörtes Gebiet. Der Transect führt laut Bathymetrie über die Eisbergspur K112. Man kann auf dem Video video2bavi50 sehr gut die typischen Merkmale der Mikrotopografie auf dem Meeresboden, verursacht durch eine Eisbergpflugspur, erkennen. Dieser Bereich des Meeresbodens ist völlig zerstört und man erkennt eine junge Spur.

Im folgenden wurde der Versuch gemacht, die Ergebnisse der Fächerecholotmessung mit den Ergebnissen einzelner ROV Schnitte zu vergleichen. Hierfür wurden 5 Stationen herausgeriffen und näher mit den Fächerecholotdaten untersucht.

### Wahl der ROV Stationen:

Es wurden hauptsächlich Stationen gewählt, die über gestörtes Gebiet liefen. Auch war die Anzahl und Qualität der Bilder ausschlaggebend für die anschließende Interpretation und Zuordnung. In folgender Tabelle sind die ausgewählten Stationen aufgelistet:

Tabelle 8.8: Daten der einzelnen ROV Gebiete

ROV	Rahmenkoord.	DGM	Betrachtungsrichtung	Beleuchtung
41	70° 54.30S 10° 34.88'W	5m	südwest nach nordost	300°
	70° 53.72S 10° 32.17'W			45°
70	70° 50.32S 10° 33.67'W	5m	nordost nach südwest	300°
	70° 49.22S 10° 28.48'W			45°
74a	70° 50.32S 10° 33.67'W	5m	nordost nach südwest	300°
	70° 49.22S 10° 28.48'W			45°
219	70° 51.00S 10° 37.00'W	5m	nordost nach südwest	300°
	70° 49.77S 10° 33.77'W			50°
286	70° 52.08S 10° 47.23'W	5m	südost nach nordwest	305°
	70° 51.38S 10° 44.83'W			50°

mit :

Rahmenkoordinaten : Koordinaten der jeweils linken unteren Ecke und der rechten oberen Ecke

DGM : Gitterweite des berechneten DGM's

Beleuchtung: Richtungswinkel und Höhenwinkel

### Darstellung der Fächerecholotdaten:

Um die Strukturen der Meersbodentopografie besser interpretieren zu können und um die Bilder der einzelnen ROV-Stationen besser zuordnen zu können, bietet sich die Darstellung eines digitalen Geländemodells, die mit Hilfe der *Hydrosweep* Daten erstellt werden, an. Dabei muß allerdings eine feine Auflösung gewählt werden, damit kleinräumige Strukturen nicht geglättet werden. Es wurden bewußt kleine Ausschnitte des Meeresbodens gewählt, die die einzelnen ROV Stationen einschließen (Abb?? damit der Datenumfang minimiert und somit die Rechenzeit der Computer und Drucker, die mit der anschließende Weiterbearbeitung mit anderen grafischen Programmen (Corel Draw 10.0) beschäftigt sind, nicht zu überlasten. Die Auswahl von kleineren Ausschnitten hatte zudem den Vorteil, daß in den ausgewählten Gebieten die Datendichte höher war und für die DGM-Berechnung eine kleiner Gitterweite von 5m gewählt werden konnte. Die Berechnung des DGM erfolgte nach der in Kap?? beschriebenen Methode.

Für eine optisch ansprechende Darstellung durch Verbesserung der Formwirkung und für die Analyse mit den ROV Daten wurde eine perspektivische (3D) Ansicht in Form eines Schummerbildes gewählt. Diese wurde in jedem einzelnen Gebiet aus dem berechneten DGM als Flächenfarbmodell abgeleitet, wobei eine Schwarz-Weiß-Darstellung der farblichen vorgezogen wurde. Die Betrachtungsrichtung und Beleuchtung versuchte man optimal zu wählen, die Werte sind der Tabelle ?? zu entnehmen.

Über die Darstellung wurde der jeweilige ROV Schnitt gelegt und eine Auswahl von Bildern zugewiesen. Die Zuweisung der Bilder erfolgte nur ungefähr. Da die Bilder keine Koordinatenzuweisung haben, konnte die Lage nicht exakt bestimmt werden. Bei jedem ROV Einsatz werden die fotografierten Bilder beginnend mit „1“ an durchnummeriert. An der Anzahl der Bilder kann eine ungefähre lagemäßige Zuordnung erfolgen.

Anschließend wurden die ROV-Untersuchungen mit dem Relief des Meeresboden verglichen.

# ROV 41

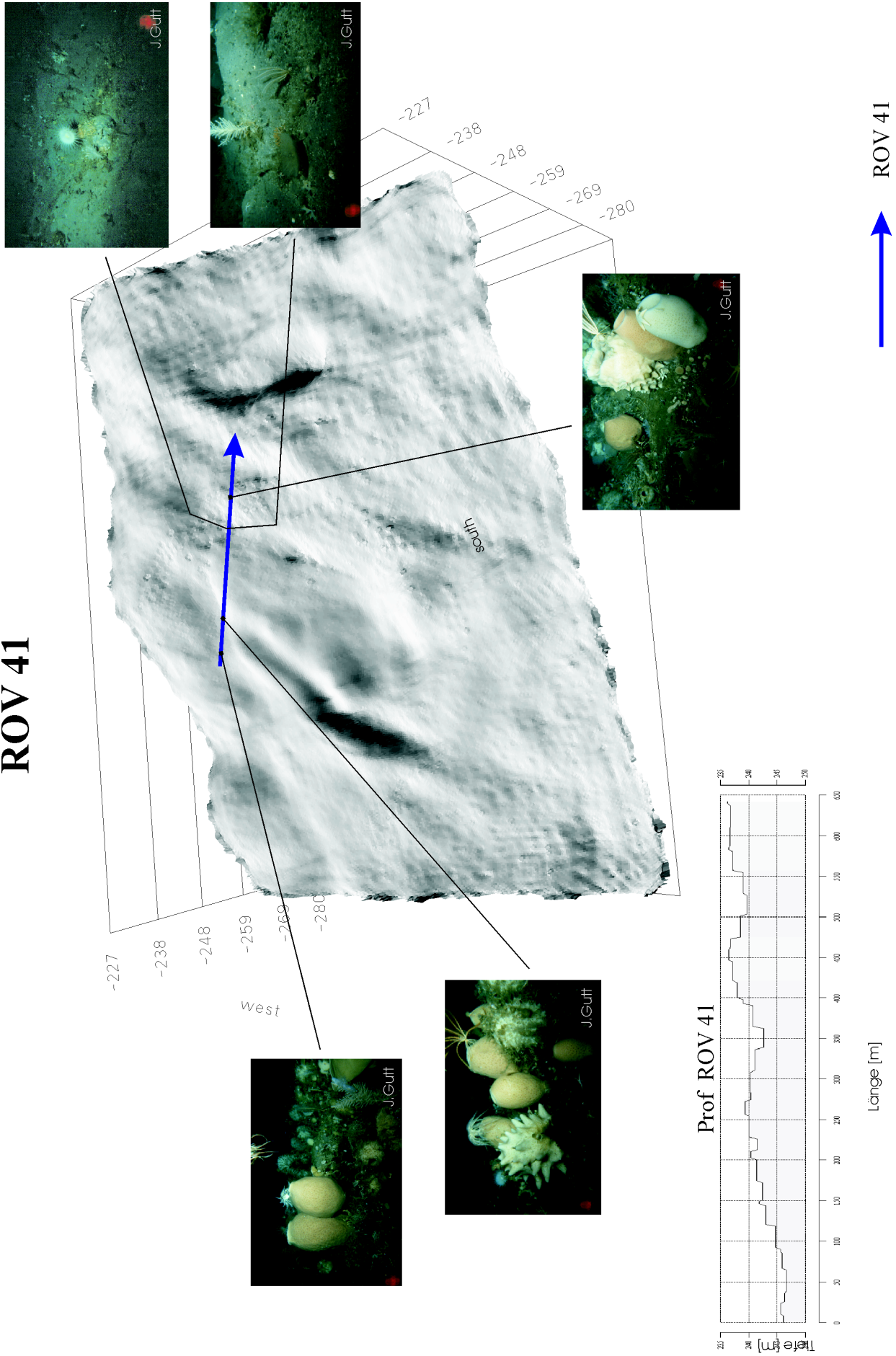


Abbildung 8.13: ROV 41

ROV41:

Die Station ROV 41 verläuft an der Eisbergpflugspur K121 vorbei bis auf die Spur K122 zu, schneidet aber keine der beiden Spuren. Auf den ersten 3 Bildern läßt sich eine reiche Fauna erkennen mit vielen sessilen Arten, die auf ein ungestörtes Gebiet weisen.

Es lassen sich folgende Organismen auf den Bildern erkennen:

- verschiedene sehr große *Porifera* (*Schwämme*) viele der Klasse *Hexactinellida* (*Glasschwämme*)
- *Ophiuridea* (*Schlangensterne*)
- *Crinoidea* (*Haarsterne*)
- *Bryozoas* (*Moostierchen*)
- *Gogonarian* (*Hornkorallen*)
- *Anthozoa* (*Blumentiere*)
- *Hydrozoa*
- *Asteroidea* (*Seesterne*)

Anschließend taucht ein Gebiet auf, daß sich in der DGM-Darstellung als leichte Vertiefung im Meeresboden erkennen läßt, aber bei der Digitalisierung der Eisbergspuren nicht als Spur zu erkennen war. Die Bilder in diesem Bereich lassen erkennen, daß hier eine Störung vorliegt, die erste Wiederbesiedlung jedoch schon begonnen hat.

Es ist nur eine dünne Besiedlung zu erkennen mit vereinzelt *Crinoidea* (*Haarsterne*), *Bryozoas* (*Moostierchen*) und *Ophiuridea* (*Schlangensternen*) auf. *Hydrozoas* und *Bryozoas* (*Moostierchen*) mit sehr geringer Biomasse sind auch ersichtlich. Sessilen Organismen wie z.B. *Porifera* (*Schwämme*) fehlen gänzlich.

Der Meeresboden ist steinig und man kann kleine Erhöhungen erkennen, die wahrscheinlich von dem Kiel eines Eisberg verursacht wurden. Es ist zu vermuten, daß die Spur von einem Eisberg stammt, der nicht tief durch den Boden gepflügt ist, dadurch entstehen keine großen Vertiefungen, was die Erkennung solcher Spuren mit dem Fächerecholot schwierig macht. Auch kann die Spur nicht frisch sein, da bereits eine Wiederbesiedlung zu erkennen ist.

Am Rande kann man wieder ungestörtes Gebiet sehen. Es tauchen wieder große *Porifera* (*Schwämme*) auf, speziell *Hexactinellida* (*Glasschwämme*), die mit zu den Schlüsselarten gehören, die auf ein langzeit physisch ungestörtes Gebiet hinweisen.

# ROV 219

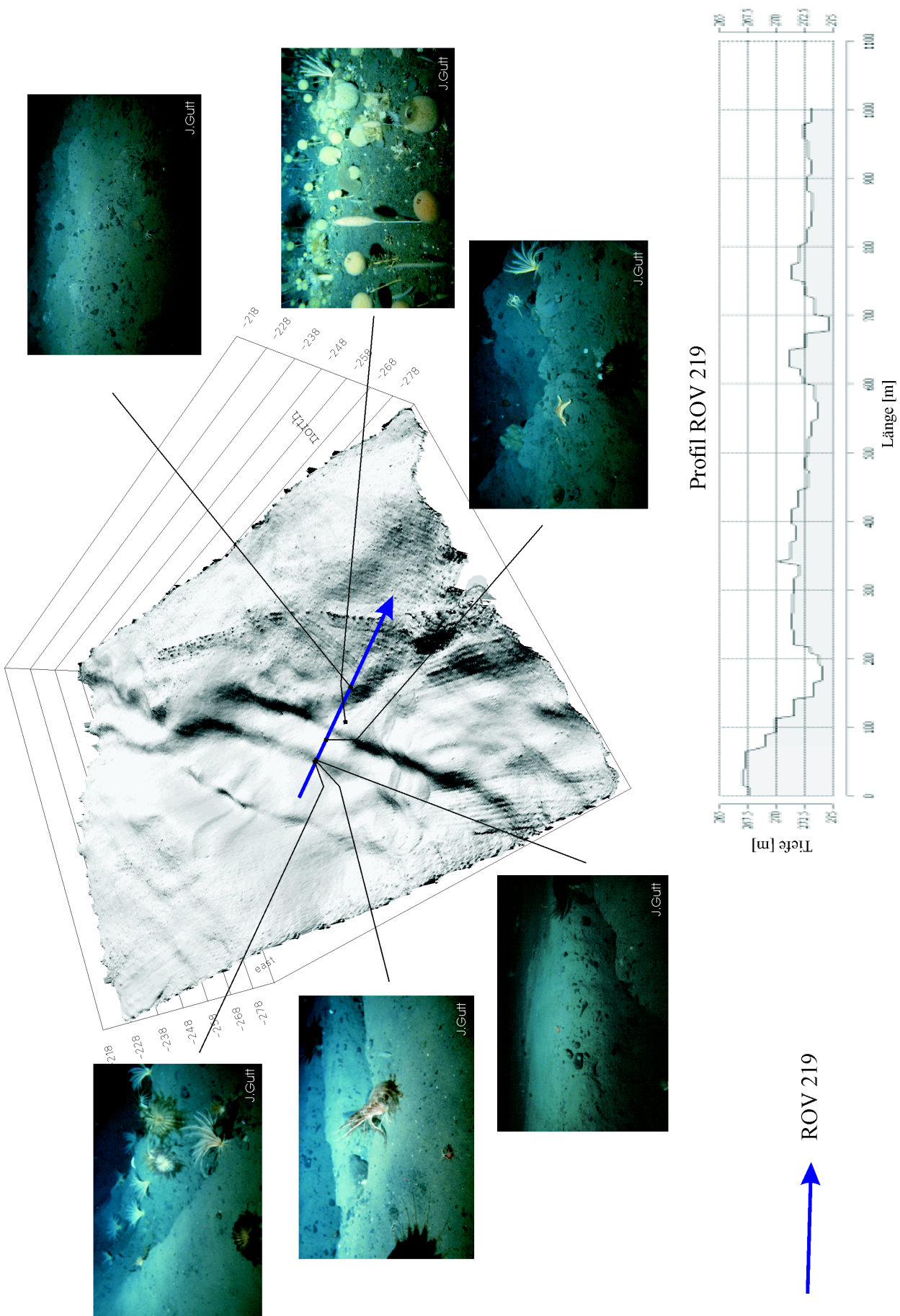


Abbildung 8.14: ROV 219

ROV219:

Die ROV Station 219 hat eine Länge von knapp 1000m und wurde in den Wassertiefen 251-271m durchgeführt. Der Transect kreuzt die Eisbergpflugspuren K112 und K110. Die Topografie läßt diese Spuren klar erkennen.

Der Meeresboden ist in diesem Bereich stark geschädigt. Die ersten Bilder zeigen typische Merkmale der Rückenbildung durch Eisberge. An den Hängen dieser Rücken haben sich bereits erste Pionierarten eingefunden.

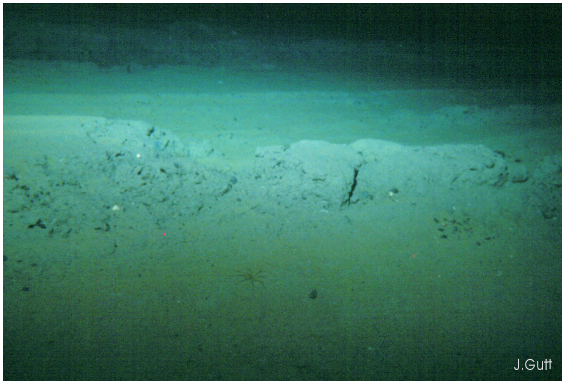
Als typischen Anzeichen für ein juveniles Stadium der Wiederbesiedlung treten häufig ein oder zwei dominierende Pionierarten auf. Auch hier läßt sich eine dominierende Art klar erkennen. Auf dem ersten Bild tauchen hauptsächlich *Crinoidea* (*Haarsterne*) auf, die sich auf den Hängen niedergelassen haben und ein erstes Anzeichen für die Wiederbesiedlung sind. Vereinzelt sind auch *Anthozoa* (*Blumentiere*) zu sehen.

Auf den folgenden Bildern kann man noch vereinzelt *Ophiuridea* (*Schlangensterne*) erkennen.

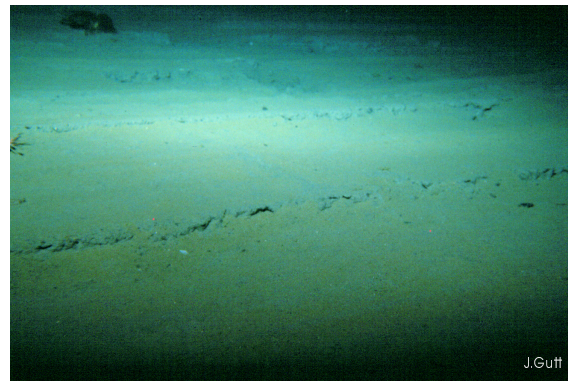
Zwischendurch erscheint ein Bereich, in dem die Wiederbesiedlung schon fortgeschrittener ist. Es lassen sich erste sessile Arten wie *Stielschwämme* und auch andere kleinere *Porifera* (*Schwämme*) beobachten, die hier dominieren. Vereinzelt lassen sich wieder *Crinoidea* (*Haarsterne*) und *Gogonarian* (*Hornkorallen*) erkennen, beides Schlüsselarten für gestörtes Gebiet. Die Position dieses Bildes ist bewußt außerhalb der Transectstrecke gelegt worden, da man auf dem Bild einen ebenen Meeresboden erkennen kann, der vermuten läßt, daß das ROV hier etwas von der direkten Transectstrecke abgewichen ist. Da nur zu Beginn und am Ende des Aussetzens die exakte Position angegeben werden kann, kann man keine exakte Lage des ROV Transects wiedergeben. Die Umgebung läßt vermuten, daß das Bild aus dem Bereich zwischen den beiden Eisbergpflugspuren K113 und K110 stammt, wo der Meeresboden keine größeren Vertiefungen erkennen läßt.

Der Meeresboden ist zerfurcht und steinig. Am Ende des Schnittes kann man auf dem DGM eine leicht gestreifte Oberfläche erkennen. Dieses Muster ist auch im Westen (an dem Ende der Spur K112) zu sehen, der Verlauf ist jedoch nicht identisch mit dem Spurverlauf selbst. Man könnten meinen, die Strukturen sind Meßfehler. Wenn man aber die Bilder (Abb. ??) in diesem Bereich betrachtet, erkennt man jedoch eine ganz frische Spur. Bei den Beobachtungen von Eisbergpflugspuren in der Labradorsee wurden diese Riefen und Furchen durch Trümmergestein, das in der Achterkante des Kiels eines Eisberges eingeschlossen ist, oder durch offene Risse, Klüfte und Sprünge im Eisberg erklärt [Woodworth-Lynas, 1991].





ROV 219 Bild 165



ROV 219 Bild 167

Abbildung 8.15: Frische Eisbergpflugspur

Auf den Bildern (Abb. ??) kann man keine Art von Tieren erkennen, woraus sich schließen läßt, daß diese Spur ganz frisch ist. Es sind keine größeren Vertiefungen oder Böschungen zu sehen, der Eisberg hatte wahrscheinlich keinen großen Tiefgang, so daß er nicht weit in den Meeresboden eindringen konnte. Er ist nur über den Meeresboden gestrifen und hat dabei den Boden „planiert“ und alles Lebewesen zerstört. Das läßt sich deutlich durch die wellen- und riffelbildende Mikrotopografie erkennen

# ROV 286

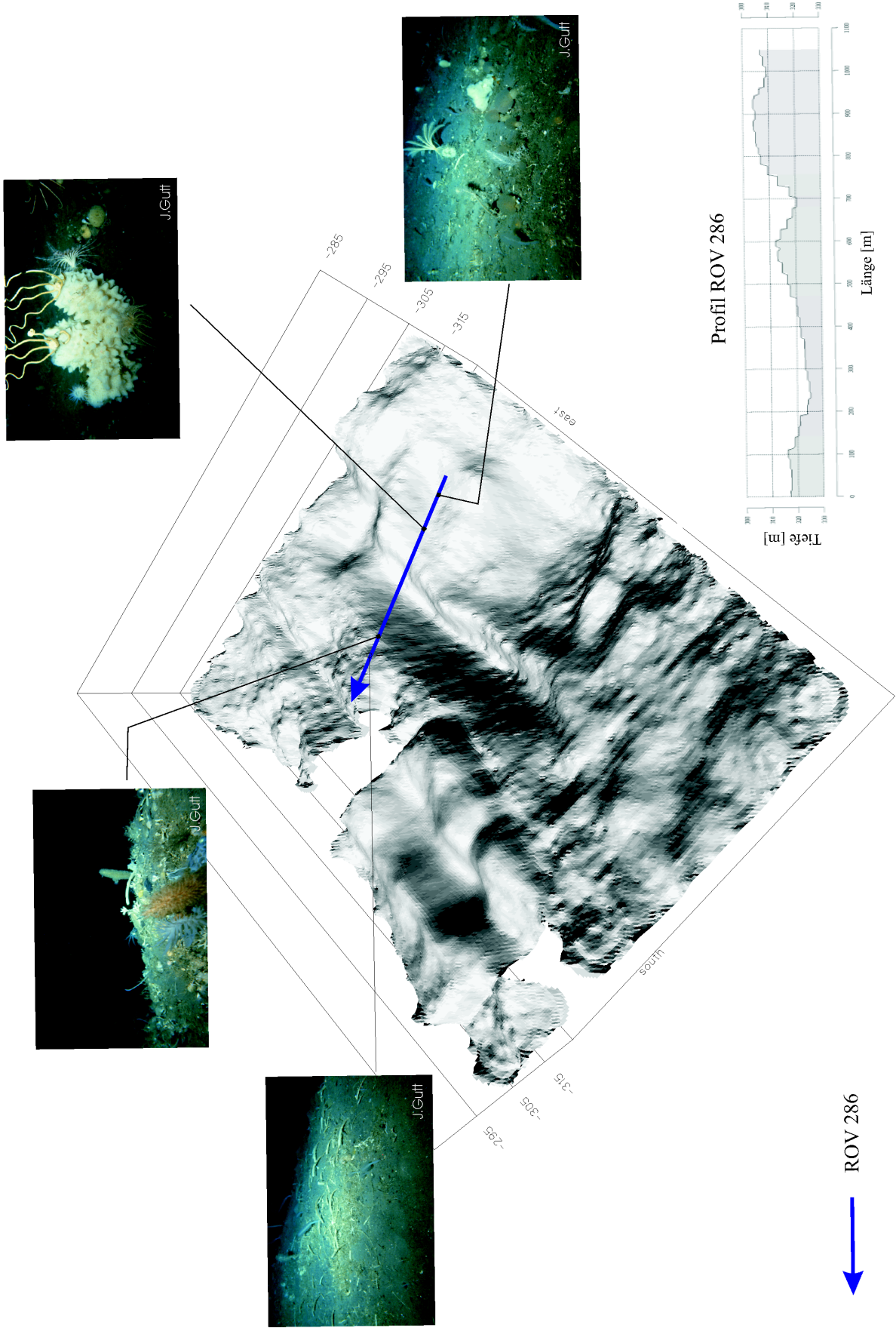


Abbildung 8.16: ROV 286



ROV286:

Der ROV Transect 286 hat eine Länge von 1176m und wurde in Tiefen zwischen 315-309m durchgeführt. Der Transect schneidet die Eisbergflugspur K59 und endet kurz vor der Spur K69. Die Eisbergspur K59 hat eine Tiefe von 9m und eine Breite von 126m. Die Neigung der Spur ist mit 8° schon auffällig steil, was in dem DGM auch zu erkennen ist.

Das erste Bild am Anfang des Transects zeigt eine dominierende Fauna von *Hydrozoa*, *Bryozoa* (*Moostierchen*) und *Anthozoa* (*Blumentiere*) auf, die jedoch nur eine geringe Biomasse aufweist. Vereinzelt erkennt man wieder *Crinoidea* (*Haarsterne*). Der Meeresboden ist eben. Die Spur ist nicht mehr jung und die Wiederbesiedlung hat schon begonnen.

Auf dem folgenden Bild erkennt man wieder eine reiche Fauna mit großen *Hexactinellida* (*Glasschwämmen*) auf denen sich *Ophiuridea* (*Schlangensterne*) und *Crinoidea* (*Haarsterne*) niedergelassen haben. Die Lebensgemeinschaften sind hier nicht gestört worden. Der Meeresboden ist hier ebenfalls glatt. Solche Lücken von ungestörten Gebieten zwischen gestörten können durch Vertiefungen im Meeresboden entstehen, die tiefer als der Kiel des Eisberges sind. Der Eisberg gleitet in so einem Fall über diese Vertiefung, ohne alle Organismen zu zerstören. Hier ist es aber unwahrscheinlich, da keine Vertiefung vorhanden ist und da auch keine weiteren Merkmale in der Topografie zu erkennen sind, die auf weitere Berührungen mit einem Eisberg hinweisen. Vielmehr ist anzunehmen, daß hier ein Streifen ungestörtes Gebiet vorhanden ist. Betrachtet man die Bathymetrie, so kann man zu Beginn des Transectes eine Vertiefung erkennen, wo kaum Leben vorhanden ist. Dann folgt ein Abschnitt der eben ist und keine weiteren Merkmale einer Zerstörung aufweist, gefolgt von der Eisbergflugspur K59, die deutlich zu erkennen ist.

Die letzten Bilder lassen eine schon fortgeschrittene Wiederbesiedlung der Böschungshänge erkennen.

An den Hängen der Eisbergflugspur K59 läßt sich ebenfalls eine Wiederbesiedlung in einer hohen Stufe beobachten. *Hydrozoa*, *Bryozoa* (*Moostierchen*) sind mit einer hohen Biomasse vertreten, aber es fehlt jede Spur von *Porifera* (*Schwämmen*).

In der DGM Darstellung erkennt man am Anfang der Spur K59 eine Vertiefung. Die Spur wird anschließend wieder schmaler und flacher, dann jedoch wieder tiefer. Diese Vertiefung kann durch den Pumpeffekt von Eisbergen entstehen, wenn sie sich kaum bewegen und nur von der Ebbe und Flut auf und ab bewegt werden.

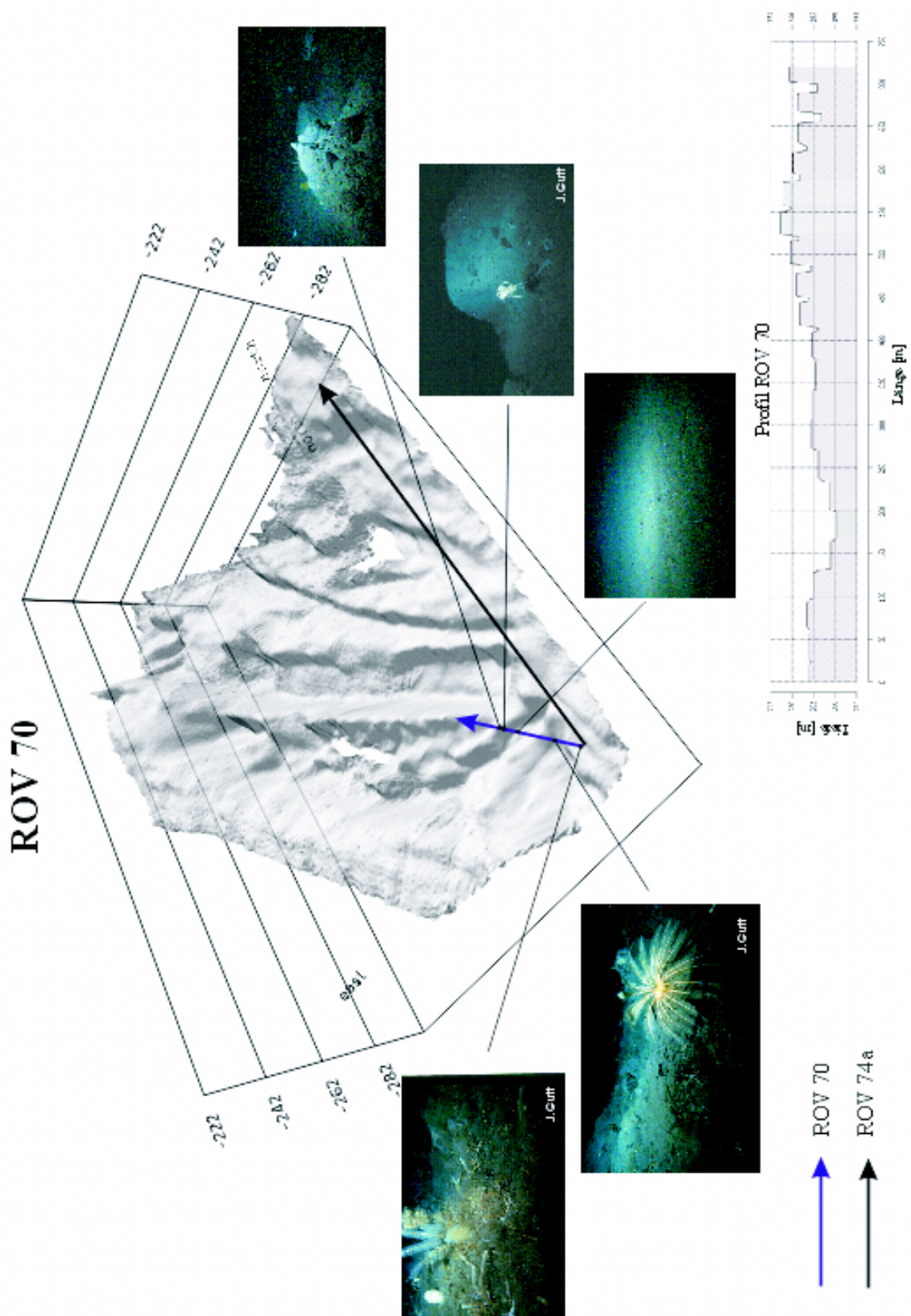


Abbildung 8.17: ROV 70

ROV70:

Die Transectstrecke der ROV Station 70 ist 728m lang und erfolgte in den Tiefen von 286m bis 273m. Der Transect ist in der Nähe der ROV Station 74a, die später noch beschrieben wird.

Das Gebiet des Transectes ist eindeutig gestört, wie sich schon an der Bathymetrie erkennen läßt. Das ROV ist über die Eisbergpflugspur K116, gedriftet und man kann sehr gut die Ränder und die Mitte der Spur auf den Bildern erkennen.

Die Fauna des Meeresbodens ist schnell beschrieben, da kaum Organismus am Boden vorhanden ist. Das erste Bild zeigt noch eine relativ reiche Fauna, wenngleich es keine intakte Fauna ist, da zwar *Porifera* (*Schwämme*) zu sehen sind, aber nur in geringen Mengen und nicht besonders große. Es ist eine reiche Biomasse an beweglichen Arten vorhanden. Auf dem Boden erkennt man eine hohe Anzahl an *Bryozoa* (*Moostierchen*). Im Vergleich zu den anderen Bildern ist diese Fauna noch nicht völlig wieder hergestellt, aber sie ist auch nicht so gestört wie das benachbarte Gebiet. Wahrscheinlich ist diese Gegend gestört worden, hatte aber genügend Zeit, sich wieder soweit zu regenerieren.

Das zweite Bild zeigt, daß die benachbarte Gegend anscheinend vor kurzem von einem Eisberg zerstört wurde. Man kann die Furchen, die der Kiel des Eisberges hinterlassen hat, im Meeresboden erkennen. Hier hat sich bereits ein *Crinoidea* (*Haarstern*) angesiedelt, ansonsten ist der Boden sehr steinig, aufgewühlt und zeigt kaum andere Organismen. Ein paar *Asteroidea* (*Seesterne*) sind noch zu erkennen.

Auf dem dritten Bild erkennt man die Mitte der Spur. Hier ist der Boden eben und alles Lebewesen ist zerstört. Dann folgen wieder Bilder von der anderen Böschungseite der Spur, auf denen aber ebenfalls kaum Leben zu erkennen ist. Diese Spur kann als sehr frisch interpretiert werden.

Die Strukturen, die man in der Bathymetrie erkennen kann, sind ebenfalls sehr interessant und schwierig zu deuten. Man erkennt mehrere Spuren, kann aber nicht eindeutig bestimmen, ob sie von einem Eisberg stammen oder von mehreren. Die Spur K116 kann zumindest als frische Eisbergpflugspur bestimmt werden. Die Spuren laufen alle längs zum Hang, also mit den Tiefenlinien. Die Spuren könnten also auch von einem Eisberg mit mehreren Kielen stammen. Da aber die Spur K114 mit 258m schon eine große Breite aufweist, ist es unwahrscheinlich, daß die Spuren von einem Eisberg stammen.

Interessant ist auch der Knick, den die Spur macht. Am Anfang ist eine Vertiefung zu erkennen, wie auch schon in dem DGM der Station 286 zu beobachten war. Dieses könnte von dem Pumpeffekt stammen, der auftritt, wenn sich die Eisberge wenig bewegen, d.h kaum noch driften. Sie werden dann von der Tide oder auch dem Seegang auf und ab bewegt und können dadurch große Strömungen bewirken. Durch das Auf und Ab dringen sie an dieser Stelle tiefer in den Meeresboden ein und könnten eine Mulde hinterlassen.

# ROV 74a

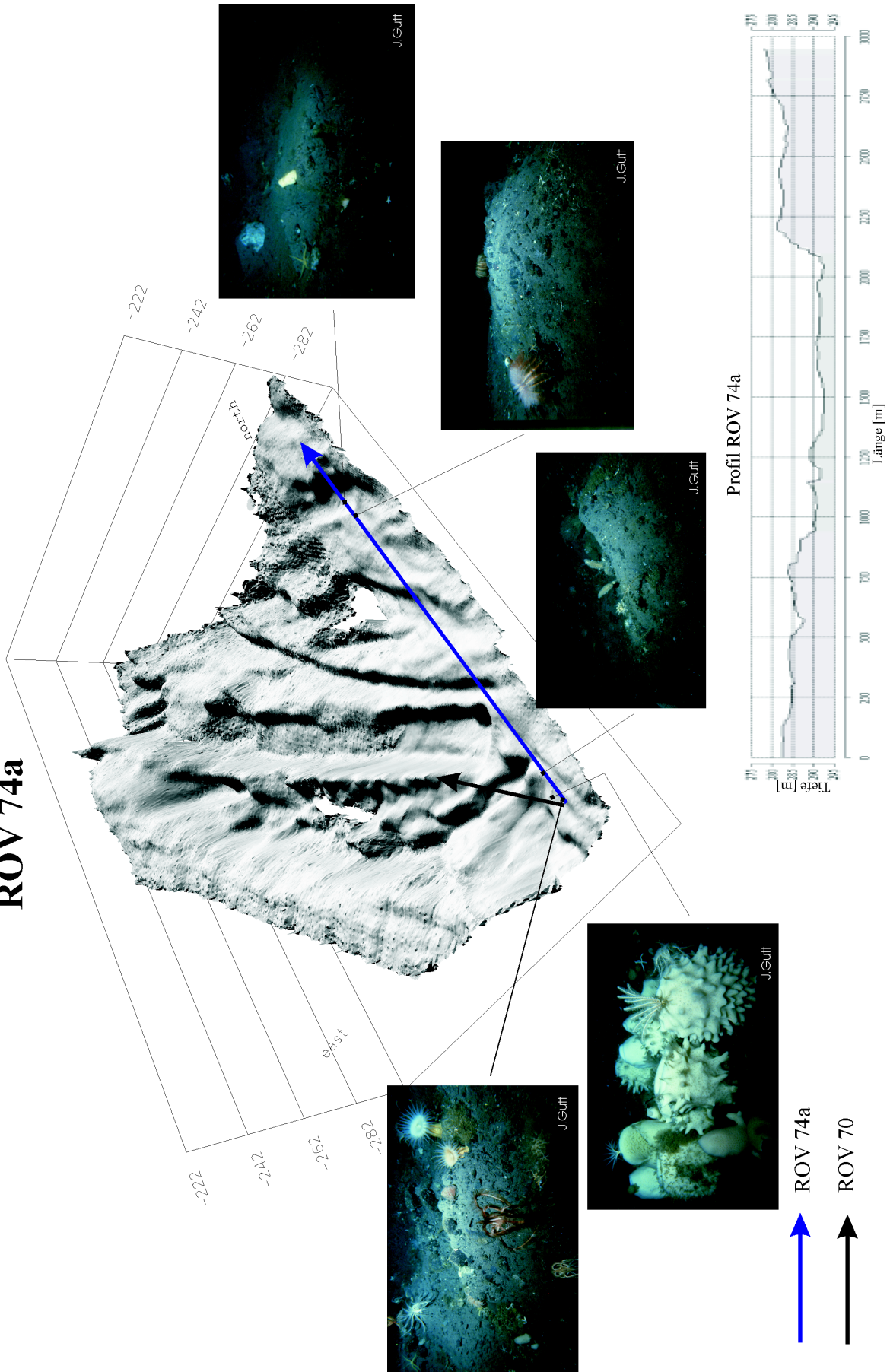


Abbildung 8.18: ROV 74a

ROV74a:

Der ROV Transect der Station 74a ist mit 2845m der Längste. Die Wassertiefen sind identisch mit denen der ROV Station 70 (286 bis 273m).

Der Transect läuft an den Spuren K116, K114 und K112 entlang. Die Spur K114 wird nur leicht gestriffen. Hier wäre sicherlich eine direkte Beobachtung in der Spur interessant gewesen, da die Spur eine markante Struktur aufweist. Der Boden ist eben und U-förmig vermutlich von einem Tafelberg.

Das erste Bild zeigt einen steinigen, aufgewühlten Boden. Es sind viele verschiedene Arten zu sehen, jedoch jeweils mit nur einer geringen Biomasse:

- sehr kleine *Porifera* (*Schwämme*)
- *Ophiuridea* (*Schlangensterne*)
- *Crinoidea* (*Haarsterne*)
- *Bryozoa* (*Moostierchen*)
- *Gogonarian* (*Hornkorallen*)
- *Anthozoa* (*Blumentiere*)
- *Hydrozoa*

Diese reiche Artenvielfalt läßt erkennen, daß nach einer Zerstörung sich verschiedene Arten wieder niederlassen können, die in intakten Gemeinschaften keinen Platz hätten sich niederzulassen. Hier kann man erkennen, daß eine Zerstörung bei der Wiederbesiedlung die Artenvielfalt erhöhen kann.

Das nächste Bild ist voller großer *Porifera* (*Schwämme*) hauptsächlich der Familie *Hexactinellida* (*Glasschwämme*). Die Lebensgemeinschaft in diesem Bereich des Meeresbodens sind eine lange Zeit nicht gestört worden.

Die folgenden Bilder weisen wieder unruhigen und steinigen Boden auf, typisches Merkmal eines gestörten Gebietes. Auf dem Meeresboden lassen sich wieder die typischen Indikatoren für gestörtes Gebiet erkennen. *Crinoidea* (*Haarsterne*), *Gogonarian* (*Hornkorallen*), *Ophiuridea* (*Schlangensterne*) und vermutlich ein Teil einer *Anthozoa* (*Blumentiere*).

Wie bereits bei der ROV Station 70 erklärt, kann man auch anhand der Topografie erkennen, daß der Meeresboden in diesem Gebiet im allgemeinen sehr gestört ist.

Die Lücken im DGM lassen sich auf fehlende Meßdaten zurückführen. Da in diesem Gebiet viele Eisberge lagen, mußte immer wieder vom Kurs abgewichen werden. Hinzukommt, aufgrund der Wetterlage die schlechte Eislage und somit eine schlechtere Meßdatenqualität.

In einigen Bereichen lassen sich wieder kleine Strukturen in der Mikrotopografie erkennen. Diese stammen wahrscheinlich von Gesteinsschutt, daß sich im Eisbergkiel bei der Berührung mit dem Meeresboden eingelagert hat.

## 8.4 Vergleich von Eisbergbeobachtungen mit den Eisbergflugspuren

Durch Beobachtungen einzelner Eisberge in dem Untersuchungsgebiet konnte die Bewegungsrichtung der Eisberge untersucht werden. Die Anzahl der beobachteten Eisberge ist zwar gering und läßt nur Vermutungen zu, aber im Zusammenhang mit den Eisbergflugspuren läßt sich eine eindeutige Driftrichtung der Eisberge erkennen (Abb.??).

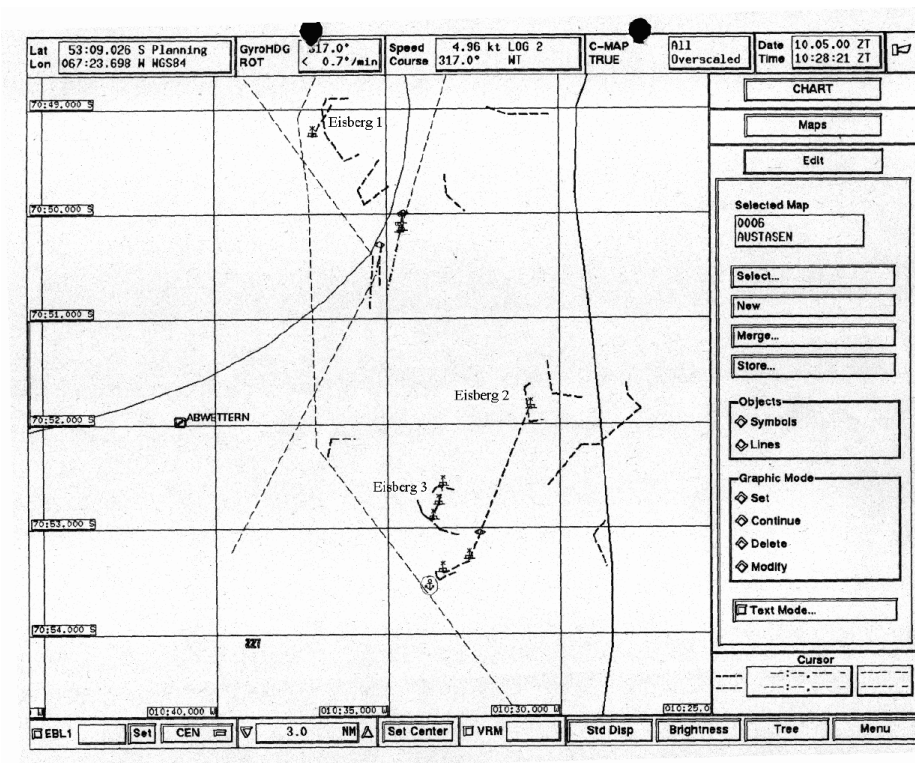


Abbildung 8.19: Mit dem Radargerät beobachtete Eisberge der Expedition ANTXVII-3

Die Konturen der Eisberge (1-3) wurden anhand des Radarechos (Abb.??) von den wachhabenden Nautikern (Boche, Peine, Rodewald) in einer MAP (NACOS Mutliplot) abgelegt. Es wurde die Drift der Eisberge und Lageänderungen beobachtet um für spätere Forschungseinsätze frische Eisbergkratzer zu finden.



Die Eisberge in der Abb. ?? wurden jeweils zu folgenden Zeiten am Radargerät beobachtet:

Tabelle 8.9: Beobachtungszeiträume der Eisberge

Nr.	Datum	Uhrzeit
1	07.04.2000	08:00
2	07.04.2000	19:00
3	08.04.2000	08:00



Abbildung 8.20: Radargerät mit den Eisbergechos (grün) Foto: O.Krüger

Es wurde für die Eisberge zu jedem Zeitpunkt die Lagekoordinaten aus dem Radarbild abgegriffen. Für die Eisberge 2 und 3 wurden zudem noch die Art des Eisberges sowie die Höhe und Breite aus dem Neigungs- und Horizontwinkel am Radarbild bestimmt. In folgender Tabelle sind die Werte aufgelistet:

Tabelle 8.10: Beobachtungsdaten

Eisberg	Radarabstand [ $R_{ae}$ ]	Vertikalwinkel [ $V_w$ ]	Horizontalwinkel [ $H_w$ ]
2	1.2sm	76'	6° 52'
3	0.95sm	66'	22° 10'

Anhand der Werte wurden die Höhe und die Breite der beiden Eisberge mit folgender Überschlagsformel [aus: Terheyden et al., 1983] berechnet:

$$R_{ae} \approx \frac{13}{7} \cdot \frac{h_{Eisberg}}{V_w} \quad (8.1)$$

mit :

- $R_{ae}$ : Radarentfernung des Eisberges vom Schiff in sm
- $h_{Eisberg}$ : Höhe des Eisbergs in m
- $V_w$ : Vertikalwinkel in Winkelminuten gemessen mit dem Sextant

Für die Berechnung der Breite wird der Vertikalwinkel durch den Horizontalwinkel ersetzt. Zu Beachten ist, daß die Formel nur eine Näherungsformel ist. Um die Breite und Höhe von Eisbergen exakt zu bestimmen sind andere Beobachtungsmethoden und Berechnungsverfahren notwendig, die aber auf der Expedition nicht zur Verfügung standen und daher nicht näher erläutert werden. Die Drift wurde aus den Koordinatenabständen berechnet.

Tabelle 8.11: Berechnete Drifgeschwindigkeiten

Eisberg	Art	Zustand	Höhe	Breite	Drift
2	Falteneisberg	verwittert	49m	266m	1.6sm
3	Tafeleisberg	glatt	34m	680m	0.35sm

In Abb.?? wurden die 3 Eisberge sowie 3 weitere, von denen die Koordinaten notiert wurden jedoch keine weiteren Beobachtung erfolgen, in die Tiefenlinienkarte eingetragen. Die Pfeile in der Karte geben die Bewegungsrichtung der Eisberge wieder. Man kann eine eindeutige Süd - Südwest Driftrichtung erkennen, die mit der Hauptrichtung der Eisbergpflugspuren (Abb. ??) übereinstimmt.



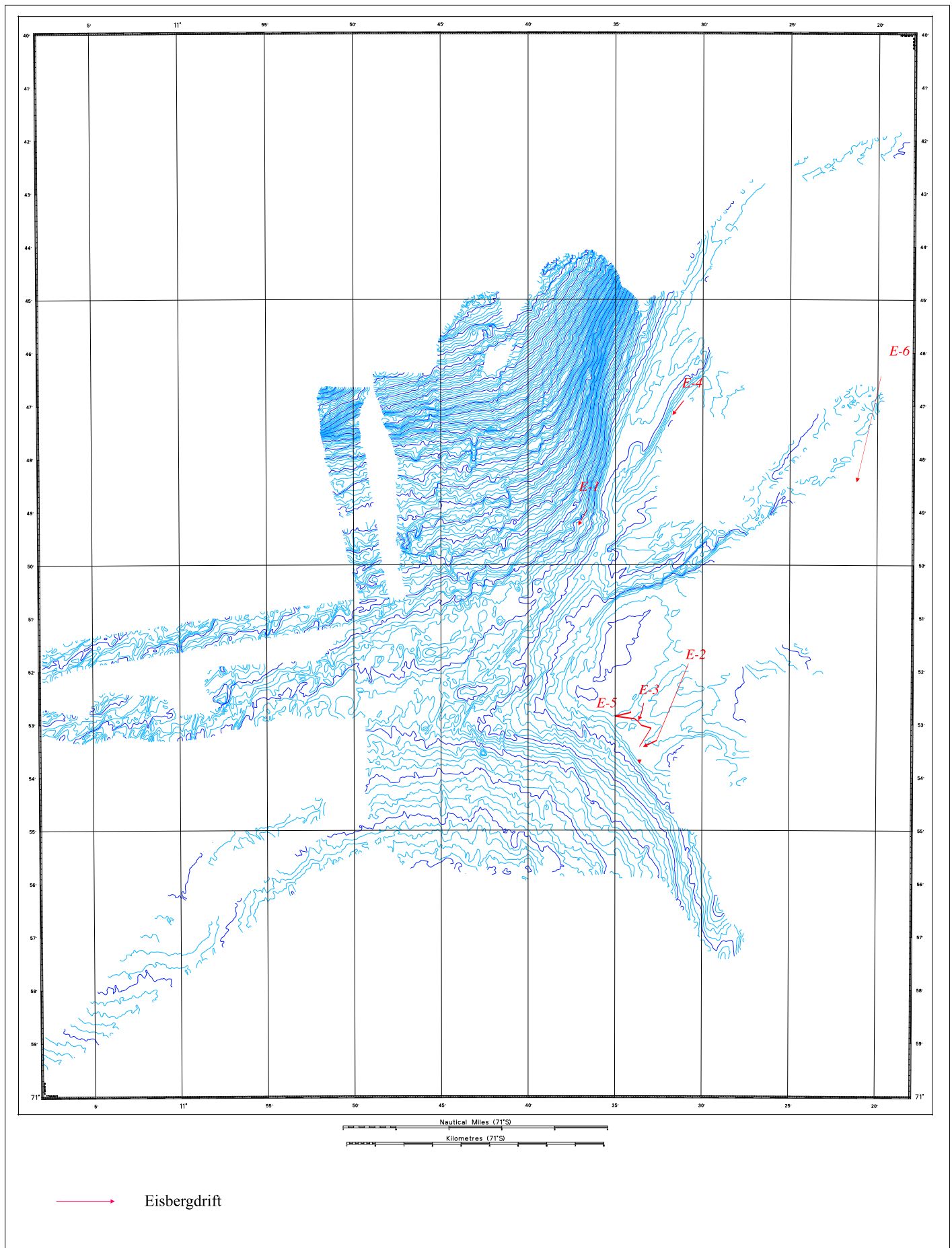


Abbildung 8.21: Bei der Expedition ANTXVII-3 mit dem Radar beobachtete Eisbergdrift

# Kapitel 9

## Zusammenfassung

Die Vorliegende Arbeit hatte die Untersuchungen von Eisbergpflugspuren im Bereich der *Austaasenbank* zum Inhalt.

Insgesamt konnten in diesem Gebiet 127 Eisbergpflugspuren kartiert werden, von denen jedoch nur 79 genauer untersucht wurden.

Ein Schwerpunkt war es Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von Eisbergstrandungen mit der Kalbungsrate und der Drift der Eisberge in Verbindung mit der Topografie und Einfluß von Strömung und Wind auf die Drift der Eisberg erkennen zu können.

### Zusammenhänge von Topografie, Strömungen und Wind auf die Drift der Eisberge:

Anhand der Auswertungen, kann man eine Abhängigkeit der Drift von der Topografie und den Einfluß von Wind und Strömung erkennen. Das Antarktische Strömungssystem hat einen Ost-West Verlauf und wird von den starken Ostwinden angetrieben (Kap.??). Durch Beobachtungen von Eisbergen mit Satelliten und Radiosendern hat man eine Hauptdriftrichtung beobachten können, die sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit decken. Die beobachteten Eisberge während der Expedition *EASIZ III* mit dem Forschungsschiff *Polarstern* kommen alle aus dem Osten und haben eine Bewegungsrichtung von Süd - Südost. Auch die Eisbergpflugspuren, die kartiert wurden weisen eine Hauptdriftrichtung von Süd - Südost auf, die sich auf die Ostwinde und das antarktische Küstenstromsystem schließen läßt.

Die Abhängigkeit von der Topografie läßt sich an der *Austaasenbank* erkennen. Hier driften die Eisberg entlang der Bank, wie man anhand ihrer Spuren, die sie auf dem Meeresboden hinterlassen haben, sehen kann. Zudem verlaufen die meisten Pflugspuren mit den Isolinien, was auch eine Abhängigkeit der Topografie erkennen läßt. In ebenen Gebieten, wie auf der *Austaasenbank* tauchen nur wenige Spuren auf, die auch keine große Eindringtiefe haben. Das läßt sich durch die ansteigende Topografie erklären. Die Eisberge bleiben schon vorher hängen. Nur wenige mit einem Tiefgang kleiner 225m können über die Bank driften. Die Einsätze des ROV's und des Mehrfachkastengreifers bestätigen diese Vermutung. Die Videoaufnahmen mit dem ROV zeigen in dieser Gegend kaum gestörtes Gebiet, und die Ergebnisse des Mehrfachkastengreifers

deuten wenn, dann nur auf ältere Spuren hin, die schon wiederbesiedelt waren und wahrscheinlich deßhalb in der Bathymetrie nicht zu erkennen waren.

#### Zusammenhänge von Kalbungsrate und Häufigkeit von Eisbergstrandungen:

Eine Abhängigkeit von Eisbergstrandungen mit der Kalbungsrate konnte durch die Untersuchungsmethoden in dieser Arbeit nicht eindeutig festgestellt werden. Es konnten keine direkten Kalbungsvorgänge beobachtet werden. Bis zu 20 Eisberge wurden während der Expedition ANTXVII/3 in dem Untersuchungsgebiet gezählt. Das Meiste waren Tafeleisberge.

Das Untersuchungsgebiet konnte als stark gestört interpretiert werden. Hier könnte man einen Zusammenhang sehen, der sich aber nicht eindeutig nachweisen läßt. Tafeleisberge sind junge Eisberge, die noch nicht lange von der Schelfeiskante abgebrochen sind. Im Vergleich mit dem Meeresboden könnte man vermuten, daß das Gebiet aufgrund frisch gekalbter Eisberge stark gestört ist, wobei allerdings nicht gesagt werden kann, ob die Pflugspuren in dem Gebiet alles junge Spuren sind. Einige Spuren konnten z.B. als „alte Spuren“ in den ROV-Bildern interpretiert werden. Während der Expedition ANTXII/3 im Gebiet des Filchner Schelfeises wurden eine hohen Eisbergkonzentration beobachtet, eine anschließende Vermessung mit dem Side Scan konnte jedoch keine höheren Mengen von Eisbergpflugspuren entdeckt werden, jedoch konnte aufgrund der Eisbedingung der Meeresboden nicht weiter mit ROV und Mehrfachkastengreifer beprobt werden. [Gutt et al., 1997].

Im Westen des Untersuchungsgebietes erkennt man viele markante Spuren, die selbst in der Isoliniendarstellung zu erkennen sind. Leider ist hier die Vermessung nur lückenhaft und in diesem Gebiet standen weder Mehrfachkastengreifer- noch ROV-Ergebnisse zur Verfügung, da die Einsätze aufgrund von vorherigen Kenntnissen von Eisbergpflugspuren in anderen Gebieten gemacht worden sind.

#### Vergleiche mit den MG und ROV Ergebnissen:

Wegen dem extrem langsamen Wachstum von vielen Arten in der Antarktis, sind Gebiete, die oft durch Eisbergstrandungen zerstört werden, von einem fortdauernden Wechsel von Zerstörung und Gesundung gekennzeichnet. Eine zunehmende globale Erwärmung würde eine zunehmende Strandung von Eisbergen zur Folge haben und somit auch eine erheblich Beeinträchtigung dieser Umwelt erzeugen. Ein globaler Vergleich zeigt, daß Eisbergstrandungen in der Antarktis mit zu den nachhaltigsten Störungen, die Ökosysteme auf der Erde überhaupt erfahren, gehören [Gutt, 1997]. Daher ist es sehr wichtig Informationen über die Regeneration der Bodenfauna dieser Gebiete zu erhalten.

Die Untersuchung des Gebietes *Austaasen* sollte mit zur Klärung der Frage: „Welche Auswirkung vermehrte Störungen durch vermehrte Eisbergstrandungen als Folge eines globalen Klimawandels haben“ beitragen.

Die Auswertung von Eisbergpflugspuren in Kombination von Fächerecholotdaten, Mehrfachkastengreifer und insbesondere dem ROV geben eine gute Möglichkeit Erkenntnisse über gestörte Gebiete und ihr Wiederbesiedlungsstadium zu erhalten.

Die Auswertung der einzelnen Eisbergpflugspuren bestätigte Ergebnisse bereits vorgegangener Untersuchungen von Eisbergpflugspuren in der Weddellsee speziell und

in anderen Gebieten (Labradorsee), obwohl die Sidescan Sonar Daten nicht für die Auswertung benutzt werden konnten.

Der Vergleich der Mehrfachkastengreifer Ergebnisse und die der ROV Einsätze ergaben eine hohe Übereinstimmung mit den Daten der Fächerecholotmessung. Die Visualisierung der Fächerecholotdaten in einem geschummerten, perspektivischen Geländemodell machte eine Zuordnung der ROV Bilder möglich. Zusammen mit den ROV Bildern konnten die Eisbergflugspuren genauer bestimmt werden. Man konnte anhand der Wiederbesiedlungsstadien:

- keine sessile Fauna
- geringfügige Besiedlung mit niedriger Biomasse
- vollständige Besiedlung mit hoher Biomasse

das Alter einer Spur bestimmen, was allein aus Hydrosweep Daten nicht möglich gewesen wäre.

# Kapitel 10

## Schlussfolgerung und Ausblick

Die Untersuchung von Eisbergpflugspuren ist ein sehr komplexes Thema. Die hier vorhandenen Möglichkeiten der Untersuchung reichen bei weitem nicht aus, um genaue Aussagen und Untersuchungen durchführen zu können. So wurden zum Beispiel nur die angenommene breiteste und tiefste Stelle einer Spur für die Analyse benutzt. Um präzisere Aussagen machen zu können müßte jede Spur einzeln auf genaue Länge, Breite und Tiefe untersucht werden. Dafür sind andere Methoden notwendig.

Auf anderen Expeditionen wurde für eine spezielle Untersuchung von Eisbergpflugspuren sogar ein bemanntes Unterwasserfahrzeug eingesetzt.

Die Kombination der Fächerecholotdaten mit Mehrfachkastengreifer und ROV bietet jedoch schon eine gute Möglichkeit der Interpretation einer Spur.

Das Thema dieser Arbeit wurde nach der Expedition ausgewählt, daher waren vorheriger Planungen nicht möglich und gezielteres Beobachten von Eisbergpflugspuren nicht möglich.

Die untersuchte Fläche ist zudem nicht systematisch abgefahren worden. Anhand der Profile kann man ein wildes durcheinander von Fahrtrichtung und Fahrtgeschwindigkeit erkennen, was die Auswertung der Daten zusätzlich erschwerte.

Für eine gezieltere Untersuchung eines Gebietes ist es unbedingt notwendig, es systematisch und flächendeckend zu vermessen, um eine gute Grundlage für weitere Auswertungen und Analysen zu haben. Zudem würde der Einsatz eines geschleppten Sidescan Sonar die Untersuchungen wesentlich unterstützen, wobei man sich hier die Frage stellen muß, wie genau man die Eisbergpflugspuren untersuchen möchte. Für diese Arbeiten standen leider keine Sidescan Sonar Daten zur Verfügung. Ein geschlepptes System würde eine höhere Auflösung der Daten ergeben und somit könnten Eisbergpflugspuren schon während der Messung erkannt werden und gezielter beprobt werden. Für eine Zusammenarbeit mit der Biologie ist jedoch die funktionierende Sidescan Funktion des Fächerecholots *Hydrosweep* ausreichend.

Abschließend kann jedoch gesagt werden, daß die zur Verfügung stehenden Methoden zur Auswertung von Eisbergpflugspuren anhand von Fächerecholotdaten in Kombination mit Mehrfachkastengreifer und ROV Einsätzen gute Ergebnisse erzielt haben.

# Literaturverzeichnis

- [**Arntz, 1995**] Antarktisches Benthos: Mythen und Date, in: Hempel (ed.) :Die Biologie der Polarmeere, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York (1995) S. 230 - 237
- [**Arntz, 1999**] Summary review of results - Iceberg scouring and benthic resilience, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, Bremerhaven, (1999) S. 2 - 3
- [**Atlas Elektronik, 1993**] Atlas Hydrosweep DS-2 Sidescan Seafloor imaging using Atlas Hydrosweep DS Raw Signals, Technical description Atlas Elektronik Issue 270493, S. 2 - 3
- [**Atlas Elektronik, 1992**] Atlas Hydrosweep DS-2 System Description, (Preliminary Edition), 08/92
- [**Atlas Hydrographics, 2001**] Telefax von Atlas Hydrographics an das Alfred-Wegener-Institute vom 21.01.2001
- [**Belderson, Kenyon, Wilson, 1973**] Iceberg plough marks in the northeast atlantic, Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Volume 13 (1973), Amsterdam, S. 215 - 224
- [**Brehme, 1992**] Morphologie des Weddellmeeres, in : Brehme : Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestliche Weddellmeeres, Berichte zur Polarforschung Volume 110 (1992), Bremerhaven, S. 7 - 9
- [**Caris Handbuch, 2000**] caris Digital terrain model v4.3.3 - User's guide, CARIS-Universal Systems Ltd., Fredericton, N.B., Canada, 2000
- [**Christen, 1999,**] Aufbereitung , Virtualisierung und Interpretation einer bathymetrischen Vermessung im Süd Sandwich Tiefseegraben, Diplomarbeit an der Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Vermessungswesen und Hydrografie, unveröffentlicht , 1999
- [**Cerutti, 1997**] Churchills Waffe, Neue Züricher Zeitung Folio 7/97 ,Internetseite: <http://www-x.nzz.ch/folio/archiv/1997/07/articles/cerutti.html>
- [**DeWitt, 1971**] Coastal and deep-water benthic fishes of the Antarctic, Antarctic Map Folio Series, Folio 15, American Geographical Society, New York(1971)

- [**Dieckmann, Thomas, 1999**] Hydrography in Drescher Inlet, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, (1999) Bremerhaven, S. 121 - 123
- [**Dietrich, Kalle, Krauss, Siedler, 1975**] , Allgemeine Meereskunde, Gebrüder Bornträger Berlin Stuttgart, 3. Auflage (1975), S. 16 - 21, S. 33 - 41, S. 229 - 240, S. 442 - 446, S. 454 - 456,
- [**Ellmer, Hecht, 1992**] Das Fächerecholot von VWFS „Wega“ für die Wracksuche und die Flächenvermessung auf den Seeschiffsstraßen, Zeitschrift für Vermessungswesen ( ZfV ) 8/9, Stuttgart, 1992, S. 527 - 531
- [**Ehrmann, 1994**] Die Känozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis, Berichte zur Polarforschung, Volume 137, (1994) Bremerhaven
- [**Fahrbach, Gerdes, 1997**] Die Expedition Antarktis XIII / 4 - 5 des Forschungsschiffes „Polarstern“, Berichte zur Polarforschung, Volume 239, Bremerhaven (1997)
- [**Fischer, 1995**] Vergleichende Untersuchung eines optimierten dynamischen - thermodynamischen Meereismodell mit Beobachtungen im Weddellmeer, Berichte zur Polarforschung, Volume 166 (1995), Bremerhaven
- [**Fütterer, Grobe , 2001**] Sedimente des Meeres - Bibliotheken der Umweltgeschichte, in: Lange (ed.): Eiskalte Entdeckungen , Forschungsreisen zwischen Nord - und Südpol, Delius - Klasingverlag, Bielefeld, 2001, S. 93 - 96,
- [**Gerdes, 1988/89**] Benthosuntersuchungen auf dem Schelf des Weddellmeeres mit dem neuentwickelten Mehrfachgreifer, Zweijahresbericht AWI 1988/89, Bremerhaven S.112 - 113
- [**Gerdes, 1990**] Antarctic trials of the multi-box corer, a new device for benthos sampling , Polar Record 26 (156), (1990), Cambridge, S. 35 - 38
- [**Gerdes, Bohlmann, 1999**] Effect of iceberg scouring on the infauna and other macrobenthos, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, Bremerhaven, (1999) S. 26 - 27
- [**Gerdes, Klages, Arntz, Herman, Galron, Hain, 1992**] Quantitative investigations on macrobenthos communities of the southeastern Weddell Sea shelf based on multibox corer, Polar Biologie, Volume 12 (1992), Berlin, S. 291 - 301
- [**GLACIER Website, 2001**] Ice of All Shapes and Sizes - Icebergs, [[http://www.glacier.rice.edu/land/5\\_iceofallshapes.html](http://www.glacier.rice.edu/land/5_iceofallshapes.html)]
- [**Grant, Schreiber, 1990**] Modern Swathe Sounding and Sub-Bottom Profiling Technology for Research Applications: The Atlas Hydrosweep and Parasound Systems, Marine Geophysical Researches Volume 12 / 1990 , Dordrecht, S. 9 - 19
- [**Grobe, Fütterer, 1986/87**] Zur quartären Sedimentationsgeschichte am Kontinentaltalhang des östlichen Weddellmeeres, Zweijahresbericht AWI 1986/87 , Bremerhaven, S. 69 - 76

- [**Grobe , 1986**] Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell Sea, Berichte zur Polarforschung Volume 27 (1986), Bremerhaven
- [**Gutberlet, Schenke, 1989**] Hydrosweep: New Era in High Precision Bathymetric Surveying in Deep and Shallow Water, Marine Geodesy, Volume 13, (1989), London S. 1 - 23
- [**Gutt, Buschmann, Dimmler, Frey, Gerdes, Bohlmann, Grünwald, Lee,**  
[**Niederjasper, Schickan, Vanhove, 1997**] The impact of icebergs on benthic assemblages, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XIII / 3 ( EASIZ I ) of „Polarstern“ to the eastern Weddellsea in 1996, Berichte zur Polarforschung, Volume 249, (1997), Bremerhaven, S. 35 - 41
- [**Gutt, Buschmann, Dijkstra, Dimmler, Piepenburg, Teixido, 1999**] Study on Benthic resilience of the macro- and megabenthos by imaging methods, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, Bremerhaven, (1999) S. 17 - 22
- [**Gutt, Sirenko, Arntz, Smirnov, DE Broyer, 2000**] Biodiversity of the Weddell Sea, macrozoobenthic species (dermersal fish included sampled during the expedition ANT XIII / 3 ( EASIZ I ) with RV „Polarstern“, Berichte zur Polarforschung, Bremerhaven, Volume 372 (2000)
- [**Gutt, Starmans, Dieckmann, 1996**] Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats, Marine Ecology Progress Series, Volume 137 ( June 27, 1996), Oldendorf/Luhe, S.311 -316
- [**Hagen, Hinze, Monk, Niederjasper, Schenke, Schöne, 1994**] Applied marine geodetic research in Polar Regions, Marine Geodesy, Volume 17, (1994), London, S. 81 - 94
- [**Hellmer, 1986/87**] Hydrographie im Bereich des Küstenstromes des östlichen Weddellmeeres, Zweijahresbericht AWI 1986/87, Bremerhaven, S. 83 - 84
- [**Hellmer, Fahrbach, 2001**] Eisberge - Die Sirenen südpolarer Meere, in: Lange (ed.): Eiskalte Entdeckungen , Forschungsreisen zwischen Nord - und Südpol, Delius - Klasingverlag , Bielefeld, 2001, S. 93 - 96
- [**Herzfeld, 1992**] Das Schwerefeld im Bereich des Explora Escarpments (Weddellmeer, Antarktis ) - ein Vergleich zwischen Schiffsmessung und Satellitendaten (GEOSAT ), Zeitschrift für Vermessungswesen ( ZfV ), Volume 8/ 9 (1992), Stuttgart, S. 532 - 542
- [**Hillenbrand, 2000**] Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellinghausenmeer - Hinweise auf Paläoumwelt veränderungen während der quartären Klimazyklen, Berichte zur Polarforschung Volume 346 (2000), Bremerhaven, S. 6 - 13, S. 56 - 57, S. 101 - 146



- [**Hinz, Krause, 1982**] The continental margin of Queen Maud Land, Antarctica : Seismic sequences, structural elements and geological development, Geologisches Jahrbuch., Band , Ort S. 17 - 41
- [**Hübscher, 1994**] Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell - Meer / Antarktis, Berichte zur Polarforschung 147 (1994), Bremerhaven, S. 2 - 3, S. 145 - 151
- [**Knust, Schröder, 1999**] Effect of iceberg scouring on fish community and the role of trematomus spp as predator on benthic community in early successional stages, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, (1999) Bremerhaven, S. 22 - 26
- [**Kellner, 1986/87**] Wärme und Impulsaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre an der Packeisgrenze, Zweijahresbericht AWI 1986/87, Bremerhaven, S. 95 - 99
- [**Kristoffersen, Hinz, 1991**] ?????? , Crustal development: Weddell Sea - Ross Sea region - Evolution of Godwana plate boundary in the Weddellsea area .in: Thomson, Crame, Thomson (eds.) Proceedings of the Fith Internat. Symp. Antarctic Earth Sci. , 23. - 28. August 1987, Cambridge University Press, U. K. ??????
- [**Lawver, Sclater, Ciesielski, 1985**] Reconstruction of the South Atlantic. - Tectophysics, 114 (1985), Amsterdam, S. 233 - 254
- [**Lee, 1999**] Effect of iceberg disturbance and recovery of meiofauna, in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANTARKTIS XV / 3 ( EASIZ II ) of RV „Polarstern“ in 1998, Berichte zur Polarforschung, Volume 301, (1999) Bremerhaven, S. 28 - 30
- [**Lien, Solheim, Elverhoi, Rokoengen, 1989**] Iceberg scouring and sea bed morphology on the eastern Weddell Sea shelf, Antarctica, Puplication No. 97 of the Norwegian Antarctic Research Expedition 1984/85, Polar Research 7, 1989, Oslo S. 43 - 56
- [**Marschall, Arntz, 1986/87**] Video-Beobachtungen am antarktischen Meeresboden, Zweijahresbericht AWI 1986/87, Bremerhaven, S. 97 - 99
- [**mehrere Autoren ,1988/89**] Forschungsarbeiten der Sektionen - Sektion Biologie I ( Zoologie ) , Zweijahresbericht AWI 1988/89, Bremerhaven, S. 23 - 27
- [**Meyer, 1999**] Untersuchungen struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelder, Berichte zur Polarforschung Volume 232 (1999), Bremerhaven
- [**Miller, Oerter, 1991**] Die Expedition ANTARKTIS - VIII mit FS „ Polarstern“ 1989/90 - Bericht zum Fahrtabschnitt ANT - VIII/ 5, Berichte zur Polarforschung Volume 86 (1991), Bremerhaven
- [**Moss, deLeiris, 1988**] Antarktis - Ökologie eines Naturreservats, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg- Berlin - New York, 1988

- [**Murawski, 1992**] Geologisches Wörterbuch, Deutscher Taschenbuchverlag Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 9. Auflage, 1992
- [**National Geographic Society, 1987**] Antarctic, Scale 1:9469000. - Nat. Geogr. Soc., Washington, D. C. Bild auf Seite 5
- [**Niederjasper, Frey, Grünwald, 1997**] Bathymetrie seafloor mapping and side looking sonar studies with hydrosweep : in: Arntz, Gutt (ed.): The Expedition ANT-ARKTIS XIII / 3 ( EASIZ I ) of „Polarstern“ to the eastern Weddellsea in 1996, Berichte zur Polarforschung, Volume 249, (1997), Bremerhaven, S. 9 - 13
- [**Olbers, Wenzel, Wübber, 1986/87**] Modellierung der Zirkulation im Südlichen Ozean und im Weddellmeer, Zweijahresbericht AWI 1986/87, Bremerhaven, S. 101 - 104
- [**Oskierski, 1986/87**] Analyse glazial-mariner Gerölle am antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres, Zweijahresbericht AWI 1986/87, S. 105- 108
- [**Reid, Anderson , 1990**] Hazards to antarctic exploration and production, in: St. John (ed.) Antarctic as an exploration frontier - Hydrocarbon potential, geology and Hazards , AAPG Studies in Geology, Volume 31, Tulsa, Oklahoma U.S.A., 1990, S. 31 - 45
- [**Romanow, 1999**] Atlas of antarctic seaice and icebergs, Backbone Publishing Company, Fair Lawn, 1999
- [**Schenke, 1988/89**] Hochauflösende Bathymetrie am antarktischen Kontinentalhang, Zweijahresbericht AWI 1988/89, Bremerhaven, S. 79 - 81
- [**Schenke, 1996**] Untersuchung von Eisbergspuren mit dem Fächersonar, Beitrag zum 11. Hydrografentag in Glücksburg
- [**Schenke, 2001**] Karten und Bilder des Meeresbodens :in: Lange (ed.) Eiskalte Entdeckungen , Forschungsreisen zwischen Nord - und Südpol, Delius - Klasingverlag, Bielefeld, 2001, S. 97 - 99
- [**Schenke, 1992**] GPS und Fächersonarmessungen mit Hydrosweep auf FS „ Polarstern“, Zeitschrift für Vermessungswesen ( ZfV), Volume 8/9 1992, Stuttgart, S. 599 - 615
- [**Schenke, Kuhn, 1994/95**] Small-scale structures from multibeam bathymetry in the Weddell Sea, Zweijahresbericht AWI 1994/95, Bremerhaven, S. 71 - 74
- [**Schöne, 1997**] Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis - Nutzung von Altimetriemessungen des GEOSAT und ERS - 1, Arbeitsgebiet südliches und zentrales Weddellmeer, Berichte zur Polarforschung, Volume 220, Bremerhaven, S. 9 - 11
- [**Sieg, Wägele (Hrsg.) 1990**] Fauna der Antarktis, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 1990

- [**STN Atlas 1995**] Informationsheft Atlas Hydrosweep DS-2, Kurzzusammenfassung, BL 9214 T 129, 05.1995
- [**Syvitski ,1991**] Towards an understanding of sediment deposition on glaciated continental shelves, Continental Shelf Research, Volume 11 (1991), Oxford, S. 897 - 937
- [**Terheyden, Zwickwolf, 1983**] Handbuch für die Schiffsführung ,Band I Teil A, Navigation, Springerverlag Berlin Heidelberg New York Tokyo 1983, S. 114 - 118
- [**Vogt, Crane, Sundvor, 1994**] Deep Pleistocene iceberg plowmarks on Yermak Plateau: Sidescan and 3.5 kHz evidence for thick calving ice fronts and a possible marine ice sheet in the Arctic Ocean, Geology, Volume 22 ( May 1994), Bolder, Colorado, S. 403 - 406
- [**Weber, 1992**] Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des Südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis, Berichte zur Polarforschung Volume 109 (1992), Bremerhaven, S. 5 - 13
- [**Weinrebe, Heeren, 1997**] Hochauflösende Bathymetrie Basis mariner geowissenschaftlicher Arbeiten, Hydrografische Nachrichten 47 - März 1998, Grünendeich, S.5 - 9
- [**White , McKenzie, 1989**] Magmatism at Rift Zones : The Generation of Volcanic Continental Margins and Flood Basalts, J. Geophys. Res., V94 (B6), S. 7685 - 7729
- [**Woodworth - Lynas, Josenhans, Barrie, Lewis, Parrott, 1991**] The physical process of seabed disturbance during iceberg grounding and scouring, Continental Shelf Research , Volume 11 ( 1991 ), Oxford, S. 939 - 961
- [**Wright, Anderson, 1982**] The importance of sediment gravity flow to sediment transport and sorting in a glacial marine environment : eastern Weddell Sea, Antarctica. - Geol. Soc. Am. Bull., 93 (1982), Ort , S. 951 - 963
- [**Voß, 1988**] , Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeer (Antarktis), Berichte zur Polarforschung Volume 45(1988), Bremerhaven , S. 9 - 10, S. 21 - 23

# Danksagung

Für die Vergabe und Betreuung dieser Arbeit:

Herrn Prof. -Ing. D. Egge Herrn Prof. -Ing. H.W. Schenke bedanken.

Für die Unterstützung und Anregungen:

Herrn Dr. D. Gerdes  
Herrn Dipl.-Ing. F. Niederjasper  
Nuria Teixido

Für die großzügige Unterstützung und Bereitstellung von Materialien und Rechnern:

Herrn Prof. -Ing. H.W. Schenke  
Herrn Dr. D. Gerdes  
Herrn Dr. J. Gutt

Für die Hilfe bei der Interpretation der Bilder:

Inken Suck

Meinen Eltern Sonja und Manfred für ihre motivierende Unterstützung

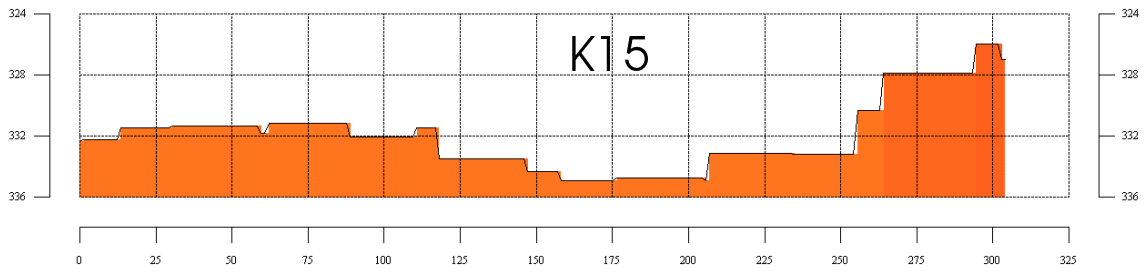
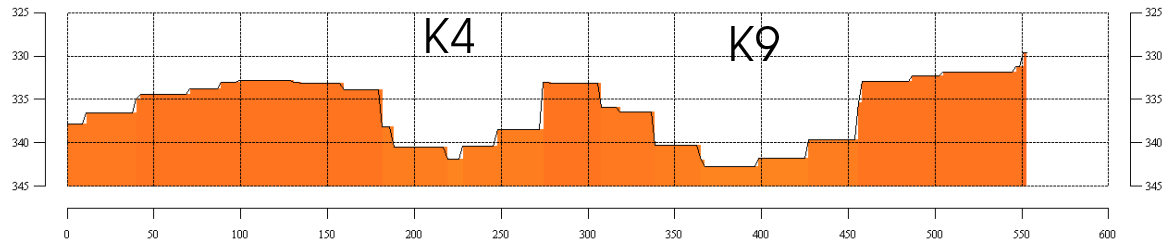
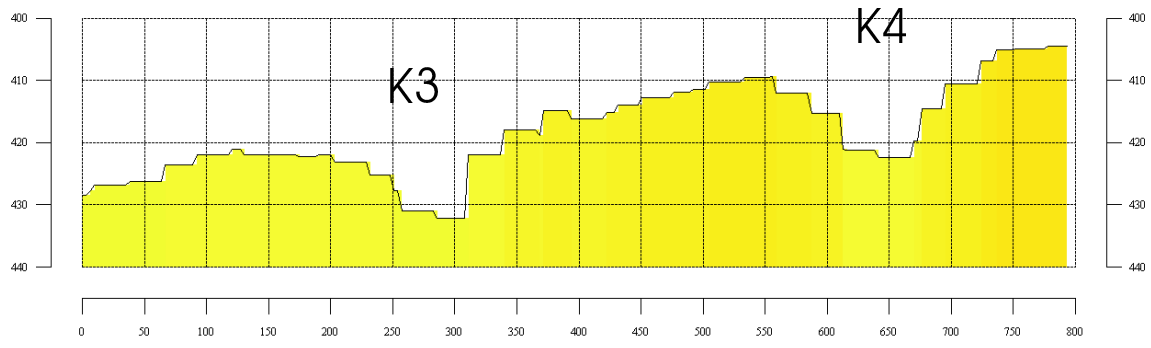
Meinem Freund Lutz für seine seelische Unterstützung

Jürgen und Anegreth Teuchert das sie für mich da waren und für die Digitalisierung  
der Videoaufnahmen

sowie an die vielen anderen Menschen, die mir geholfen haben.

# Anhang A

## Profile 3 -123



K26

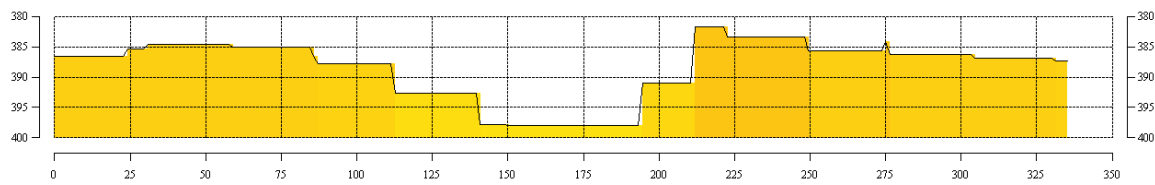


Abbildung A.1: Profile 3 - 26

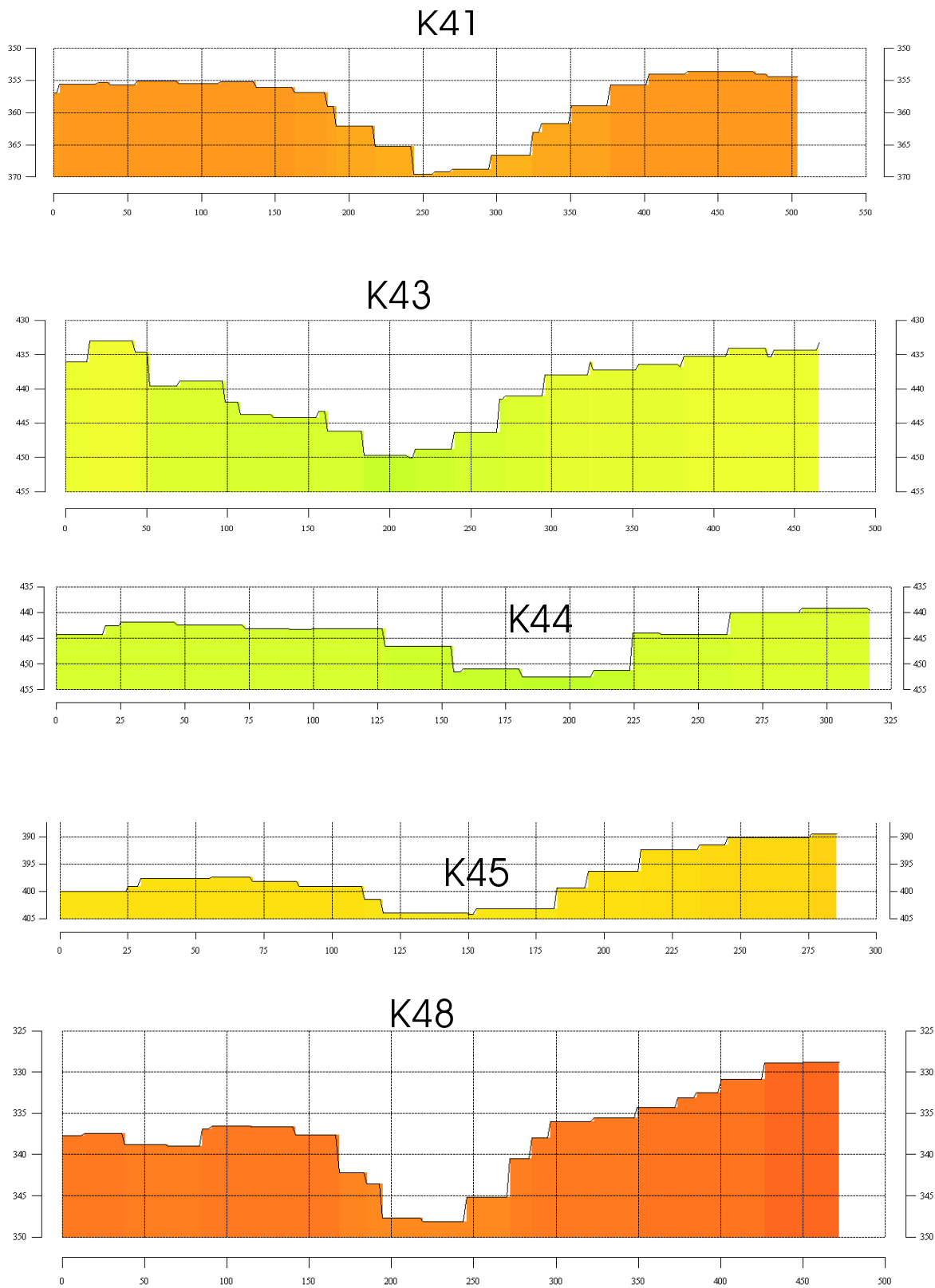


Abbildung A.2: Profile 41 - 48

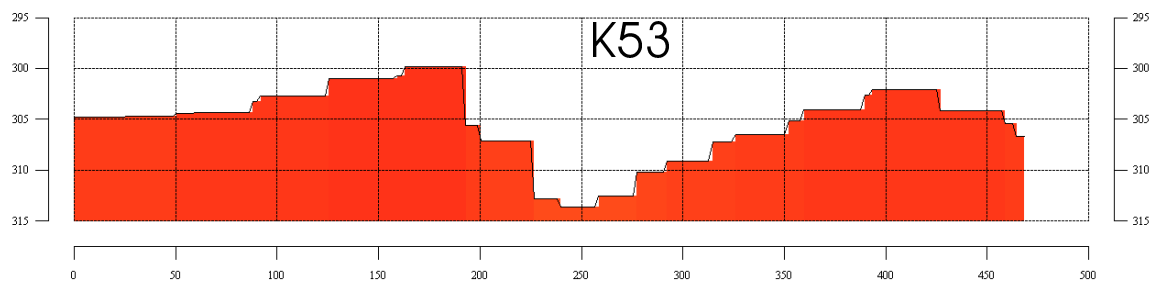
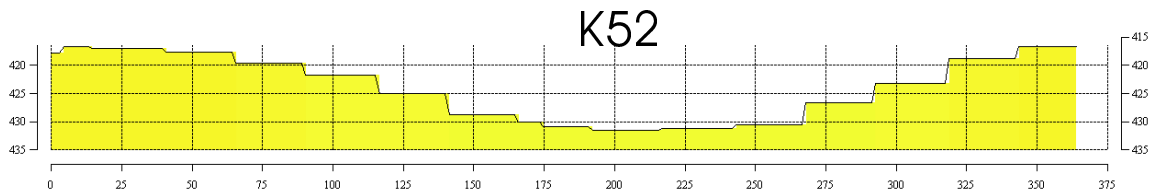
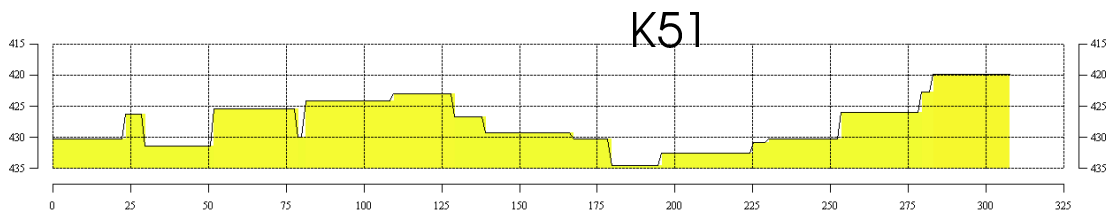
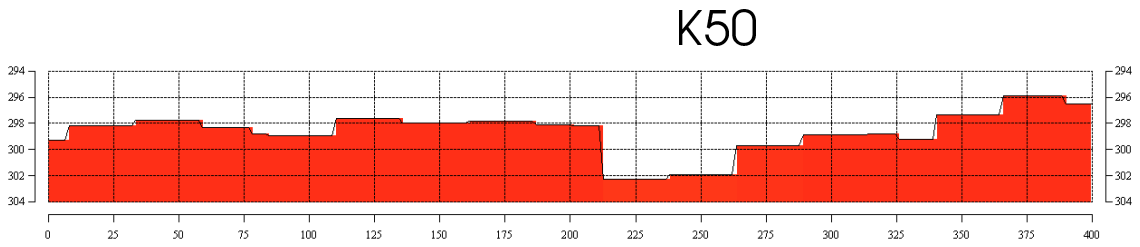
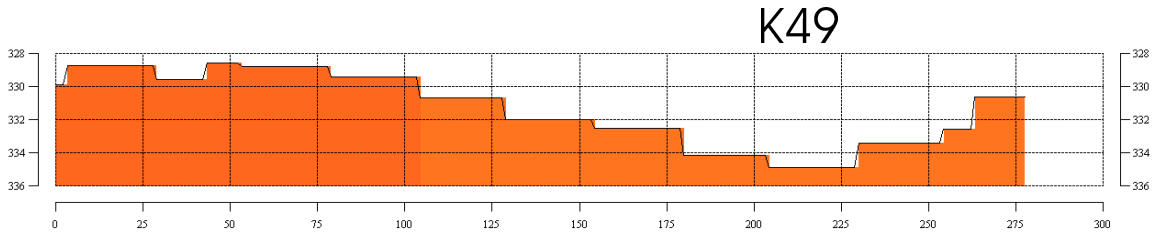
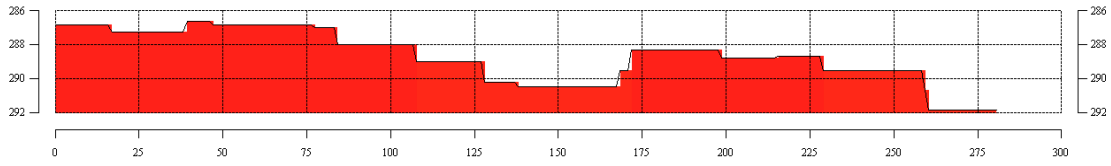


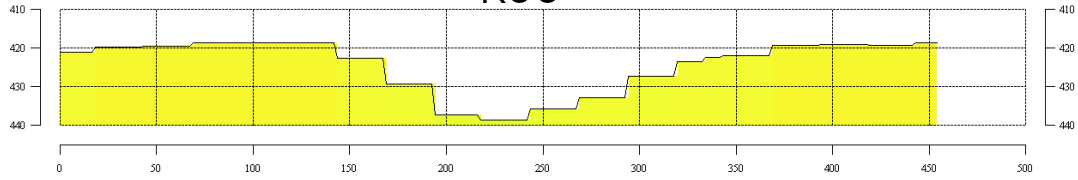
Abbildung A.3: Profile 49 - 53



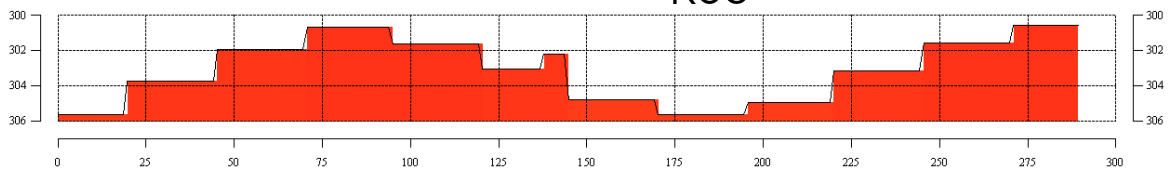
### K54



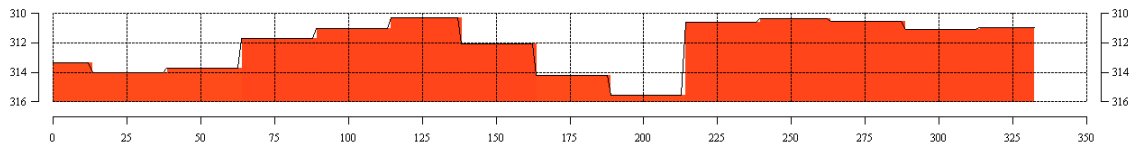
### K55



### K56



### K59



### K60

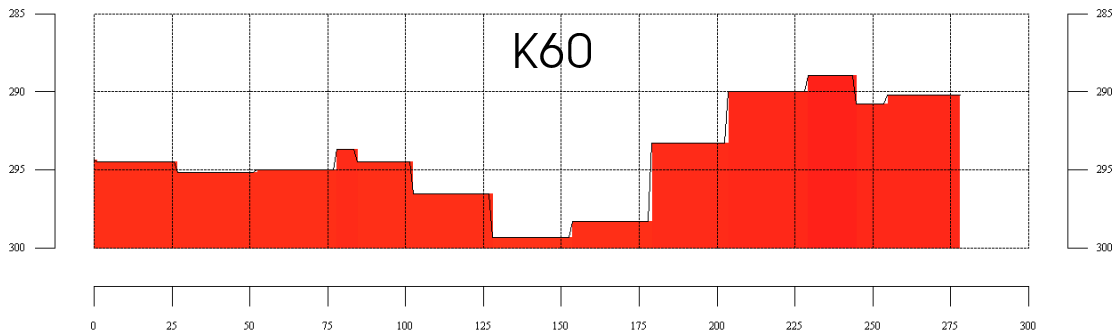
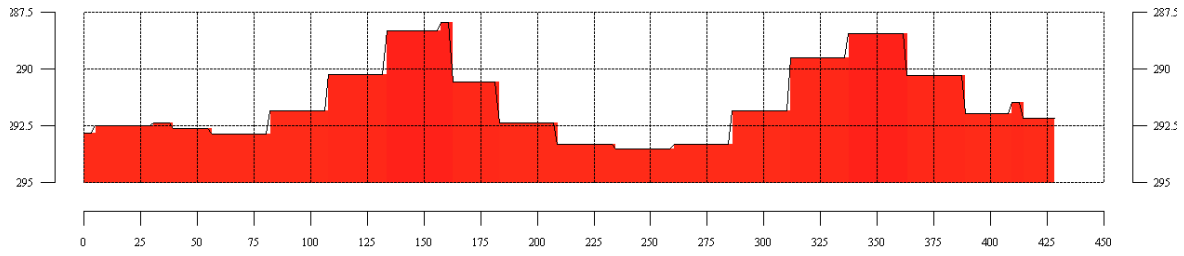
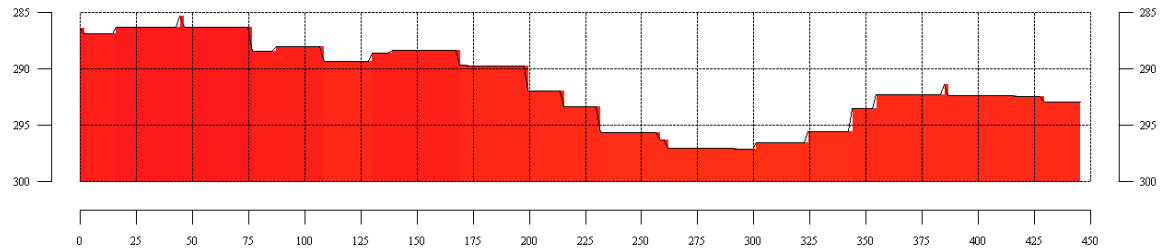


Abbildung A.4: Profile 45 - 60

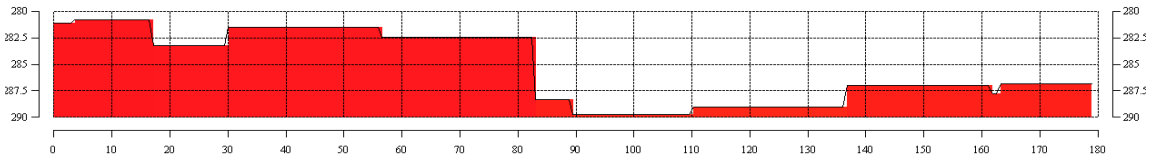
### K61



### K62



### K63



### K64

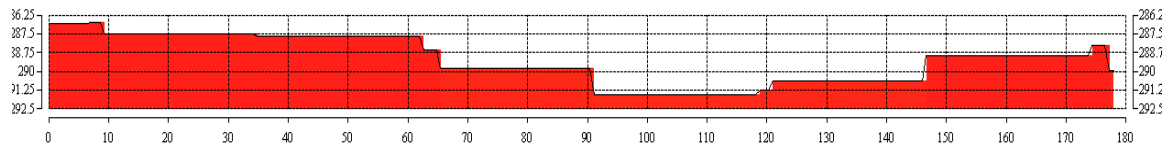
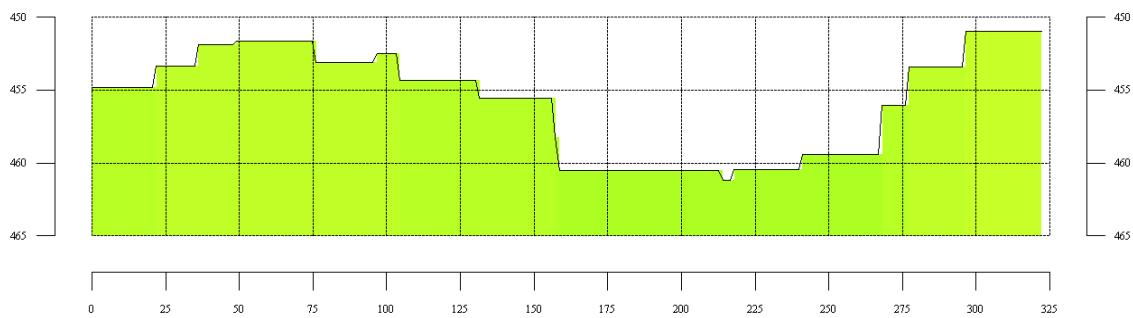
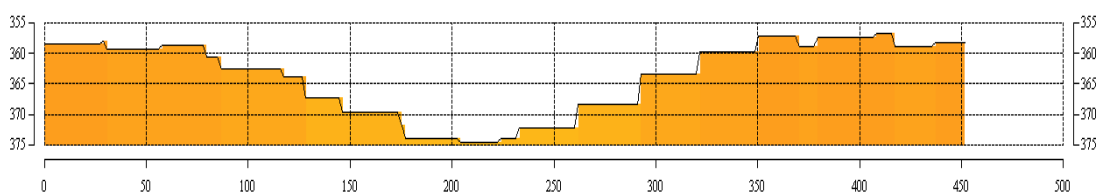


Abbildung A.5: Profile 61 - 64

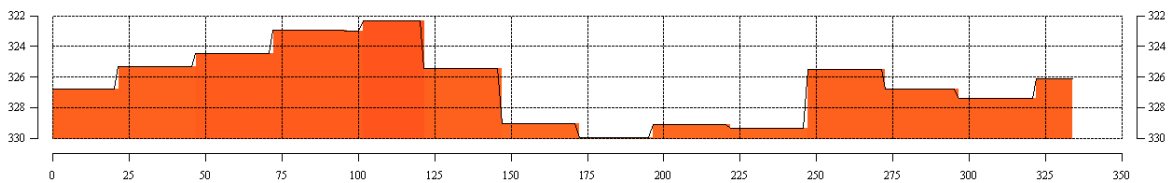
### K67



### K68



### K69



### K70

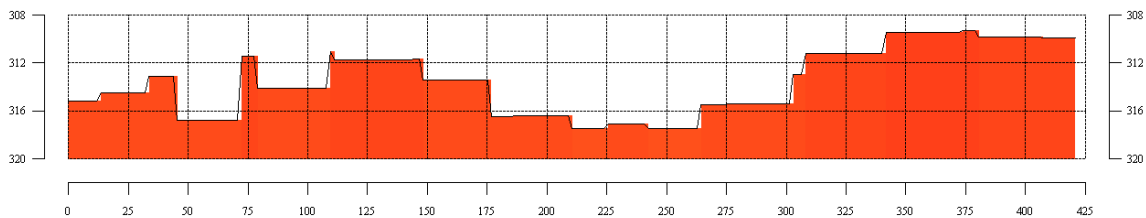


Abbildung A.6: Profile 67 - 70

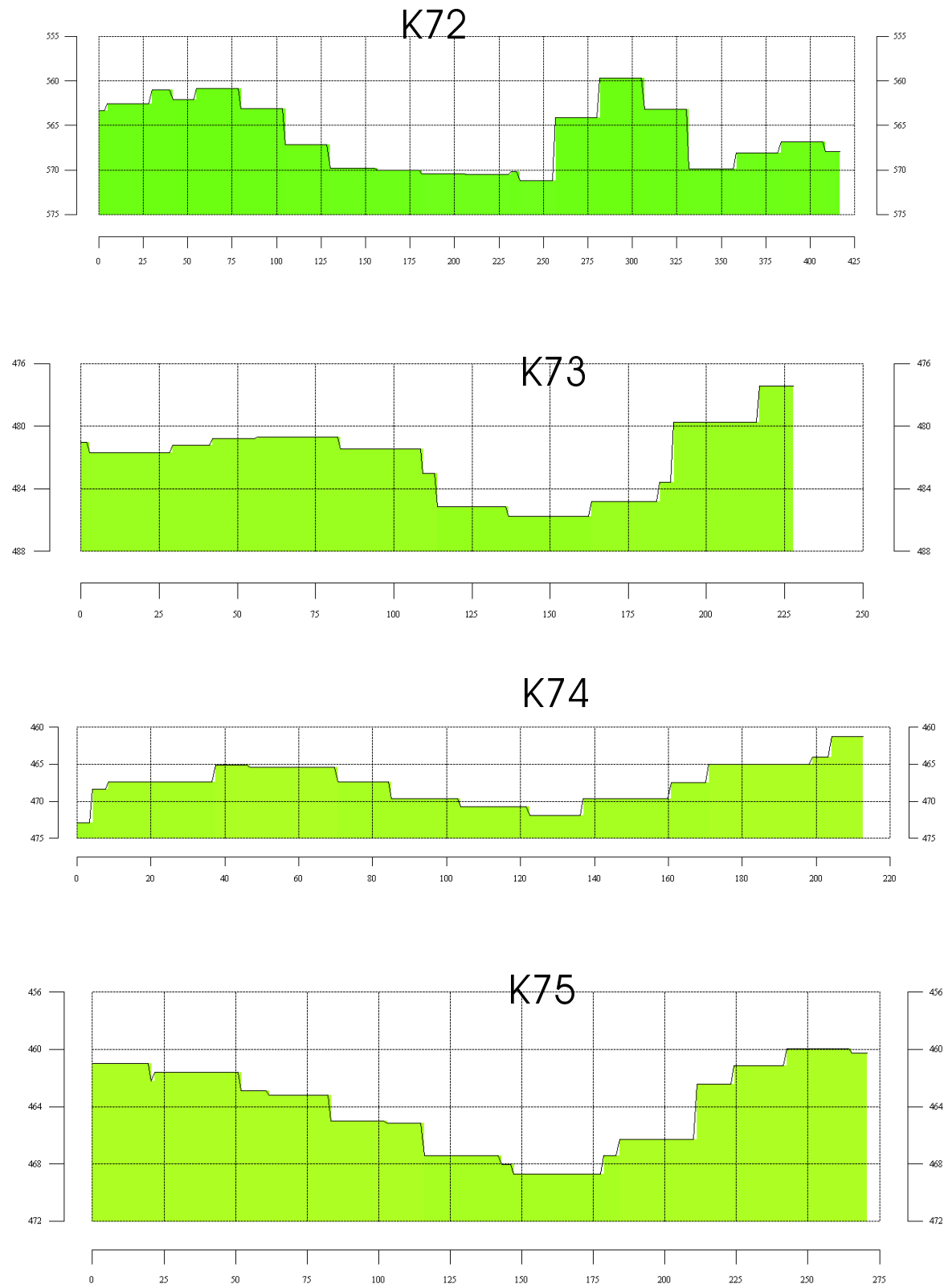
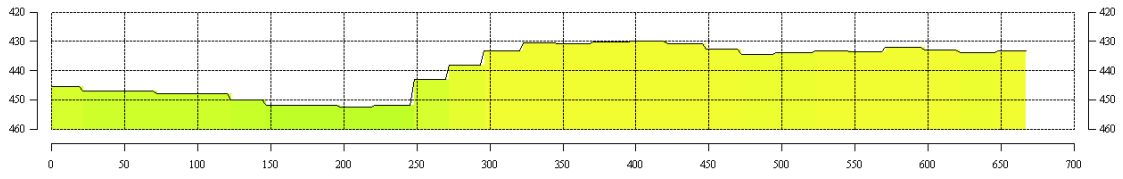
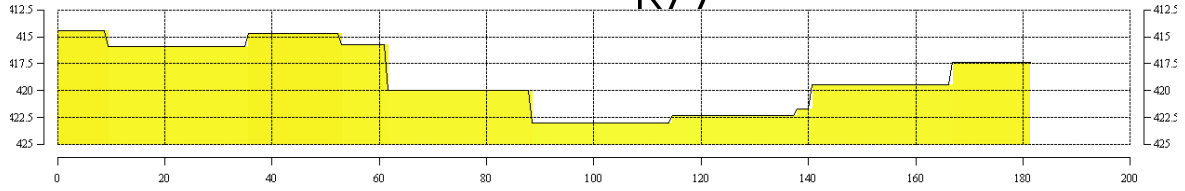


Abbildung A.7: Profile 72 - 75

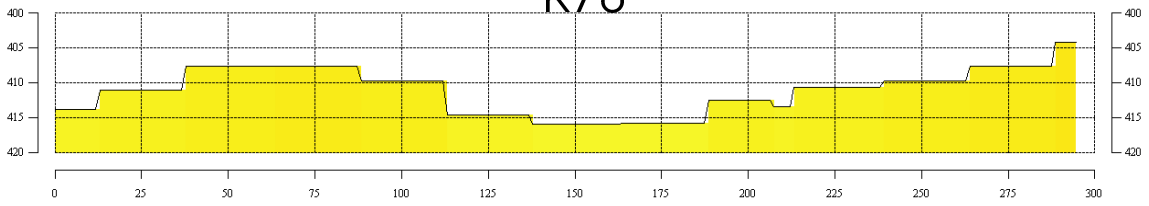
### K76



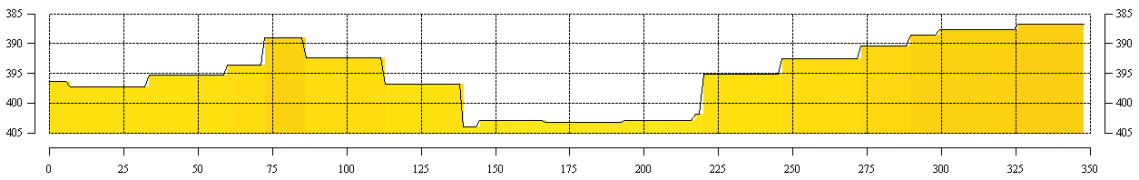
### K77



### K78



### K79



### K80

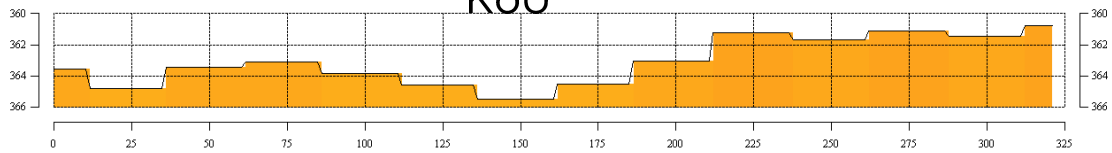
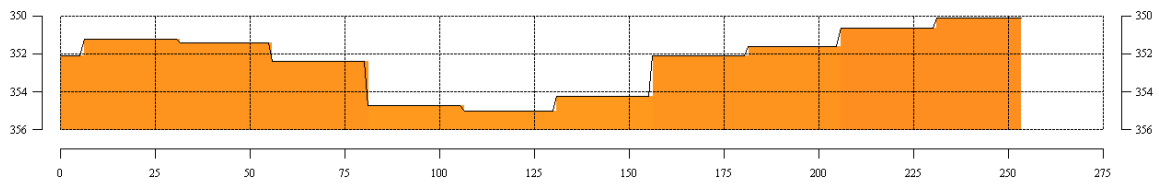
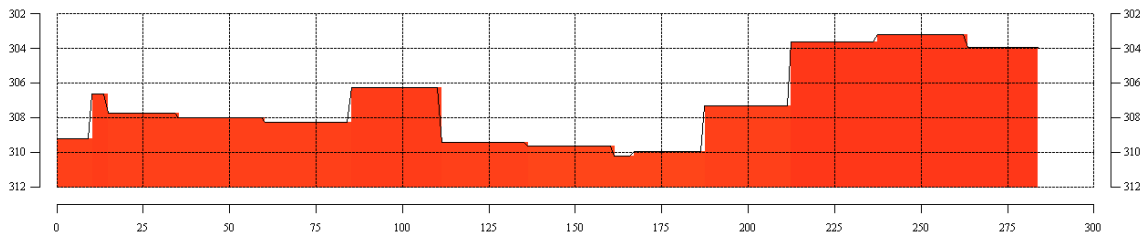


Abbildung A.8: Profile 76 - 80

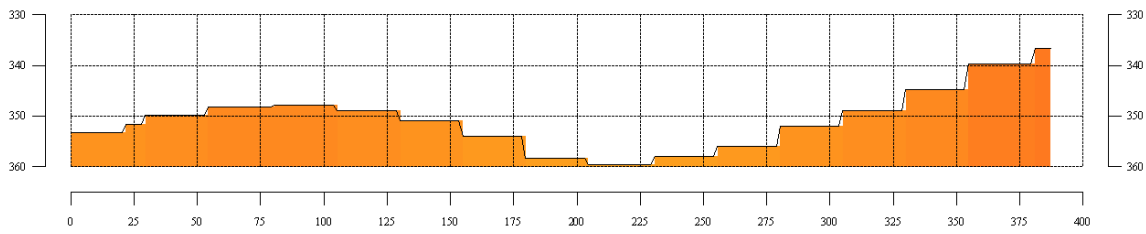
### K81



### K82



### K83



### K84

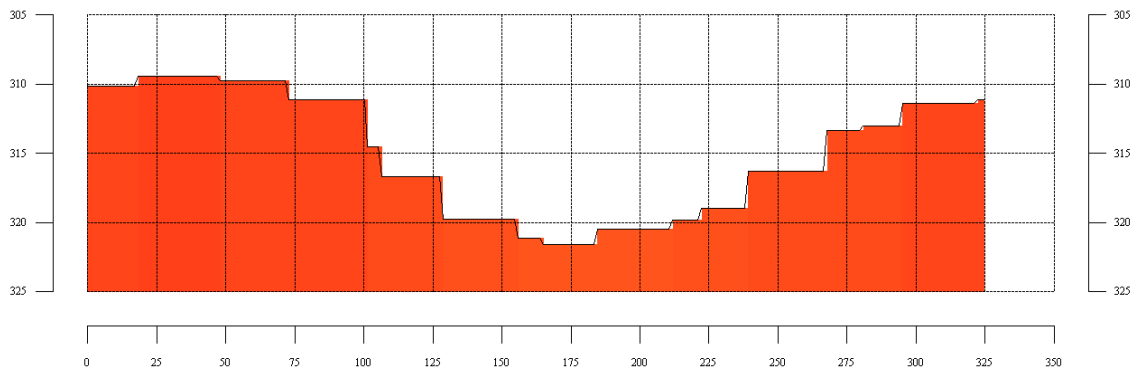
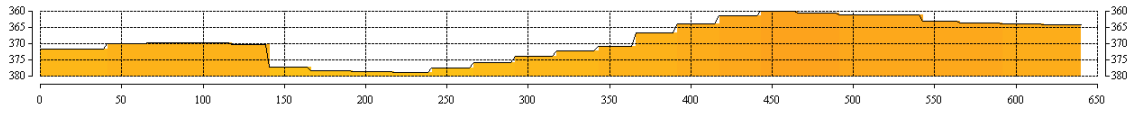
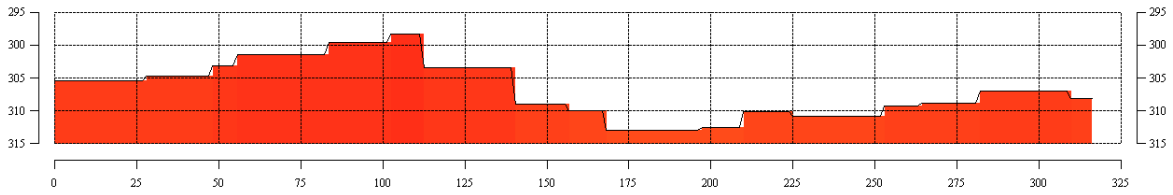


Abbildung A.9: Profile 81 - 84

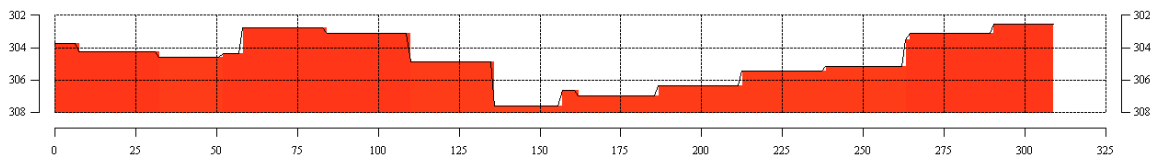
### K85



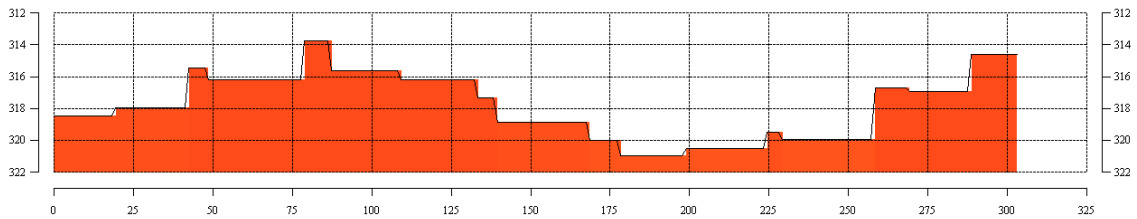
### K86



### K87



### K88



### K89

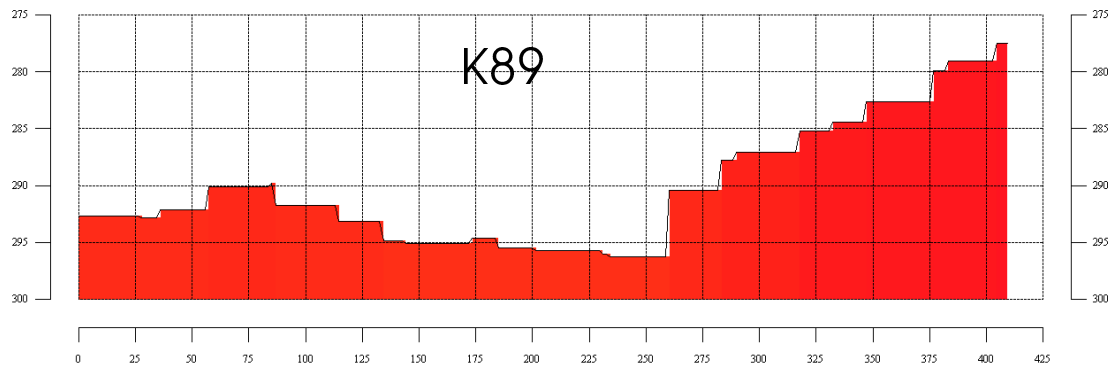


Abbildung A.10: Profile 85 - 89

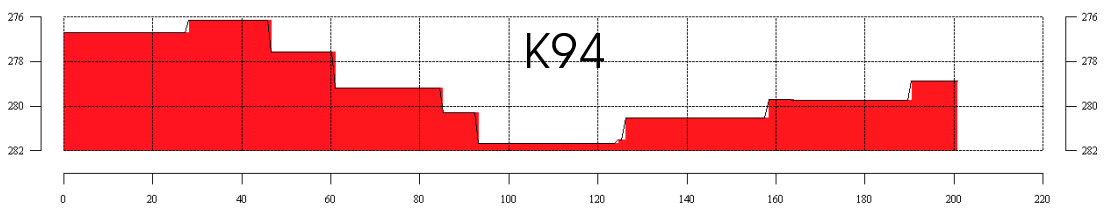
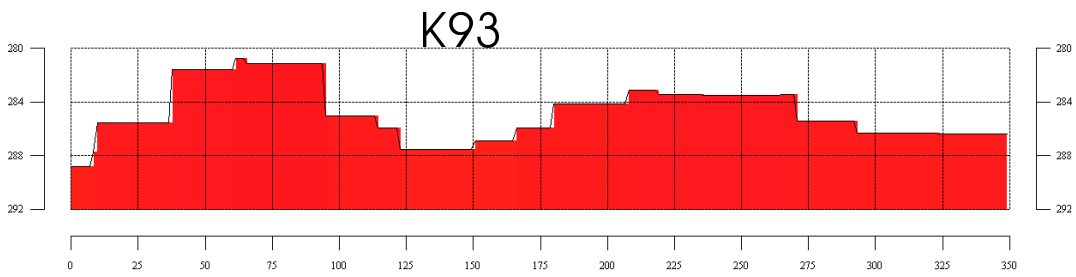
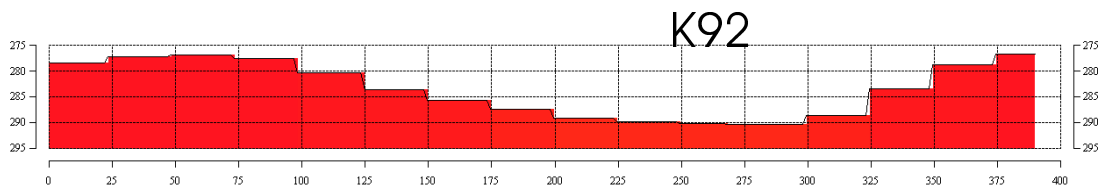
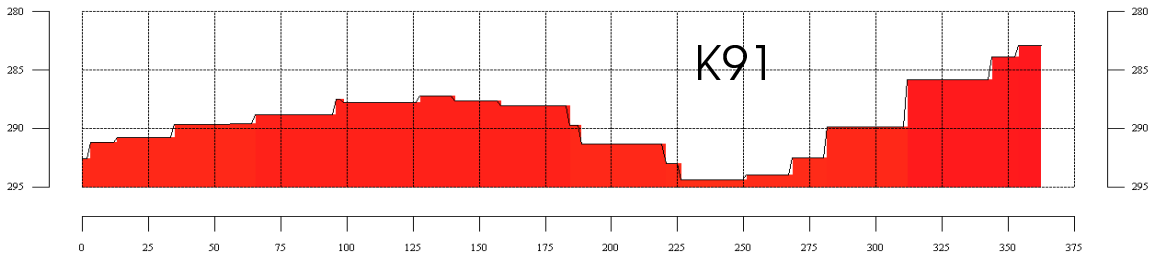
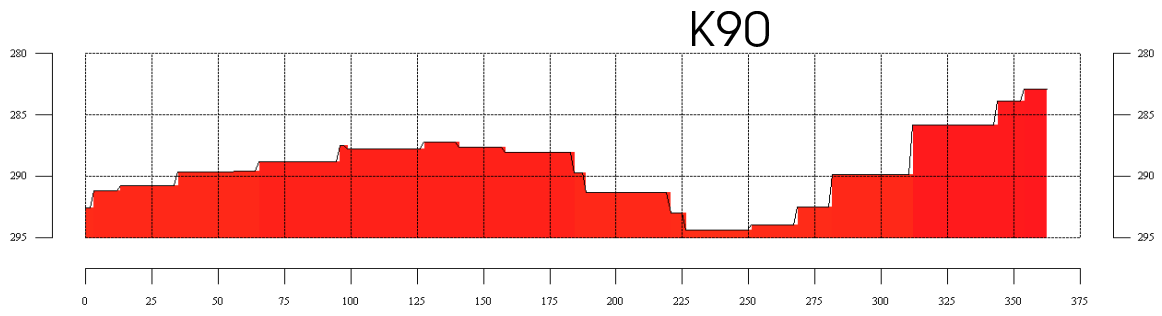


Abbildung A.11: Profile 90 - 94



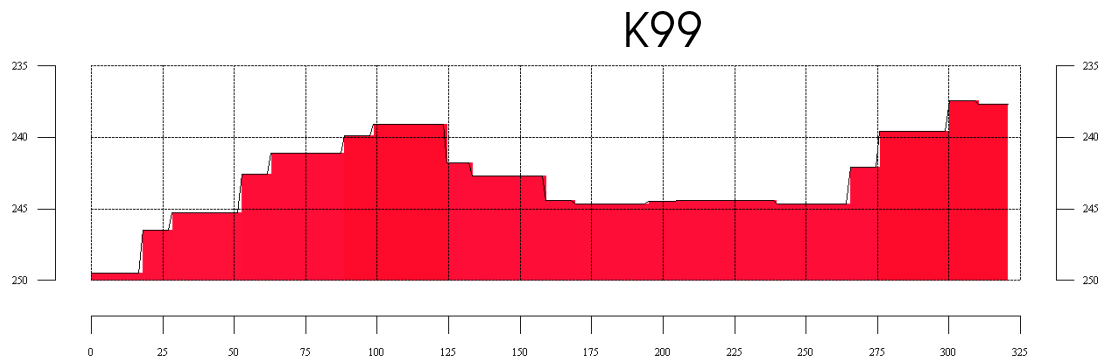
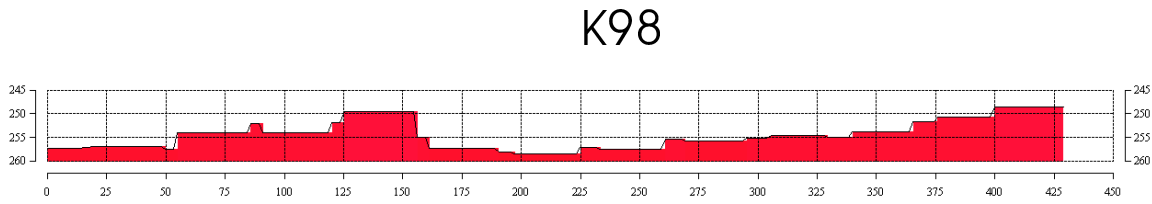
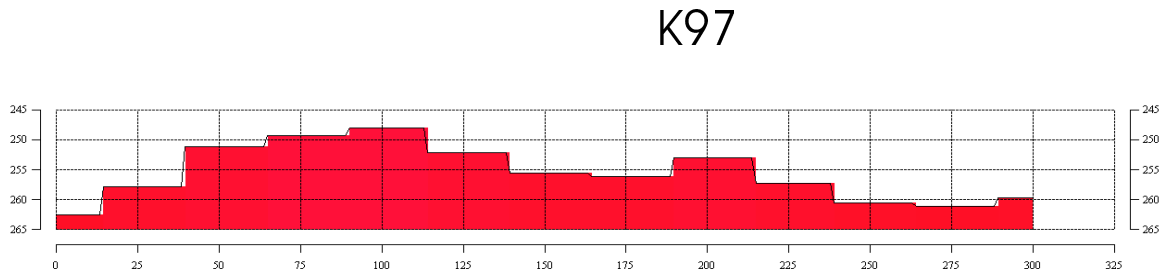
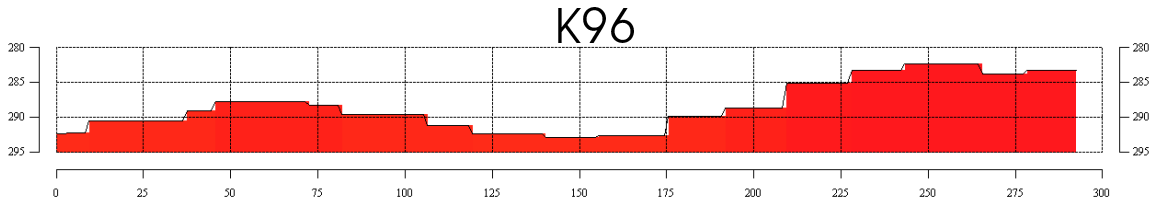
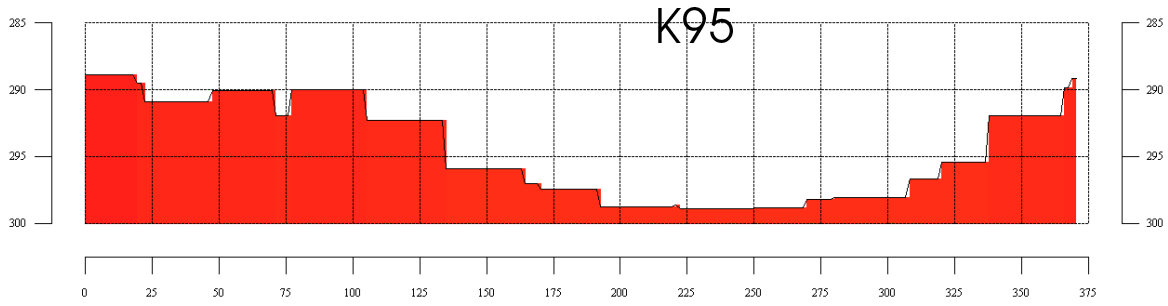
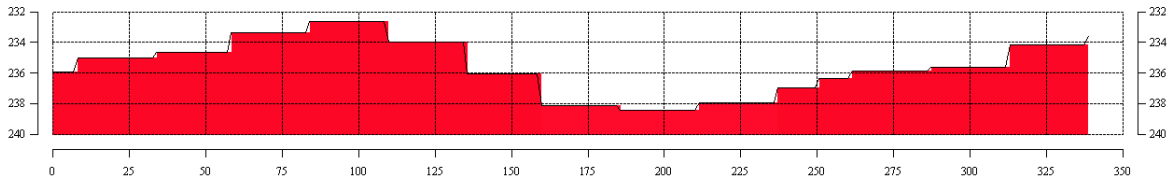
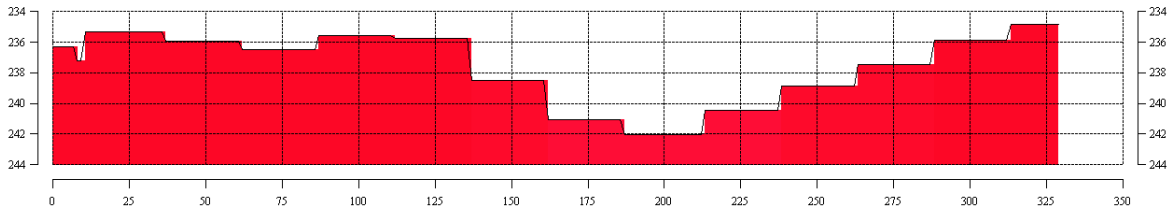


Abbildung A.12: Profile 95 - 99

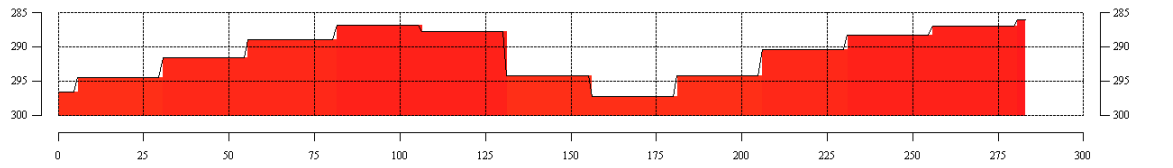
### K100



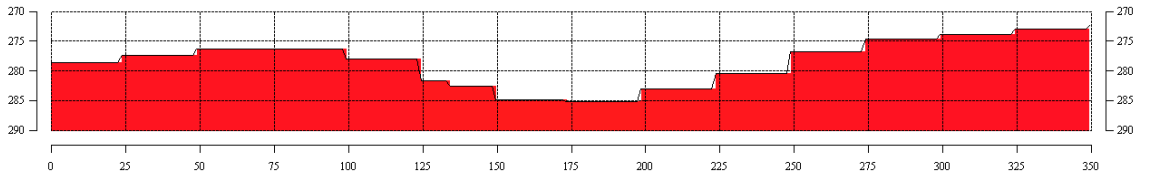
### K101



### K102



### K103



### K104

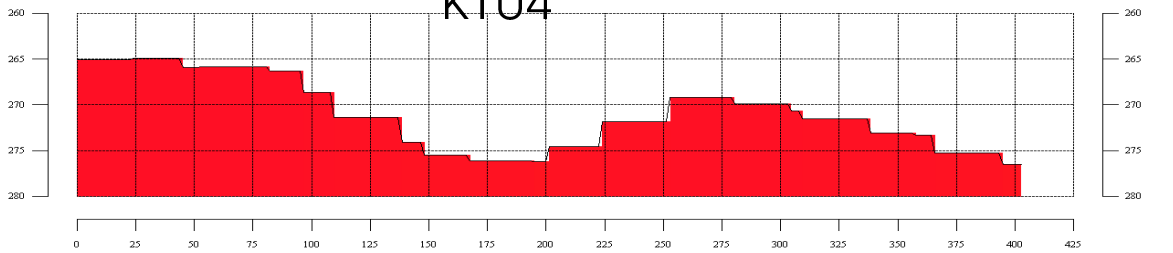
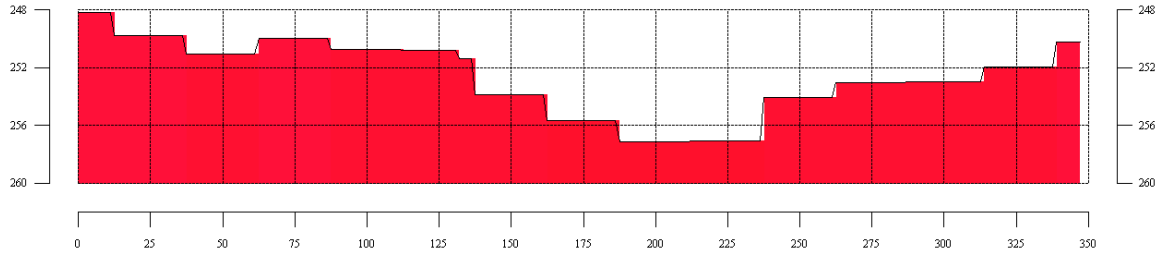
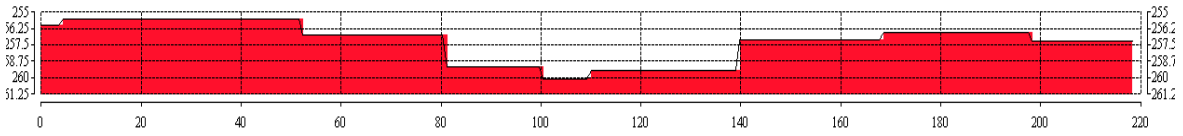


Abbildung A.13: Profile 100 - 104

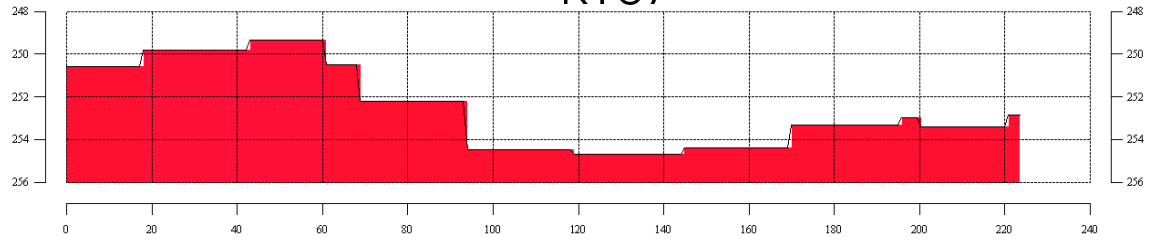
### K105



### K106



### K107



### K108

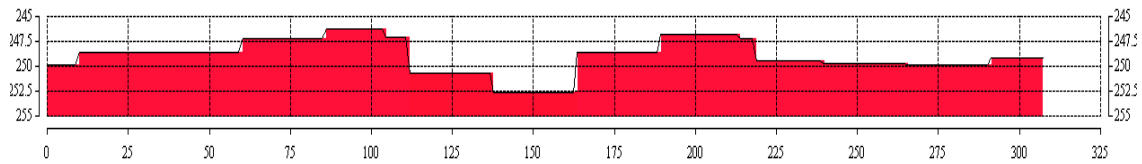
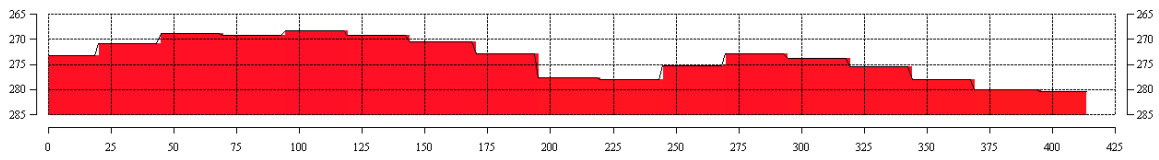
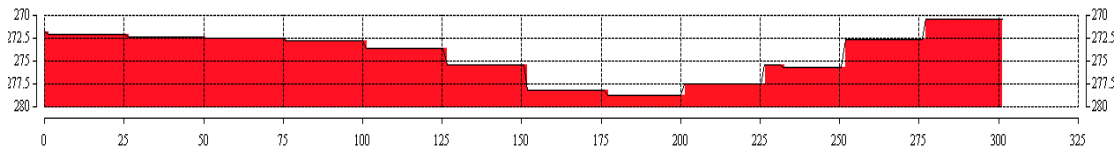


Abbildung A.14: Profile 105 - 108

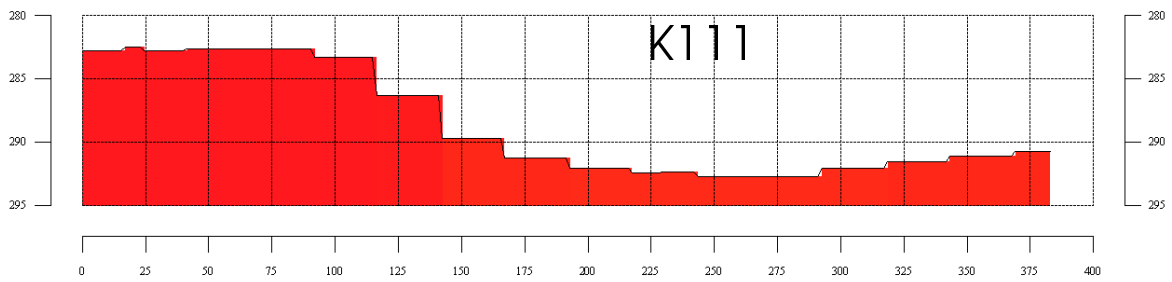
### K109



### K110



### K111



### K112

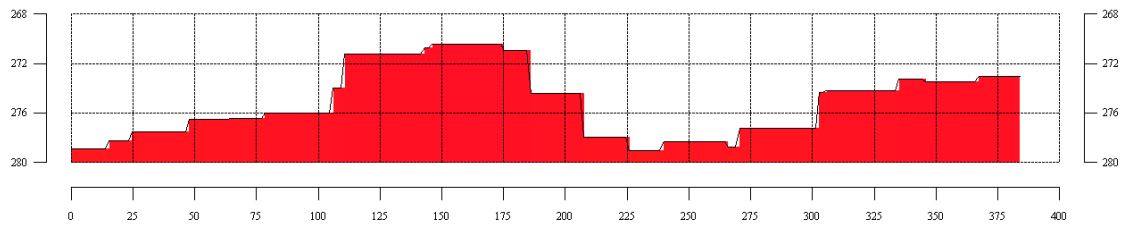


Abbildung A.15: Profile 109 - 112

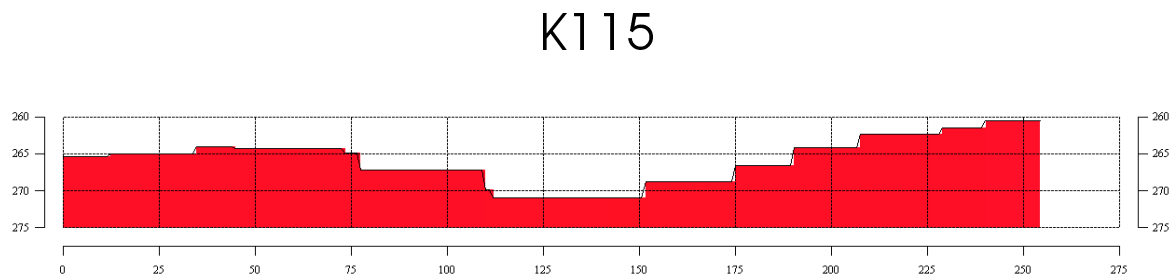
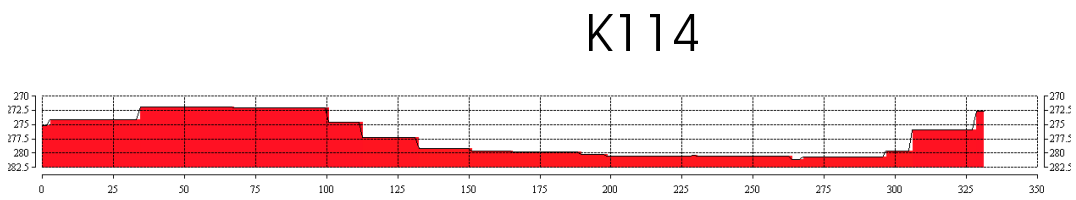
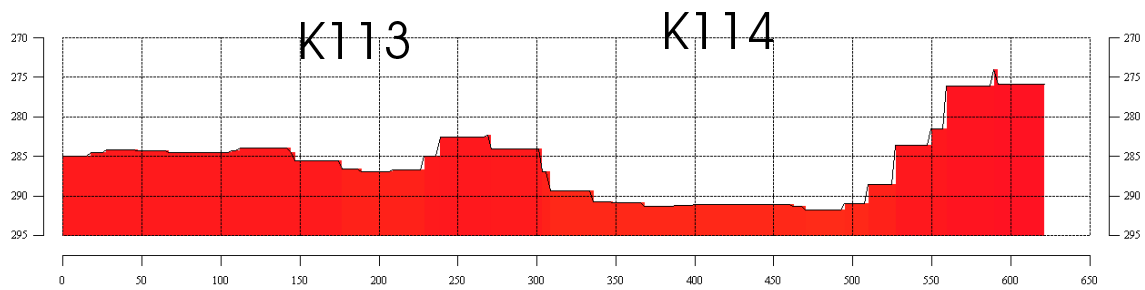
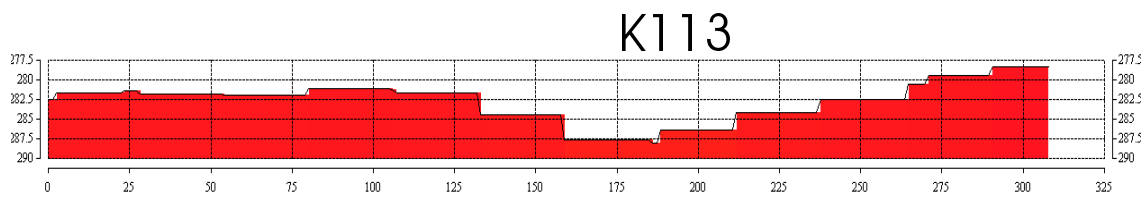
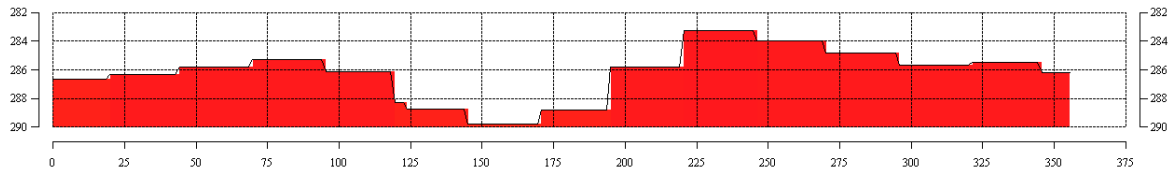
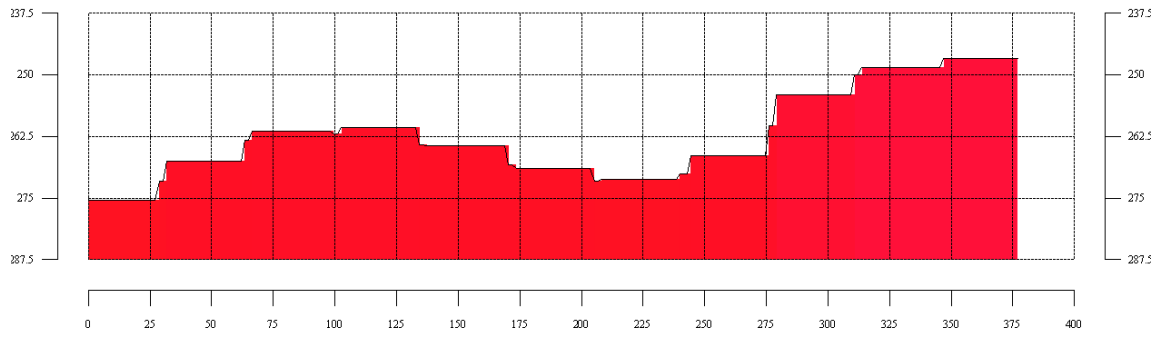


Abbildung A.16: Profile 113 - 115

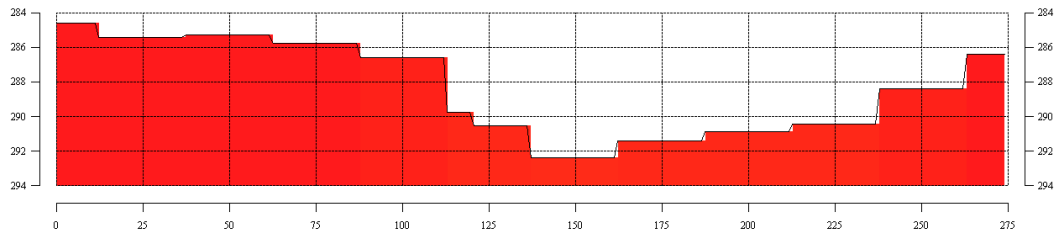
### K116



### K117



### K118



### K120

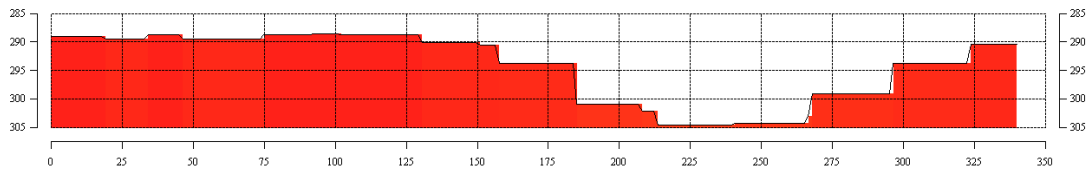
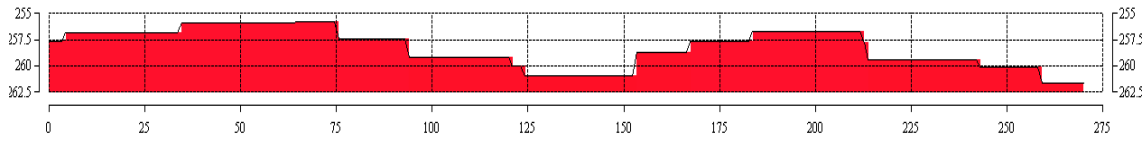
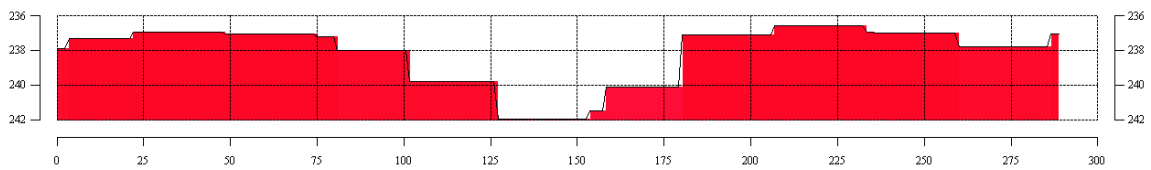


Abbildung A.17: Profile 116 - 120

# K121



# K122



# K123

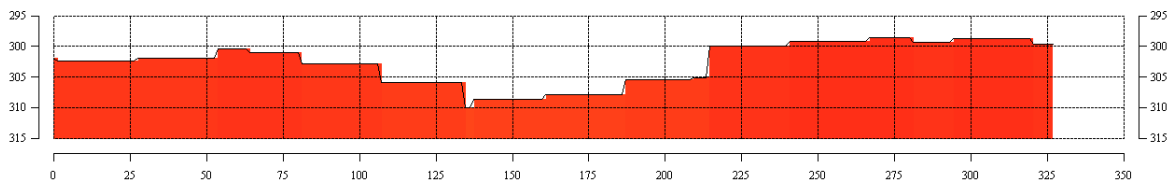


Abbildung A.18: Profile 121 - 123

# Anhang B

## Tierarten

### B.1 mit dem Multikastengreifer entdeckte Arten

Proifera	Schwämme
Hydrozoa	Nesseltiere
Anthozoa	Blumentiere
Bryozoa	Moostierchen
Polyplacophora	Käferschnecken
Brachiopoda	Armfüßler
Biavalva	Muscheln
Gastropoda	Schnecken
Aplacophara	Wurmmolusken
Scphopoda	Kahnfüßer
Polyachaeta	Borstenwürmer
Errantia	(Viel)borstenwurm (beweglich, nicht an Röhren gebunden)
Sedentaria	(Viel)borstenwurm (sessil, sesshaft in Röhren lebend)
Acri	Milben
Pantepoda	Seespinnen
Amphipoda	Flohkrebs
Cumacea	Krebsart
Harppacticoidea	Ruderfußkrebs
Isopoda	Asseln
Tanaidacea	Scherenasseln
Ostracoda	Muschelkrebse
Echinoidea	Seeigel
Holothuroidea	Seegurken
Asteroidea	Seesterne
Ophiuroidea	Schlangensterne
Crinoidea	Haarsterne
Tunicata	Manteltiere(Seescheiden)
Hemichordata	Flügelkiemer
Nemertina	Schnurwürmer
Clitellata	Gürtelwürmer (Borstenwürmer mit wenig Borsten)
Echiurida	Igelwurm



## B.2 Tierarten der Antarktis

### Protozoa (Einzeller)

*Forminifera (Kammerlinge)*

### Porifera (Schwämme)

### Cnidaria (Nesseltiere)

*Hydrozoa*

*Anthozoa (Blumentiere )*

*Hexacorilla (Sechsstrahlige Koralle)*

Actiniaria (Seeanemonen)

Scleractinia (Steinkorallen)

*Octocorallia (Achtstrahlige Koralle )*

### Tentaculata (Tentakelträger)

*Brachiopoda (Armfüßer)*

*Bryozoa (Mootiere)*

*Phoronida (Hufeisenwürmer)*

### Plathelminthomorpha

*Gnathostomulida (Kiefermündchen)*

*Plathelminthes (Plattwürmer)*

*Euplathelminthes*

### Nemertini (Schnurwürmer)

### Nematoda (Rund-oder Fadenwürmer)

### Kamptozoa (Kelchwürmer)

### Priapulida kein deutscher Name)

### Mollusca (Weichtiere)

*Polyplacophora (Käferschnecken)*

*Aplacophora (Wurmmollusken)*

*Gastropoda (Schnecken)*

Prosibanchia (Vorderkiemer)

Opisthobranchia (Hinterkiemer)

Nudibranchia (Nacktschnecken)

*Biavalva (Muscheln)*

*Scaphopoda (Kahnfüßer)*

*Cephalopoda (Kopffüßer)*

**Sipunculida (Sternwürmer )**

**Echiurida (Igelwürmer)**

**Polychaeta (Borstenwürmer)**

*Myostomida*

**Chelicerata (Scherentäger)**

*Pycnogonadia (Asselspinnen)*

*Acari (Milben)*

**Crustacea (Krebse)**

*Ostracoda (Muschelkrebse)*

*Copepoda (Ruderfußkrebse)*

Harpacticoida

*Tantulocarida*

*Ascothoracida*

*Cirripedia (Rankenfüßer)*

*Leptostraca (Zartschaler)*

*Decapoda (Zehnfüßkrebse [Garnele])*

*Mysidacea (Schwebegarnelen )*

*Amphipoda (Flohkrebse)*

*Cumacea*

*Tanaidacea (Scherenasseln)*

*Isopoda (Asseln)*

**Pogonophora (Bartwürmer)**

**Pterobranchia (Flügelkiemer)**

**Echinodermata (Stachelhäuter)**

*Crinoidea (Haarsterne)*

*Holothuroidea (Seegurken)*

*Echinoidea (Seeigel)*

*Asteroidea (Seesterne)*

*Ophiuroidea (Schlangensterne)*

**Ascidacea (Seescheiden)**

# Anhang C

## Karten

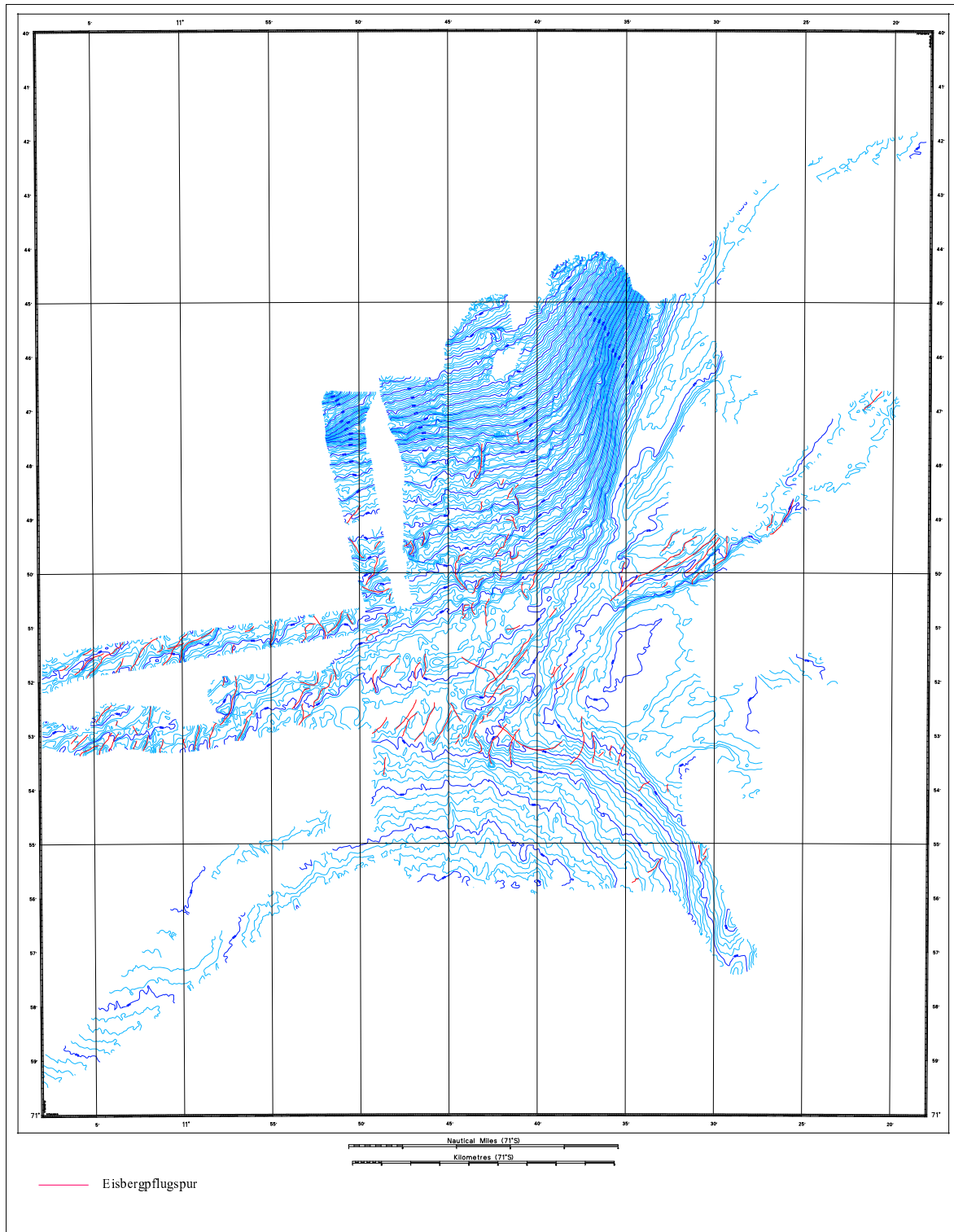


Abbildung C.1: Eisbergflugspuren

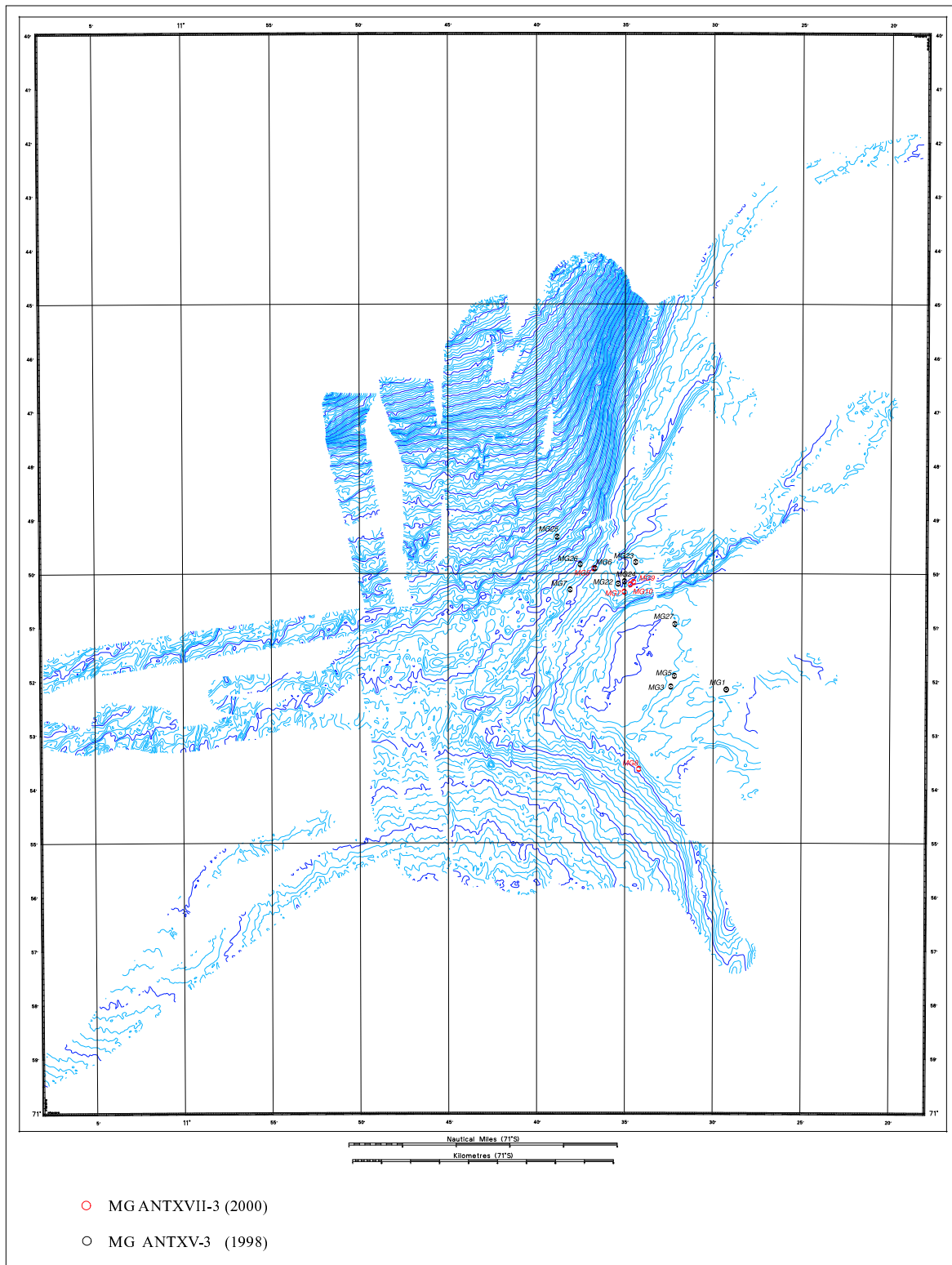


Abbildung C.2: MG - Stationen

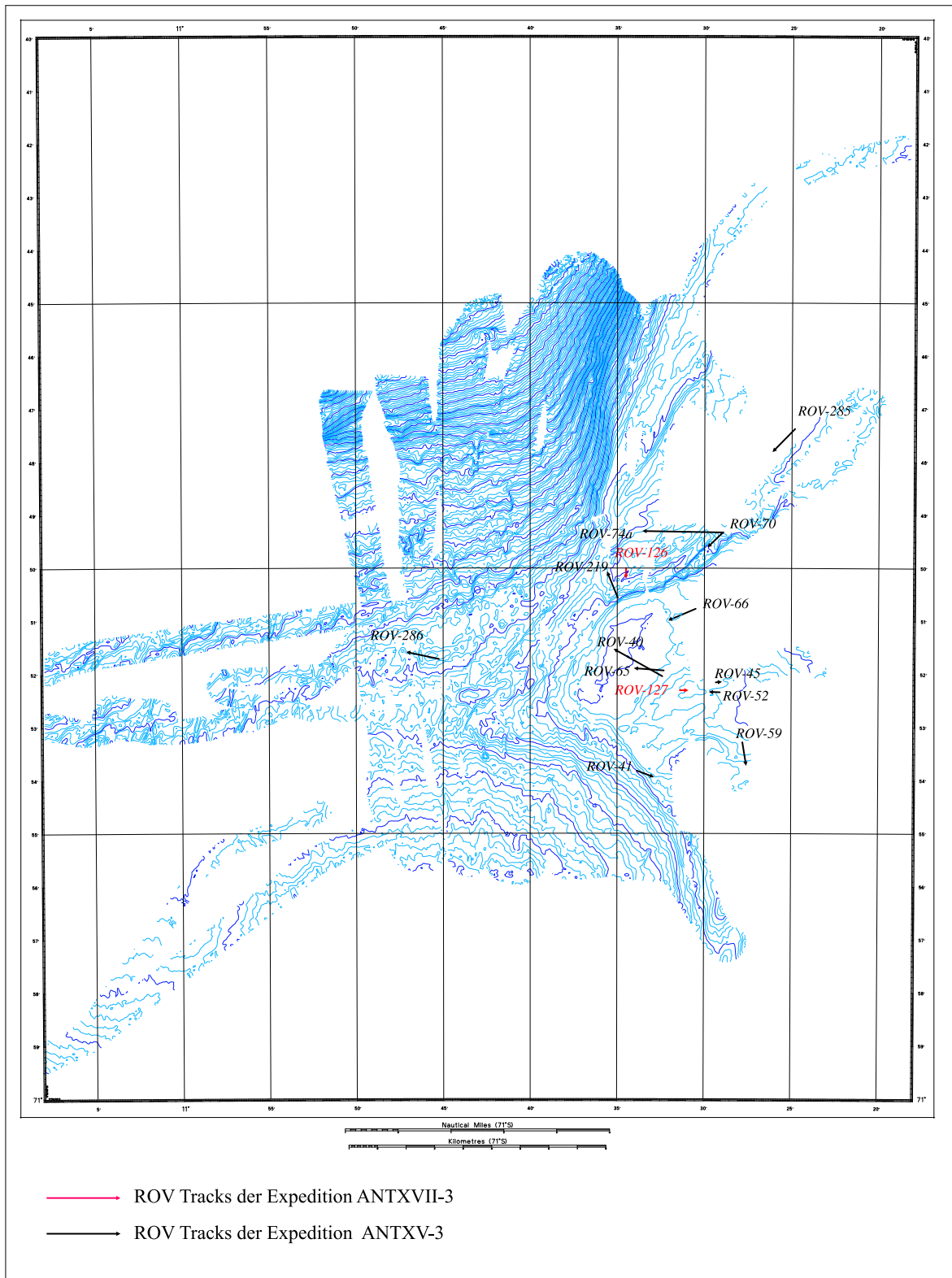


Abbildung C.3: ROV - Stationen

# Anhang D

## CD's

### D.1 Videoaufnahmen der ROV Einsätze ANTXVII/3

#### Inhaltsverzeichnis:

- video1avi50: ROV127, gestörtes Gebiet
- video2aavi50: ROV126, gestörtes Gebiet
- video2bavi50: ROV126 frische Eisbergpflugspur

### D.2 Daten CD

#### Inhaltsverzeichnis:

- Abbildungen: Abbildungen der im Anhang C dargestellten Grafiken (im Corel Draw 10.0 Format)
- Daten: hyd-files und xyz-fils der Daten
- diplomtext: Diplomarbeit im post script Format
- latex: komplette Latex Dateien mit Abbildungen (im post script Format)